



# 19<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY

## 38<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia

20-27 DE JULHO DE 2025 - BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS – BRASIL

### PROCEEDINGS VOLUME III

Session 08 : Cave and Karst Protection and Management  
08.1 : Audio and Video Productions  
08.2 : Cave and Karst Tourism  
08.3 : Environmental Education  
08.4 : Legislation





**Proceedings of the  
19<sup>th</sup> International Congress of Speleology  
38° Congresso Brasileiro de Espeleologia**

**VOLUME III / VII**

Session 08 : Cave and Karst Protection and Management

08.1 : Audio and Video Productions

08.2 : Cave and Karst Tourism

08.3 : Environmental Education

08.4 : Legislation



## Proceeding of the 19<sup>th</sup> International Congress of Speleology

### General coordination of the Congress

Allan CALUX

### Coordination of Scientific Conference

Rodrigo Lopes FERREIRA & Allan CALUX

### Editorial Board of the Scientific Conference

Allan CALUX, Javiera Elena de la Fuente CASTELLÓN, Amanda Jevaux SOUSA,  
Nivaldo COLZATO & Jocy Brandão CRUZ



### Cover design

Javiera de la FUENTE

### Cover photos

Fulano, Ciclino, Beltrano

## TECHNICAL-SCIENTIFIC COMMITTEE

**General Coordinators:** Dr. Rodrigo Lopes Ferreira and Dr. Allan Calux

Alex Hubbe	Elizandra Goldoni Gomig	José G. Palacios Vargas	Paolo Forti
Andrés Hegedus	Enrico Bernard	José-Maria Calaforra	Patricia Kambesis
André Strauss	Friedrich Oedl	Livia Medeiros	Paul Williams
Annette Summers	Giselle Utida	Lucas Padoan de Sá Godinho	Pedro Henrique Mendes Carvalho
Bogdan P. Onac	Gyula Hegedüs	Luciana Alt	Philipp Häuselmann
Boris Watz	Hernani Mota de Lima	Marconi Souza Silva	Rafaela Bastos Pietrobon
Bulat Mavlyudov	Jan Urban	Maria Alejandra Perez	Rodrigo Severo
Carlos Grohmann	Jean Claude Thies	Mário Dantas	Simone Devus
Christiane Donato	Jocy Cruz	Mario Parise	Taraneh Khaleghi
Daniel Menin	Joel Rodet	Nadja Zupan Hajna	Valdir Felipe Novello
Daivisson Batista Santos	John Brush	Natalia Morata	Vitor Moura
Diego Bento	Jordana Ribeiro	Natalie Uomini	
Donald McFarlane	José Antônio Ferrari	Nathalia Uasapud Henríquez	

## PAPER EVALUATORS

Alessandra Vasconcelos	Filip Duszynski	Kevin Bingham	Pavel Bella
Alexandra Figueiredo	Francisco Giutierrez Santolalla	Leandro Maciel	Philippe Audra
Aline Ghilardi	Francisco Sauro	Lee Anne Bledsoe	Philippe Brunet
Allan Calux	Franck Bréhier	Lee Florea	Phillipe Fosse
Amos Frumkin	Franck Junod	Livia Medeiros	Priscila Christina Borges Dias
Anamaria Häuselmann	Franco Urbani	Liz Reed	Randow
André Gomide	Franziska Lechleitner	Loeta Tyree	Rachel Bosch
Andrzej Tyc	Gaspar González	Luana Pereira Lima	Raoni Araújo
Ángel Fernández Cortés	George Veni	Luca Antonio Dimuccio	Ricardo Fraga
Biswajeet Pradhan	Gergely Balazs	Luciana Prado	Rick Toomey
Boaz Zissu	Gheorghe Ponta	Luis Mejía Ortiz	Roberto Bixio
Bruno Lartiges	Giovanna Monticelli	Luiz Afonso Vaz de Figueiredo	Rubens Hardt
Cameron Wet	Gisele Sessegolo	Luiz Eduardo Panisset Travassos	Rudolf Pavuza
Carla Galeazzi	Grazielle Nascimento Silva	Manuela Correa Pereira	Saul Hartman Riffel
Carlo Germani	Gregory Middleton	Marco Vattano	Sebastian Breitenbach
Carole Nehme	Gustavo Soares de Araujo	Marcus Paulo de Oliveira	Sílvia Alves Peixoto
Carolina Scherer	Heleno dos Santos Macedo	Margarita Ojeda Carrasco	Simone Bernadini
Chris Groves	Isabella Nicole Pisoni	Maria Augusta Bacellar	Sindiany Suelen Caduda dos Santos
Christoph Spötl	Isabella Serena Liso	Maria Conceição S. Meneses Lage	Soledad Cuezva
Claudio Cruz	Ivanna Bustos	Maria Jacqueline Rodet	Stefan Vasile
Dana Riechelmann	James Baldini	Mariana Barbosa Timo	Stefano Fabbri
Dante Ernesto Salomo Suarez	Janaina Carla dos Santos	Mario Parise	Stein-Erik Lauritzen
Darryl Granger	Janaina Carla dos Santos	Martin Dixon	Stephan Kempe
David Labat	Jason Gulley	Mathias Vuille	Stephane Jaillet
Débora Moreira de Oliveira Moura	Jean-Philip Brugal	Michael Gallay	Tamara Gonzalez Duran
Diego Bento	Jean-Pierre Bartholeyns	Michael Ray Taylor	Thaís Giovannini Pellegrini
Dorothy Vesper	Jim Kennedy	Michal Filippi	Todriago Antônio Castro Souza
Douglas Zeppelini Filho	Jiri Adamovic	Michal Gradzinski	Tudor Tamas
Edvard Dias Magalhães	Jo de Waele	Michel Philips	Val Hildreth-Werker
Eliane Chim	Joan J. Fornos	Mick Sutton	Victor Polyak
Elver Luiz Maier	João V. L. Cavalcante de Oliveira	Mirian Liza Alves Forancelli	Willamy Saboia de Amorim
Elvis Pereira Barbosa	Joel Despain	Pacheco	William Elliot
Fabrizio Nestola	Joffer Fernandes	Mykah Carden	William Sallum Filho
Ferdinando Didonna	John Gunn	Mylene Berbert-Born	Willians Lourenço Porto
Ferenc Forray	José Luis Bortolini Rosales	Natalie Uomini	Xianfeng Wang
Fernanda Quaglio	Juan B. Morales Malacara	Nicolás M. Stríkis	Yakolén Tepebasi
Fernando Gazquez	Julia James	Oana Moldovan	Yuri Dublyansky
Fernando Laureano Verassani	Kai Bosworth	Paulo Galvão	Yuri Popov
Fernando Morais	Katherine Schmid	Paulo Rodrigo Simões	Yzila Liziane Farias Maia de Araújo



## ORGANIZING COMMITTEE

### Honorary president

José Ayrton Labegalini

### Chairman

Allan Calux

### Vice-Chairman

Jocy Brandão Cruz

### Secretary General

Amanda Jevaux da S. de Sousa

### Treasurer

Paulo Rosado Arenas

### UIS Representative

Nivaldo Colzato

### SBE Representative

Elizandra Goldoni Gomig

### Scientific Coordinator

Rodrigo Lopes Ferreira & Allan Calux

## Cataloging at Source

---

Sociedade Brasileira de Espeleologia

19th Internacional Congress of Speleology: Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil July 20-27, 2025: proceedings. Volume 3 / edited by Allan Calux: SBE, 2025.  
310p. ; B&W.

1. Speleology. 2. Karstology. 3. Geomorphology. 4. Cave and karst science

CDU: 551.33

---

The content, opinions, and ideas expressed in the articles published in these Proceedings are the sole responsibility of their respective authors and do not necessarily reflect the views of the organizers or the host institution.

Individual authors retain their copyrights as indicated in the text. All rights reserved. No part of this work may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any data storage or retrieval system without the express written permission of the copyright owner. All drawings and maps are used with permission of the artists.

Unauthorized use is strictly prohibited.

Printed in Brazil

## SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA

Dr. Heitor Penteado, 1613 - Jardim Nossa Sra. Auxiliadora  
Campinas, São Paulo, Brazil - ZipCode 13075-460

## FOREWORD

The proceedings of the 19<sup>th</sup> International Congress of Speleology, held in Belo Horizonte (Brazil) from July 20 to 27, 2025, comprise seven volumes that gather over 400 scientific papers (extended abstracts) distributed across sixteen thematic sessions. These works were evaluated by an extensive group of reviewers, each guided by a Brazilian and a foreign coordinator, aiming to ensure their collective relevance, proper presentation, and compliance with the UIS Code of Ethics. The layout of the articles was prepared by the authors themselves and is their sole responsibility; however, the editorial team made an extra effort to maintain a minimum standard in their presentation.

These proceedings represent the work of more than a hundred individuals—scientists, technicians, and explorers who voluntarily dedicated thousands of hours to their production. To all of them, our heartfelt thanks. We hope you enjoy it and that the science compiled herein broadens the technical and academic horizons of karst and cave science.

## **VOLUME I.**

Keynote lectures

Symposia

Session 01 : History of Speleology, Arts and Letters

Session 02 : Cave Archaeology

Session 03 : Cave Paleontology

Session 04 : Cave Mineralogy and Sediments

Session 05 : Geochronology, Paleoclimatology, and Climate Change

## **VOLUME II.**

Session 06 : Karst Geomorphology

Session 07 : Karst Hydrogeology and Speleogenesis

## **VOLUME III.**

Session 08 : Cave and Karst Protection and Management

08.1 : Audio and Video Productions

08.2 : Cave and Karst Tourism

08.3 : Environmental Education

08.4 : Legislation

## **VOLUME IV.**

Session 09 : Exploration, Speleological Techniques, and Materials

09:1 : Cave Diving

09:2 : Exploration

09:3 : Topography, Mapping, 3D Scanning, and Documentation

Session 10 : Cave Rescue

## **VOLUME V.**

Session 11: Artificial Caves

Session 12: Pseudokarst and Non-Traditional Karst

Session 13 : Volcanic Caves

Session 14 : Climatology and Monitoring

Session 15 : Special Topics

## **VOLUME VI.**

Session 16 (part I) : Subterranean Biology

## **VOLUME VII.**

Session 16 (part II) : Subterranean Biology

VOLUME I.

VOLUME II.

**VOLUME III.**

VOLUME IV.

VOLUME V.

VOLUME VI.

VOLUME VII.

# VOLUME III

## Contents

### Cave and Karst Protection and Management

#### 08.1: Audio and Video Productions

James Crockett, Clare Buswell, Silvana Iannello The Nullarbor Is Under Threat. ....	15
--	----

#### 08.2: Cave and Karst Tourism

Chrissandro Almeida, Cesar Veríssimo, Pâmella Moura & Diego B. Rodrigues Avaliação para o uso turístico do geossítio Morro do Pendurado, no PARNA Ubajara-CE. ....	19
Ana K. Celis, Chris Groves, Lee Bledsoe, Patricia N. Kambesis & Rickard S. Toomey III U.S.A.-México Exchange on Cave and Karst Science and Management. ....	25
Weihai Chen, Yadong Deng, Yuelong Wei A Case Study of Show Caves Sustainable Utilization in Guilin, Guangxi, China. ....	31
Dory Cruz & Nathalia Uasapud Proposal for Tourism Management Based on the calculation of cave's sensitivity in the Oriente Antioqueño karst, Colombia. ....	35
Luis Jordá-Bordehore, Abdelmadjid Benrabah, Marcelo Barbosa, Iuri Brandi, Airton Barata & Eloá Oliveira Preliminary geomechanical and stability assesment in iron show caves combining different approaches, Carajás, Brazil. ....	41
Isabella Serena Liso, Sven Bertelmann, Andrea Marassich & Mario Parise Grotte della Poesia karst system. ....	47
Tianwang Pan, Wenqiang Shi, Chengzhan Li, Liangliang Tang A Study on the Suitable Utilization of Cave Air Environment - A Case Study of the Dacao Tiankeng-Hongmeigui Chamber Cave System. ....	52
Matheus Troan Dias Parra, André Athayde Gimenes, Camila Sayuri Kinoshit, Giovanni França Costa, Gustavo Vieira da Costa, Jóschuas Vieira da Silva, Larissa Balazina Malta, Rodrigues, Luís Felipe Guimarães Teixeira, Pedro Henriques da Cruz Maniús, Ricardo Angelim Pires Domingues GGEO - PETAR Caboclos Project. ....	56
Henrique Simão Pontes, Jean Carlos Vargas, Rodrigo Aguilar Guimarães, Alvaro Fernandes Dias Filho O plano de manejo espeleológico do Buraco do Padre, Ponta Grossa (PR), Brasil. ....	58
Raquel Scalco, Vitória Melo, Hugo Araújo, Simone Fonseca & Jarbas Alcântara Potencial Turístico do Patrimônio Espeleológico do Parque Nacional das Sempre-Vivas e do Parque Estadual da Serra do Cabral. ....	62
Gabriel Redonte, Silvia A. Sicilia, Mariana Pappas, Cristina Gioia, Hernán A. Iuri & Luciano Zungri Estudios para conservar el sistema cavernario Cuchillo Curá, Neuquén, Argentina. ....	68
Gisele Cristina Sessegolo Desafios para operação de cavernas turísticas no Brasil. ....	74
Gisele C. Sessegolo, Luis Fernando Silva da Rocha, Kleber Makoto Mise O processo de proteção da Gruta da Lancinha/PR: quatro décadas para sua efetivação? ....	77
Giovana Batista Soares, Dr. Pedro Luiz Teixeira De Camargo, Dr. Marcos Santos Campello & Juliana Nascimento Magno Estratégias para o turismo sustentável: mapas de zoneamento espeleológico em Pains, MG. ....	81
Nathalia Uasapud, Marion Weber & Allan Calux Adjusted cave carrying capacity for cave managing: an example from Colombia. ....	84

#### 08.3: Environmental Education

Abdelmadjid Benrabah, Luis Jorda Bordehore (1), Ahmed Al Malabeh (2), Iuri Viana Brandi (3) & Marcelo Roberto Barbosa (4) Application of the CGI approach to assess the stability of natural caves. ....	93
Lee Anne Bledsoe, Clayton Lino, and Darja Kranjc The CaveMAB Network: working to understand and protect caves and karst resources within the UNESCO World Network of Biosphere Reserves. ....	99

Ananda Andrade Cordovil, João Pedro Pinheiro Faria, Samila Neres Farias da Silva, Daphne Heloisa de Freitas Muniz, Érica Martins de Oliveira, Raoni Japiassu Merisse, Sandro Raphael Borges, Carlos José Sousa Passos Educação Ambiental como Extensão Universitária para a Proteção do Patrimônio Espeleológico da APA Nascentes do Rio Vermelho, Mambai (GO) .....	103
Genival Crescencio, Pâmela Lima do Carmo Saviato, Maria de Jesus Santos Almeida, Mário Junior Saviato Cavernas, mineração e comunidades da Amazônia: a Caverna Labirinto de Máfica e o caso da Vila na Racha Placa em Canaã dos Carajás/PA ...	106
Flávio Nasser Drumond, Paulo José de Oliveira, Emerson Rodrigues Pimentel, Bruno Machado Kraemer & Bárbara da Silva Santiago Relatório final do II Seminário Appaneano Florada no Carste do Alto São Francisco .....	111
Luiz Afonso V. Figueiredo The experience of the introduction to speleology class during the pioneer course of specialization in speleological heritage in Brazil ...	115
Milton de Campos Figueiredo, Luiz Afonso V. Figueiredo, Arnaldo Antonio Silva-Junior GRUPTA-Espeleogame®: um role playing game (RPG) educativo e recreativo para popularização da espeleologia .....	120
Giulio Pacheco Forato Belga, Luiz Filipe SS. Leite, Gabriela Viana Marques, Maira Mendes Ferreira, Artur Nunes Pedrosa, André Luís Rossoni Ferreira, Iuri Gonçalves Guimarães dos Santos, Saulo de Paula Alves Silva SEE Educativa – Educação Ambiental sobre o Patrimônio Espeleológico e sua importância para a sociedade .....	126
Xenia Georgopoulou, Georgios Lazaridis Field-Work Methods in Speleology: an educational program through the eyes of a participant .....	130
Cristina Gioia Ambiente y espeleología en tiempo de crisis civilizatoria: reflexiones desde la experiencia argentina .....	133
Beatriz Bacheга Groppo, Pedro Henrique Vieira Silva, Ricardo Coeli Simões Coelho, Rogério Dell' Antonio, Fernanda Loebel Braidó Educação ambiental em cavernas não visitáveis, estudo de caso na Gruta dos Anões - São Pedro (SP) .....	137
Nadja Zupan Hajna The global importance of caves and karst: UIS initiative for proclamation of international day .....	142
Daniel Henriques & Makenia Oliveira Soares Gomes Relato de experiência: Educação Ambiental Espeleológica e conservação de ambientes cavernícolas .....	146
Issam Bou Jaoude & Firas Fayad Documentation for protection - the DEEP23 example .....	150
Ibolya Lénárt, Gyula Hegedűs Wonderful cave world children's drawing competition .....	154
Daniel de Stefano Menin, Denise De La Corte Bacci From the Cave to the Classroom: A Place-Based Interdisciplinary Educational Proposal .....	155
Bruna Oliveira Meyes, Mariana Barbosa Timo, Luiz Afonso V. Figueiredo, Christiane R. Donato, Icaro Assis Cartilhas didáticas: ferramentas essenciais para divulgação espeleológica .....	159
Fábio Motta, Luís Felipe Teixeira & Camila Kinoshita Strategies to transform society's view on nature conservancy through environmental education focused on pseudokarst - Case Study ...	164
Fadi Henri Nader & Johnny Tawk Listing some outstanding karstic features of Lebanon: a multi-disciplinary approach .....	169
Eduardo Geraldo Teixeira Neves, Gracielle Teodora da Costa Pinto Coelho & Mariana Barbosa Timo (3) Eficácia pedagógica do livro "Que pintura! Vai ficar Pré-História! A inigualável aventura na Gruta Suindara" para o ensino e sensibilização ambiental em espeleologia e carstologia na educação básica de Sete Lagoas (MG) .....	170
Abel Vale Nieves Ciudadanos del Karso: 30 years advancing research, education, and conservation of the natural systems of Puerto Rico .....	176
Ana Lucia Vieira dos Santos, André Luiz Marques de Andrade, Ananda Andrade Cordovil, Ana Julia Pereira Rodrigues, Pedro Pires Barbosa Senhorinho EspeleoEducar: A Extensão Universitária como Ramo da Espeleologia em Conjunto com a Educação Ambiental .....	181
Darcy José dos Santos, Mauro Gomes, Úrsula de Azevedo Ruchkys & Luiz Eduardo Panisset Travassos Caves in conservation units: surveying sites for geodiversity education and interpretation .....	185
Lina Shen, Jinyun Tuo, Zhengjie Jiang, Tian Li Development Strategies for Study Tourism in the Guanyan Karst Underground River Basin .....	190
Ana Clara Renault Souza Silva, Leonardo Morato & Tamila Marques Silveira Pedagogical mapping of caves in São Desidério (BA, Brazil) as learning spaces for high school students .....	194
Ana Clara Renault Souza Silva, Leonardo Morato & Tamila Marques Silveira Pedagogical workshop for the dissemination of Speleology at a school in Barreiras (BA, Brazil) .....	199

Patrícia Fernanda Carvalho de Sousa (1), Carla C. Alves Pereira, Maryanne Normitta Miranda e Silva & Leonardo Vieira Silva Cursos de Introdução a Espeleologia do Guano Speleo e a difusão do conhecimento sobre o Patrimônio Espeleológico . . . . .	204
Camilla Tossi, Ambra Mainard, Vincenzo De Giorgio, Sílvia Marrone, Elisabetta Viroli, Francesco Ornaghi, Timoteo Colnaghi, Luca Migliorina, Giuseppe Priolo Speleo Dentro Project, sociological and pedagogical analysis of educational results . . . . .	208
Marco Vattano, Pietro Valenti, Luisa Sausa, Salvatore Bondi', Sandra Marineo & Giuliana Madonia Sicilia Bat Nought: a tool for a proper and effective dissemination of bats . . . . .	214
Edson Sarti Wernek, Jaqueline Almeida Samila & Marcelo dos Santos Silvério Caverna de Guareí: primeiro estudo espeleológico e potencial educacional . . . . .	218

## 08.4: Legislation

---

Giulia Alves & Yasmin Lima A Proteção Jurídica das Cavernas e a Conservação do Patrimônio Paleontológico: Desafios e Perspectivas . . . . .	227
Allan Calux & Elizandra Gomig The use of environmental compensation as a mechanism for protecting speleological heritage: the example of Fazenda Ressaca in the Alto São Francisco Speleological Province, Minas Gerais, Brazil . . . . .	230
Allan Calux, Elizandra G. Gomig, Eduardo Piazzentim & Diogo G. Checchia Environmental licensing and suppression of caves at Mina Limeira: preserving physical environment information through speleological salvage . . . . .	236
Rafael Carreño & Maribel Ramos Alusiones indirectas al entorno kárstico en documentos constitucionales suramericanos . . . . .	243
Ferdinando Didonna & Philippe Fleury European Environmental Caves Outlook Project . . . . .	246
Philippe Fleury & Marie-Clélia Lankester Controversies, conflicts and agreements on caves protection . . . . .	252
Paul Griffiths & Carolyn Ramsey Karst Conservation in Coastal British Columbia (Canada): Progress and Shortcomings. . . . .	257
Stephan Kempe, Sven Bauer, Friedhart Knolle & Firouz Vladi Karst in Gypsum and Anhydrite Rocks of Germany – Threatened by Quarrying . . . . .	262
Fernando Verassani Laureano, Vitor Brognaro Pimenta, Aidene Gontijo & Fernando J.G.Frigo Caves within the context of Brumadinho B1 Dam burst tragedy. . . . .	268
Ana Carolina Andriano de Melo & Isabel Pires Mascarenhas Ribeiro de Oliveira Importância da atuação do Grupo Interdisciplinar de Espeleologia de Minas Gerais: análise de atas de reunião no período de 2018 a 2022 . . . . .	271
Isabel Pires Mascarenhas Ribeiro de Oliveira & Vandrê Ulhoa Soares Guardieiro Quais condicionantes ambientais espeleológicas estão previstas nas normativas federais? . . . . .	275
Ricardo Pereira, Raphael Parra, Carlos Purificação, Leo Ferreira, Tarsila Carvalho & Fabiano Pereira Karst terrains in carbonate rocks in the state of Bahia - Brazil: a regional approach . . . . .	280
Manuela Corrêa Pereira Aparato legal ambiental no Brasil: em que medida as paisagens cársticas estão protegidas? . . . . .	286
Mamadou Pouye, Muhammadiyah Yogyakarta Karst and cave sustainable management. . . . .	292
Tatiana Souza, Diego Pujoni & Augusto Auler Vulnerability index of speleological heritage to impacts. . . . .	294
Helmut Steiner, Gerhard Stein, Bärbel Vogel, Friedhart Knolle, Andreas Wolf Lost Caves of Germany . . . . .	300
Bärbel Vogel, George Veni, Ferdinando Didonna, Jörg Dreybrodt United Nations and Speleology . . . . .	304

## Session 08

# CAVE AND KARST PROTECTION AND MANAGEMENT

---

### 08.1 : Audio and Video Productions



# The Nullarbor Is Under Threat

James Crockett (1), Clare Buswell (2), Silvana Iannello (3)

(1) Australian Speleological Federation, Nullarbor Special Interest Group, Secretary, jcrockett3@bigpond.com

(2) Australian Speleological Federation, Cave Conservation Commissioner, clare.buswell@flinders.edu.au

(3) Australian Speleological Federation, Media Officer, genieflipprojects@gmail.com

## Abstract

The World's largest single exposure of Arid Karst is under threat from Industrialisation. Now there is a fight to protect it. There are plans to construct the World's Largest renewable energy hub consisting of up 3000 wind turbines, 25 million solar panels, a processing plant, a shipping port, electricity transport infrastructure, new roads, and housing for a population of up to 30,000 people on top of this fragile environment. The project alone will cover 15,000 square km of the plain. This is an area equivalent to the size of Northern Ireland.

This abstract is to be presented in conjunction with the video 'On The Line' Nullarbor.

[https://youtu.be/byXPB\\_PR2Ms?si=NRmApvPHh4-H035I](https://youtu.be/byXPB_PR2Ms?si=NRmApvPHh4-H035I)

## 1. The threat of industrialisation

The Nullarbor, also known as the Nullarbor Plain is a vast relatively flat plain of Karst approximately 225,000 square km in size situated in the Southern part of Australia bordering the Southern Ocean at the "Great Australian Bight" and up to 300km inland. This covers coastlines of both the states of Western Australia and South Australia. This coastline has an Ocean cliff line of an average height 100m extending continuously for 181km.

The Nullarbor is covered in sinkholes, blowholes and large caves many of them with large bodies of water and exquisite Speleothems.

Due to its vast size this area remains largely unexplored but there are

already up to 5,000 Karst features documented. The area has been studied and explored since the 1950's but there is still much more information and features that remain to be found. Many new caves or extensions to existing caves are being found on a regular basis, and in these caves we are discovering many new species, unusual Speleothems and significant palaeontological finds are being uncovered.

This paper will outline some of the threats and action open to Speleological communities to prevent the Nullarbor Plain's destruction.

## 2. Why the nullarbor is a special place

The Nullarbor contains many features of high value that are worthy of protection on a Global Scale.

This is a long list and includes the caves and Karst, cave fauna, cave art, rockholes, blowholes, sediments, cave lakes with large bodies of water and Speleothems.

Outside of the underground environment are also many high value features including cultural links to the Australian First Nation people's, the longest continuous cliff line in Australia, the remote Southern Ocean biome marine environment containing a plethora of marine species not found anywhere else including Whales, bioluminescent seaworms, giant sea spiders, and many other forms of unique sea life.

The Nullarbor landscape and vegetation is termed a treeless plain, and in fact the word "Nullarbor" is derived from the Latin words "Nullus"

(meaning "no") and "Arbor" meaning "tree").

There are also aesthetics and fantastic vistas, the unique fauna and flora that is able to thrive in this Arid environment of low rainfall.

The other exciting aspect of the Nullarbor is the thrill of discovery and exploration, the rugged adventures of this Australian Outback region for tourism and the potential for new Scientific Discoveries.

The Nullarbor is a special place because of its uniqueness being the only example of this Biome in Australia, its cultural values because of the indigenous use of these lands for 40,000 years, historical values from past explorations. It's an Australian iconic landscape and the major passageway between the West and East Coasts of Australia.

## 3. The threats

The latest current threat is the proposal for the WGEH (Western Green Energy Hub).

This proposal consists of the construction of the World's largest renewable energy hub, with the installation of up to 3,000 wind turbines 200m high, 25 million solar panels, 50 hydrogen electrolysis plants, and an ammonium production plant. This development alone will cover 15,000 sq km of the plain.

This infrastructure is proposed to be constructed on the Western Australian side of the Nullarbor.

The damage to the fragile environment of the Nullarbor has the

potential to be enormous with projected impacts to the thin layers of limestone above both known and projected large cavities below the ground by the construction of the foundations for the large number of wind turbines. There will also be impact at ground level for the flora and fauna due the shading from the solar panel arrays and potential changes to groundwater. Many of the proposed wind turbines are planned to be built above existing known caves or probable locations of cavities.

The 2nd threat is that a number of mining companies have taken out tenements on sections of the Nullarbor plain in their search for critical minerals such as zircon, rutile and copper.

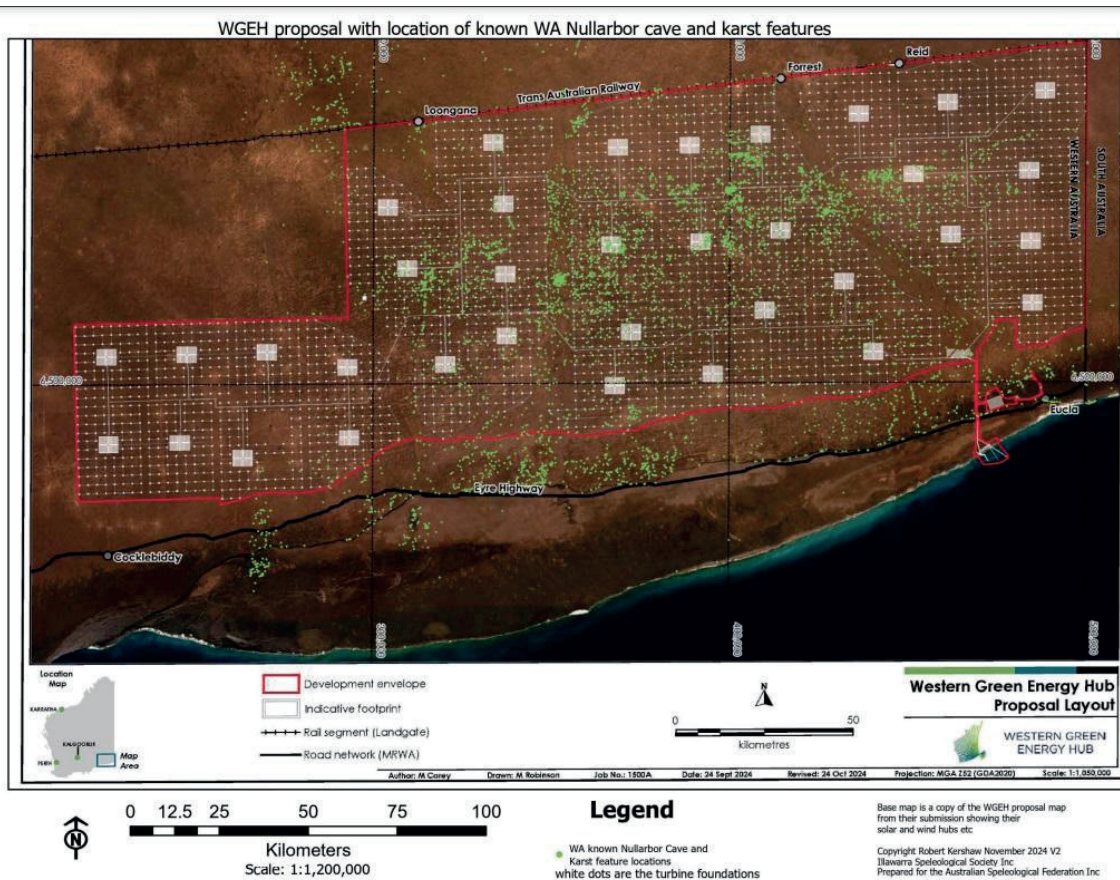


Figure 1: White rectangles represent solar arrays, small white dots represent wind turbines. Green dots represent known caves or karst features.

## 4. What Actions are we doing to stop this Proposal

The ASF (Australian Speleological Federation) has commenced submission to the Australian Government for National Heritage Listing for the whole of the Nullarbor with the eventual aim to apply for World Heritage Listing.

The ASF has been running a public campaign to make it known to the Australian people about the WGEH plans and the consequences

should this proposal go ahead.

ASF members and members of the public have made numerous submissions to the Western Australian Government department to object to this proposal with a long list of reasons why it should not go ahead.

There has also been a campaign of people writing to Australian Government Ministers and Senators with objections to this proposal.

## Acknowledgments

Clare Buswell -ASF Conservation Commissioner Annual report January 5th 2025.

Sue White -ASF Conference January 15th 2025 The National Heritage List criteria and the natural values of the Nullarbor.

Bob Kershaw -ASF Conference January 2025, WGEH Map overlay with Nullarbor Karst features.

Sil Ianello - Producer of ASF Video "On The Line"



Session 08

**CAVE AND KARST PROTECTION  
AND MANAGEMENT**

---

08.2 : Cave and Karst Tourism



# Avaliação para o uso turístico do geossítio Morro do Pendurado, no PARNA Ubajara-CE

Chrissandro Almeida (1), Cesar Veríssimo (2), Pâmella Moura (3) & Diego B. Rodrigues (4)

(1) Mestrando Prog. Pós-Grad. em Geologia da Univ. Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil [chris.malmeida@alu.ufc.br](mailto:chris.malmeida@alu.ufc.br)

(2) Professor do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, [verissimo@ufc.br](mailto:verissimo@ufc.br)

(3) Professora da Universidade Estadual do Ceará, Itapipoca, CE, Brasil, [pamella.moura@uece.br](mailto:pamella.moura@uece.br)

(4) Analista Ambiental do ICMBIO, Ubajara, CE, Brasil, [diego.rodrigues@icmbio.gov.br](mailto:diego.rodrigues@icmbio.gov.br)

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o potencial turístico do Geossítio do Morro do Pendurado, situado no Parque Nacional de Ubajara (PNU), e suas duas maiores cavernas conhecidas: a gruta do Pendurado e a Gruta do Urso Fóssil. Distante 337Km a oeste da capital Fortaleza, no estado do Ceará, o PNU teve um aumento significativo na visitação turística com destaque para seu principal atrativo, a Gruta de Ubajara, e por esse motivo, surge a necessidade de diversificar seus roteiros turísticos. Para avaliar o geossítio e seu potencial turístico, utilizamos a metodologia proposta por BRILHA (2016) com contribuição de outras metodologias de forma qualitativa, como a método GAM (VUJIČIĆ et al. 2011) e a proposta de ZIEMANN E FIGUERÓ (2017), a fim de cobrir possíveis lacunas e subjetividades associadas aos métodos de avaliação. Este novo roteiro se revela uma bela aventura, com pontes, trilhas e, por fim, a visita em duas grutas bem ornamentadas que trazem uma fotografia do final do Pleistoceno e do início do Holoceno da Serra da Ibiapaba.

## Abstract

The main objective of this work is to evaluate the tourist potential of the Geosite Morro do Pendurado, located in the Ubajara National Park (PNU), and its two largest known caves: the Gruta do Pendurado and the Gruta do Urso Fóssil. Located 337 km west of the capital Fortaleza, in the state of Ceará, the PNU has seen a significant increase in tourist visits, with its main attraction being the Gruta de Ubajara. As a result, there is a need to diversify its tourist routes. To evaluate the geosite and its tourist potential, we used the methodology proposed by BRILHA (2016) with contributions from other qualitative methodologies, such as the GAM method (VUJIČIĆ et al. 2011) and the proposal by ZIEMANN and FIGUERÓ (2017), in order to cover possible gaps and subjectivities associated with the evaluation methods. This new route reveals a beautiful adventure, with bridges, trails, and, finally, the visit to two well-decorated caves that provide a snapshot of the late Pleistocene and early Holocene of the Serra da Ibiapaba.

## 1. Introdução

Situado à oeste da capital do estado do Ceará, o Parque Nacional de Ubajara (PNU), ocupa uma área total de 6.304 hectares e se estende pelos municípios de Ubajara, Tianguá e Frecheirinha. Nos últimos três anos, o PNU registrou uma média anual de 211.336 visitantes, o parque é amplamente conhecido por sua principal atração: a Gruta de Ubajara. Em seu acesso por teleférico, a vista do *glint* verde da Serra de Ibiapaba, rompida pela presença das grandes morrarias calcárias da Fm. Frecheirinha, onde se formaram as grutas e cavernas do PNU (Figura 1). Além da Gruta de Ubajara, o parque conta com um diverso roteiro de trilhas, mirantes e cachoeiras. Por ser bastante acessível e apresentar diversos atrativos, a Gruta de Ubajara vem enfrentando desafios associados à sua intensa visitação.

Mesmo com os esforços dos gestores e operadores de serviços do parque, a intensa visitação causa impacto ao sensível ambiente interno e bioma da gruta, acarretando prejuízos também, aos aspectos cênicos do local.

Este trabalho tem como objetivo avaliar os aspectos patrimoniais e o potencial turístico Geossítio do Morro do Pendurado a fim de trazer subsídios para a futura abertura de mais um roteiro turístico ao parque, visando aliviar a carga de visitante na Gruta de Ubajara, uma necessidade atual do parque. A abertura desse roteiro se alinha ao que preconiza o plano de manejo e o plano de uso público do PNU. Esses instrumentos

de gestão, baseado em diagnósticos dos aspectos físicos, bióticos e na participação social, estabelecem, normas, restrições e diretrizes para o uso do parque como um todo. Neste trabalho, enfocaremos principalmente os aspectos abióticos, mas a inclusão completa dos aspectos bióticos e sociais será essencial para a complementação final do plano de manejo (LOBO et al, 2008). O roteiro da visita inclui a descida pelo teleférico, duas opções de trilhas, duas passagens por riachos além de locais com sombra para descanso durante o trajeto (figura 2). Contato próximo com a fauna e flora local, seguido pelo acesso seguro às entradas das duas grutas e pôr fim a subida ao último ponto da visita para a vista da parte superior do Morro do Pendurado coberto com belíssimos lapiás. A proposição no novo roteiro também inclui a abertura para visitação de duas nova cavernas: as Grutas do Pendurado e do Urso Fóssil. Tais grutas apresentam apelos cênicos, morfológicos e espeleotemas impressionantes, mesmo com trajetos internos relativamente curtos. Destaca-se, em especial, a Gruta do Urso Fóssil, assim nomeada devido à descoberta paleontológica de um crânio de urso pleistocênico em seu interior. Esse espécime é o segundo encontrado no Brasil, ressaltando a relevância desse achado fóssil.

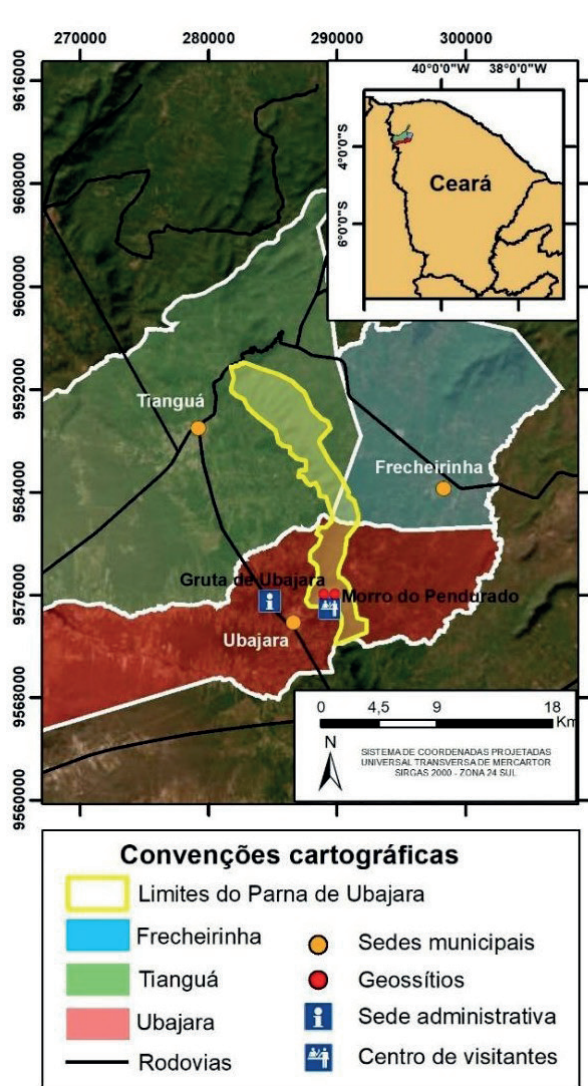


Figura 1: Mapa de localização e limites do Parque Nacional de Ubajara.

## 2. Materiais e Métodos

Diferentes análises vêm sendo usadas para qualificar e caracterizar sítios geológicos no Brasil (GARCIA et al., 2018; CPRM, 2020). Quando se considera as complexidades de avaliar e classificar ambientes subterrâneos para uso turístico, usando os mesmos métodos avaliativos usados em sítios em superfície, percebe-se que as cavernas tendem a ser ambientes pouco explorados e, logo, podem conter elementos que não são abordados e discutidos nas análises mais generalistas (WOO & KIM, 2018). MENIN & BACCI (2022) comentam que, geralmente, as cavernas ocupam posições marginais ou predominantemente subjetivas nas metodologias mais comuns de qualificação do patrimônio geológico, não se enquadrando eficientemente nos métodos mais usados de avaliação presentes na literatura (BRILHA, 2016; CPRM, 2020).

A avaliação desse roteiro foi produzida com base na proposta avaliativa de BRILHA (2016), com foco na utilização turística dos geossítios.



Figura 2: rotas das trilhas de acesso ao Morro do Pendurado.

A avaliação foi complementada por parâmetros de outros modelos usados em ambientes com grutas e cavernas, como o *Geosite Assessment Model* (GAM) desenvolvido por VUJIĆIĆ et al. (2011), usado nas cavernas turísticas da Sérvia e a metodologia de ZIEMANN E FIGUERÓ (2017) já utilizada para avaliar o potencial turístico dos geossítios do Geoparque Quarta Colônia, no Rio Grande do Sul. A inserção dos novos parâmetros teve foco nos critérios turísticos, buscando acrescentar características relevantes em pontos abordados nessas duas propostas.

Para avaliação da beleza cênica, foram extraídos do método GAM os critérios: Mirantes, superfície, paisagem do entorno e o contraste visual. De Ziemann e Figueró foram sugeridas as descrições a respeito de cores, legibilidade, complexibilidade observadas no geossítio. Ao critério de potencial interpretativo, o modelo de Ziemann e Figueró adicionam informações a respeito de painéis interpretativos e serviços de guias.

### 3. Resultados

#### 3.1. Valor científico

**Representatividade:** Embora pertencentes à um complexo de onze grutas já cadastradas no PNU, as Grutas do Urso Fóssil e do Pendurado são bons exemplos para diversos processos geológicos, como o da deposição carbonática da formação Frecheirinha, integrante do grupo Ubajara, (NASCIMENTO et al, 1981), facilmente distinguíveis ressaltando do glint da serra de Ibiapaba (MOURA FÉ, 2017), com cores cinza-azul a cinza escuro, como descrito por GORAYEB (1988). Os geossítios também apresentam evidências do início do metamorfismo de baixo grau, com idade a partir de 610 Ma, que ocorre na base do grupo Ubajara (por Rb/Sr, NOVAIS et al, 1971, 1979), coerentes com as idades de 580 Ma (em K/Ar de ALMEIDA et al, 1984) dos corpos plutônicos que cortam a sequência sedimentar do Grupo Ubajara. Adicionalmente, as grutas fazem parte de uma província espeleológica (como definida por Karmann e Sánchez, 1980), integrando um dos mais belos e importantes exemplares de relevo cárstico do Brasil (VERÍSSIMO, 2005 e MOURA-FÉ, 2017). Além dos processos formadores de cavernas, ambas as grutas exibem um número enorme de feições clássicas de ambiente cárstico, como belos espeleotemas nos setores internos das grutas.

Por último, cabe destaque para a presença de fósseis no sedimento das grutas especialmente no caso da Gruta do Urso Fóssil, onde foi encontrado e descrito o crânio de um urso do pleistoceno (TRAJANO & FERRAREZZI, 1995), assim como de outros fósseis, como exemplares mamíferos de cervídeos, tapirídeos e taiacuídeos (OLIVEIRA et al. 2014), lagartos das famílias Tropiduridae e Teiidae e cobras das famílias Boidae e Viperidae (HSIOU et al, 2012) e ainda algumas famílias de gastrópodes (OLIVEIRA et al, 2011), encontrados em sedimentos datados entre 8200 a 8000 anos. Pode-se abordar a presença do urso pré-histórico no local, um dos dois únicos encontrados em todo o Brasil, com ênfase sobre o ambiente, clima e tempo geológico em que o animal viveu.

**Integridade:** Tanto os meta-calcários constituintes das grutas, como os espeleotemas formados nos interiores das cavernas, no atual momento, não mostram sinais de impacto humano ou de grande atividade ou fluxo de água no interior, este último ocorrendo apenas durante as quadras chuvosas comuns no começo do ano, no estado do Ceará. Esta pouca atividade no interior das grutas, confirmada em campo, resultam na boa integridade das cavernas, apenas alvo do intemperismo natural causado pela chuva.

**Raridade:** Em um universo de 11 cavernas ou grutas catalogadas no PNU, como ambiente natural cavernícola, há outros exemplos disponíveis no parque para pesquisa e estudo de cavernas. Porém, como ambiente visitável, há apenas um outro exemplar: a Gruta de Ubajara, maior e única visitável do PNU. Como local onde foram encontrados fósseis de grande porte, existe apenas uma outra gruta, a gruta do Macaco Fóssil, dentro do mesmo parque. A espécie de Urso encontrada dentro da Gruta do Urso Fóssil apenas foi descrita em um outro local do Brasil, no estado de Minas Gerais (TRAJANO & FERRAREZZI, 1995). Apesar de ser uma caverna em uma grande província espeleológica há pelo menos, uma característica que tornam ela única na formação.

**Conhecimento científico:** A maior parte dos artigos publicados recentemente, entre 1995 a 2018, estão relacionando a presença de fósseis quaternários encontrados em sedimentos dentro de ambas as grutas. (TRAJANO & FERRAREZZI, 1995, OLIVEIRA et al. 2011, 2014, 2018, OLIVEIRA, 2010, HSIOU et al, 2012).



*Figura 3: Em primeiro plano a réplica crânio do Urso em exposição no centro de visitantes e em segundo plano o banner informativo sobre o urso.*

Os artigos, descrevem os fósseis encontrados e consequentes datações feitas a partir dos sedimentos do interior da caverna. Alguns dos fósseis foram coletados em superfície, como o crânio do urso pleistocênico, outros em profundidade, contidos nos sedimentos do interior das grutas (figura 3). Há as publicações de MEIRA (2019, 2021) avaliando outros geossítios do PNU. E, por fim, há menções do parque em outras publicações, citando ou ressaltando a importância da região como província espeleológica dentro do estado do Ceará. Alguns exemplos: Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo, de LINO (1989), Espeleologia – noções básicas, de AULER E ZOGBI (2005), Geologia de cavernas e sua interpretação à luz da legislação ambiental espeleológica de AULER A. S.; PÍLÓ L. B. (2019). Cavernas no Brasil, de Gambarini (2012), II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental, do ICMBIO/CECAV (2010).

#### 3.2. Potencial Educativo

**Potencial didático:** O ponto alto do roteiro envolve a visita às grutas do Morro do Pendurado, onde pode se trazer aos estudantes a importância do contexto espeleológico, das condições de formação de cavernas, da formação de elementos associados ao contexto de caverna, como o relevo cárstico de superfície do Morro do Pendurado e os espaços vazios com os eventuais espeleotemas formados no interior da rocha que a hospeda. Em visitas às grutas, é possível explorar aspectos sobre como funciona o processo básico de dissolução química do carbonato e gênese de cavernas carbonáticas epigênicas, como descreve AULER E PÍLÓ (2019). Há espaço para se falar sobre a presença do morro no contexto geotectônico, sua presença no local considerando as diferenças litológicas do calcário que o forma e o arenitos do grupo Serra Grande que os sobrepõe. Há, ainda, a menção sobre o contexto paleontológico que esse grupo de cavernas abrigou. Adicionalmente a trilha mostra um cenário pouco comum no estado. A mudança no ambiente em função da geomorfologia local. O trajeto que pode se iniciar tanto pelo lado da depressão sertaneja, subindo a serra pelo *glint*, ou a descida pelo bondinho até o pé do Morro do Pendurado. É possível perceber como a geomorfologia também influencia a direção dos rios e como a exposição da vertente da serra é alvo do intemperismo e eventual.

**Diversidade geológica:** Há diversos temas que podem ser abordados na visita a partir do ponto inicial da trilha. Pode-se falar da trilha, vinda de ambas as entradas, conhecida como trilha centenária de Ubajara-Araticum e que serve como caminho através do Glint da Serra de Ibiapaba, atravessando a encosta e ligando 3 ambientes geomorfológicos distintos: o topo do planalto da Ibiapaba, o *Glint* no flanco leste da serra, onde situa-se boa parte do PNU e, a depressão sertaneja (MEIRA, 2021). Saindo da trilha, há a passagem por alguns trechos planos de riacho, destacando aspectos da hidrologia local. Por fim, na chegada as grutas,

sobressaem-se aspectos do relevo cárstico, feições comuns no exterior, como enormes lapiás que são estruturas clássicas de exocarste e tem o formato agudo e podem ter de 50cm a mais de 2m. No interior, tem-se a vista da interface entre os distintos ambientes geomorfológicos. Por último, elenca-se como parte da diversidade geológica local, a presença de fósseis e dos ambientes de fossilização.

### 3.3. Potencial turístico

#### Beleza cênica:

a) **Mirantes e paisagem do entorno:** Tanto pela visão obtida do mirante superior, quanto pela aproximação ao pé do Morro do Pendurado, o geossítio chama atenção se destacando do entorno densamente vegetado do glint da Ibiapaba (figura 4B).

b) **Cores:** Há um enorme contraste do cinza azulado dos meta-calciários onde as cavernas se formaram. Na parte interna é possível ver os limites até onde o musgo se acumula nas paredes até onde não há mais luz e é possível o contato com a fauna cavernícola (Figura 4A). Percebe-se o fim das cores verdes ou cinza a cinza escuro, para as cores mais claras e brancas principalmente nos espeleotemas. Estes variam de branco quando mais puros de calcário e outros marrons quando menos puros.

c) **Legibilidade e complexidade:** A visita às grutas mostra pouca complexibilidade e uma fácil legibilidade para observar e entender os processos internos de formação da caverna. A observação do ambiente interno e os espeleotemas formados nas paredes, teto e chão da caverna trazem a noção de como o tempo e a química dentro das grutas agem moldando o espaço interior.

d) **Superfície:** após a visita às grutas, é possível acessar por meio da trilha a parte superior do Morro do Pendurado onde ocorrem enormes lapiás formados na parte externa. O mesmo lugar entrega o visual do entorno e a vista para o bondinho no alto da Serra Ibiapaba.

**Potencial interpretativo:** Sobre as cavernas, deve-se abordar aspectos da história geológica envolvendo a deposição do calcário, o contexto de formação das cavernas e o tempo que leva para esse processo ocorrer. Já no interior, há a observação do ambiente interno, reconhecimento dos espeleotemas e como eles ajudam a entender a passagem do momento em que as grutas estavam em uma fase mais fluvial com fluxo constante de água para a fase vadosa com fluxo eventual. O tipo de vida que esse ambiente abriga, seja ela permanente ou temporária. E como se trata de um ambiente que leva milhares de anos para se formar, os achados paleontológicos podem dar um retrato da evolução da vida e do clima local. A geomorfologia e a transição através do glint influenciou a ocupação local que utiliza a trilha até os dias de hoje. Assim como a trilha, os córregos e riachos que se entrelaçam com a trilha que dá acesso ao Morro do Pendurado, são utilizados e captados, pelo menos parcialmente, pela população local. Há estruturas indicativas de que houve utilização mesmo antes da abertura do parque. Painéis interpretativos: Há um banner interpretativo sobre o geossítio com foco no achado do urso fóssil na parte superior do PNU. Antes da visita de qualquer um dos roteiros, incluindo este proposto, o turista tem acesso ao centro de visitantes do parque onde está este banner entre outros diversos painéis interpretativos acerca do parque, roteiros e os principais atrativos.

**Serviço de guias:** atualmente, o parque conta com 25 condutores (guias) credenciados pelo ICMBio, parte dos quais está organizada por meio da Cooperativa de Turismo (COOPTUR). A presença desses condutores é obrigatória nos roteiros espeleológicos, assegurando a proteção e a conservação desses ambientes sensíveis. O processo de credenciamento exigido pelo ICMBio é rigoroso, incluindo a apresentação de capacitações e habilitações específicas para atuação no parque.

**Acessibilidade:** Existem duas trilhas para chegar ao local. Uma delas, com acesso pelo município de Frecheirinha, no distrito de Araticum. Da entrada de Araticum até ao pé do Morro do Pendurado percorre-se uma trilha de 1,5km em subida com aproximadamente 200m de desnível bastante suave até os últimos 500m, onde o desnível se acentua mais. A outra trilha inicia-se no centro de visitantes, na parte superior do

PNU, e possui dois bons atrativos associados ao geossítio. O primeiro. É o mirante que dá vista aos geossítios. Na sequência, há a descida pelo bondinho que também dá acesso a Gruta de Ubajara, outra grande atração do PNU. A utilização do bondinho atualmente se faz com a doação de três quilograma de alimento não perecível e tem acessos limitados. Por fim, o acesso a trilha que leva à entrada das cavernas, a partir deste ponto, se faz pé. Iniciando pelo outro extremo da trilha centenária de Ubajara-Araticum percorrendo uma distância de 2Km. As duas rotas possuem dificuldades semelhantes, consideradas entre leve a moderada e no caso, para o uso didático, são indicadas para ensino médio e superior. Pode não ser um trajeto seguro, sem uma estrutura turística de segurança instalada, para alunos jovens demais nos últimos 900m de trilha. Não existem problemas para chegar ao local, pois são visitas guiadas, mas ainda há uma dificuldade associada em virtude da distância e a elevação até o pé do morro. Não é necessário que o visitante seja um atleta treinado ou um frequente turista de aventura pois não há necessidade de escaladas ou descidas de rapel, mas ainda requer um pouco de empenho do visitante.



Figura 4: A) Entrada da Gruta do Pendurado. B) Visão externa do Morro do Pendurado.

**Segurança:** como comentado no critério anterior, o acesso ao Morro do Pendurado se faz através de trilhas e parte dessas trilhas é feita a partir da trilha centenária de Ubajara-Araticum. Este trecho já é utilizado pelo parque e possui pontos de descanso e alguma sinalização, tornando este trecho seguro. Porém parte do roteiro requer a saída da trilha centenária e mesmo com ajuda dos guias, que são obrigatórios nesses roteiros do PNU, é uma trilha que ainda não possui estrutura e locais de descanso instalados. Esse trecho, que corresponde aos últimos 900m de trilha até o pé do Morro do Pendurado, requer bastante empenho dos visitantes e pode ser complicado para grupos maiores de estudantes, ou com visitantes que possuem alguma dificuldade com a mobilidade, principalmente na volta devido ao cansaço do roteiro. O PNU oferece bastante segurança por se tratar de um Parque Nacional com controle de entrada, gerência e fiscalização do ICMBio.

### 3.4. Risco de degradação

**Deterioração dos conteúdos:** Considerando o atual uso das duas grutas, não há sinais evidentes de aceleração da degradação do calcário ou dos elementos internos. Por não ter visitação frequente, exceto para pesquisa, também não apresentam sinais de intenso contato humano. Os únicos sinais visíveis ocorrem na entrada da Gruta do Pendurado, que é visitada pelas espécies nativas e em ambas as grutas os sinais clássicos de evolução do carste, como acúmulos de água pontuais e a lenta formação dos espeleotemas. Foram observados alguns espeleo-

temas pequenos quebrados próximos à metade do trecho visitável da Gruta do Pendurado em condutos estreitos que podem ter sido causado por ação humana, provavelmente ocorreram antes da criação do PNU.

**Proteção legal:** Atualmente as grutas estão inseridas na zona de conservação do Parque Nacional de Ubajara, que é uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. O Parque, criado em 30 de abril de 1959, com uma área de 4.000 hectares, através do Decreto Federal nº 45.954/59. No dia 26 de abril de 1973, foi assinado o Decreto nº 72.144, alterando os seus limites para uma área de 563 hectares. Em 13 de dezembro de 2002, foi assinado o Decreto Sem Número e publicado no Diário Oficial da União, que altera, mais uma vez, os limites do Parque Nacional para uma área de 6.288 hectares, passando, assim, a abranger os municípios de Ubajara, Tianguá e Frecheirinha (IBAMA, 2002). No tocante a visitação a zona de conservação permite uma visitação de baixo grau de intervenção. A visitação de baixo grau de intervenção refere-se a formas primitivas de recreação em áreas altamente conservadas, onde o visitante vivencia desafios, solidão e certo nível de risco. O encontro com outros grupos é raro ou ocasional. A infraestrutura, quando presente, é mínima e focada na proteção dos recursos naturais e na segurança dos visitantes.

## 4. Discussão

Essa avaliação mostrou pontos interessantes agregados ao geossítio que mostram um enorme potencial turístico ao este roteiro. A beleza cênica das grutas com galerias mais estreitas e o uso obrigatório de capacetes com iluminação individual, fornecem ao visitante uma experiência primitiva com caráter exploratório, diferente ao observado na gruta de Ubajara. O detalhamento dado pelos critérios adicionados dá a dimensão que os atributos visuais das grutas, como o conjunto de cores, legibilidade do ambiente e o contraste do maciço com a vegetação podem proporcionar aos visitantes. Outro ponto interessante é que grutas se constituem como atrativo turístico, levando o turista a conhecer o geossítio, além disso o roteiro ainda apresenta uma trilha muito bonita

## 5. Conclusão

Esta avaliação demonstra a relevância da conservação do Geossítio Morro do Pendurado e suas grutas para o desenvolvimento científico, sobretudo de temas espeleológicos e paleontológicos, bem como reitera o potencial educativo, interpretativo e turístico do local. Sobre o potencial turístico, foco maior deste trabalho, a combinação dos parâmetros de distintas metodologias de avaliação se demonstrou satisfatória, uma vez que possibilitou a melhor caracterização dos aspectos cênicos, de interpretação, experiência do visitante e oferta de serviços turísticos, contribuindo para a compreensão de que um novo roteiro turístico no PNU com enfoque no Geossítio Morro do Pendurado é potencialmente atrativo para a visitação turística. Neste novo roteiro, a visita às

**Fragilidade:** O ambiente de ambas as grutas não apresenta um intenso fraturamento e há poucos sinais que indicam um metamorfismo incipiente regional (GORAYEB, 1988). Analisando a pouca quantidade de condutos seguindo preferencialmente as direções SE-NW e SW-NE, sugerindo que há pouco fraturamento no maciço. No interior da caverna não há sinais de desabamento ou famílias de fratura numerosas.

**Vulnerabilidade:** Atualmente, no lado exterior e superior do Morro do Pendurado, há pouca vegetação. Há a presença forte dos lapiás em praticamente toda a parte superior dá pouco espaço para formação de solo. No Salão de entrada da Gruta do Pendurado se observa uma coloração verde que pode ser indicativa de líquens ou musgo nas partes onde se acumula um pouco de umidade. No que envolve processos com água, nas grutas visitadas até onde foi possível entrar, há apenas sinais de entrada de água meteórica e pontuais. Não existem sinais claros de grandes fluxos de água ou de rios e/ou riachos associados a este carste na atualidade. Por último, devido ao acesso dificultado pela distância e proteção legal, não há sinais de impacto humano recente no carste interno ou externo. Situado a mais de 1km da fronteira mais próxima do parque, garante distância de moradias, obras, contaminações ou qualquer outro tipo de degradação humano. Apenas visitas guiadas, mediante solicitação aos gestores do parque, podem ocorrer no local.

e repleta de atrativos. Com relação aos critérios adicionados ao potencial interpretativo, verifica-se que eles reforçam a estrutura existente para receber o turista que gosta de aventuras. Este trabalho surge da necessidade do parque de abrir novas rotas turísticas, diversificando seus roteiros. Não há previsão, até o momento, para a implantação da infraestrutura necessária para o roteiro, como corrimões, escadas, passarelas e pontes, o que deverá ocorrer onde forem necessários e após avaliação técnica atendendo o grau de intervenção e ações de manejo das classes de experiência das áreas de visitação definidas no plano de uso público do PNU, aumentando a infraestrutura do local.

grutas poderá revelar belíssimos visuais e o contato direto com uma geomorfologia que é pouco comum dentro estado, não ficando atrás das demais atrações do parque. Um ponto interessante e que merece menção é que por serem cavernas menores, as grutas trazem mais proximidade as feições de cavernas e espeleotemas que, muitas vezes, se apresentam distantes ou de pouca compreensão em cavernas mais amplas ou extensas. A avaliação também demonstra que o geossítio é interessante para a maioria dos níveis de conhecimento e um pequeno desafio pra quem tem curiosidade, quer conhecer um pouco mais do estado do Ceará e ama a natureza. Tem suas dificuldades associadas e todas as características que o turista aventureiro pode querer.

## Agradecimentos

*Agradecemos ao Chefe e aos técnicos do ICMBio e PARNA Ubajara pelo apoio logístico e infraestrutura local disponibilizada, a COOPTUR, em especial ao guia Daniel Nascimento Lima e o agente temporário ambiental Genildo Aguiar, os quais participaram das diversas etapas de campo e*

*desenvolvimento da pesquisa. Ao DEGEO pelo fornecimento do veículo para atividades de campo. Ao Projeto TCCE CECAV/VALE Nº 1/2022 firmado entre a Vale S.A. o ICMBio e o IABS, pelo financiamento das despesas de campo. Aos alunos e amigos que participaram das campanhas de campo.*

## Referências

LOBO, H.A.S.; BOGGIANI, P.C.; PERINOTTO, J.A. DE J. (2008). Espeleoturismo no Brasil: Panorama Geral e Perspectivas de Sustentabilidade. Revista Brasileira de Ecoturismo, v. 1, n. 1, p. 62-83.

BRILHA, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. Geoheritage, 8(2), 119-134.

- VUJIČIĆ, M. D., VASILJEVIĆ, DJ. A., MARKOVIĆ, S. B., HOSE, T. A., LUKIĆ, T., HADŽIĆ, O. AND JANIČEVIĆ, S. (2011). Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška Gora Mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, 51, 361-377.
- ZIEMANN, D. R., & FIGUEIRÓ, A. S. (2017). Avaliação do Potencial Geoturístico no Território da Proposta Geoparque Quarta Colônia. *Revista Do Departamento De Geografia*, 34, 137-149.
- SANTOS, P. L. A. (2019). Patrimônio geológico na área do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Vale do Ribeira, SP – Brasil: a capacidade de carga na definição de estratégias de gestão para o uso público de sítios geológicos. Tese (Doutorado). Braga: Escola de Ciências, Universidade do Minho, 268 p.
- MOURA-FÉ, M. M. DE. (2017). Planalto, cuesta, glint: a Geomorfologia da Ibiapaba Setentrional (região noroeste do Ceará, Brasil) (Planalto, cuesta, glint: the Geomorphology of the Northern Ibiapaba (northwestern region of Ceará, Brazil)). *Revista Brasileira De Geografia Física*, 10(6), 1846–1858.
- TRAJANO, E. & FERRAREZZI, H. (1995). A fossil bear from northeastern Brazil, with a phylogenetic analysis of the South American extinct *Tremarctinae Ursidae*, *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14:4, 552-561.
- OLIVEIRA, P. V. et al. (2014) Tayassuidae, cervidae e tapiridae da gruta do urso fóssil, holoceno, parque nacional de ubajara, ceará, brasil. *Revista brasileira de Paleontologia*, v. 17, n. 3, p. 417-434.
- MEIRA, S. A., DANTAS, T. B., LEITE DO NASCIMENTO, M. A., & DA SILVA, E. V. (2019). Geoconservação no Geossítio Trilha Ubajara-Araticum, Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. *Revista Do Departamento De Geografia*, 38, 42-57.
- OLIVEIRA, P. V. & SALES, M. & LUIZ, VIANA<sup>2</sup> & SIMONE, LUIZ. (2011). Eoholoceno malacofauna (gastropoda, pulmonata) from a cave of national park of ubajara, ceará state, brazil. *Estudos Geológicos*. 21. 85-93.
- LOBO, H.A.S.; Boggiani, p.c.; perinotto, j.a. de j. (2008). Espeleoturismo no Brasil: Panorama Geral e Perspectivas de Sustentabilidade. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, v. 1, n. 1, p. 62-83.
- BRILHA, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8(2), 119-134.
- VUJIČIĆ, M. D., Vasiljević, Dj. A., Marković, S. B., Hose, T. A., Lukić, T., Hadžić, O. and Janičević, S. (2011). Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška Gora Mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, 51, 361-377.
- ZIEMANN, D. R., & FIGUEIRÓ, A. S. (2017). Avaliação do Potencial Geoturístico no Território da Proposta Geoparque Quarta Colônia. *Revista Do Departamento De Geografia*, 34, 137-149.
- SANTOS, P. L. A. (2019). Patrimônio geológico na área do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Vale do Ribeira, SP – Brasil: a capacidade de carga na definição de estratégias de gestão para o uso público de sítios geológicos. Tese (Doutorado). Braga: Escola de Ciências, Universidade do Minho, 268 p.
- MOURA-FÉ, M. M. DE. (2017). Planalto, cuesta, glint: a Geomorfologia da Ibiapaba Setentrional (região noroeste do Ceará, Brasil) (Planalto, cuesta, glint: the Geomorphology of the Northern Ibiapaba (northwestern region of Ceará, Brazil)). *Revista Brasileira De Geografia Física*, 10(6), 1846–1858.
- E. TRAJANO & H. FERRAREZZI (1995). A fossil bear from northeastern Brazil, with a phylogenetic analysis of the South American extinct *Tremarctinae Ursidae*, *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14:4, 552-561.
- OLIVEIRA, P. V. et al. (2014) Tayassuidae, cervidae e tapiridae da gruta do urso fóssil, holoceno, parque nacional de ubajara, ceará, brasil. *Revista brasileira de Paleontologia*, v. 17, n. 3, p. 417-434.
- MEIRA, S. A., Dantas, T. B., Leite do Nascimento, M. A., & Da Silva, E. V. (2019). Geoconservação no Geossítio Trilha Ubajara-Araticum, Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. *Revista Do Departamento De Geografia*, 38, 42-57.
- OLIVEIRA, P. V. & Sales, M. & Luiz, Viana<sup>2</sup> & Simone, Luiz. (2011). Eoholoceno malacofauna (gastropoda, pulmonata) from a cave of national park of ubajara, ceará state, brazil. *Estudos Geológicos*. 21. 85-93.

# U.S.A.-México Exchange on Cave and Karst Science and Management

Ana K. Celis (1), Chris Groves (2), Lee Bledsoe (3), Patricia N. Kambesis (4) & Rickard S. Toomey III (5)

(1) Karst Lab México, Cancún, Quintana Roo, 77509, México, acelis@karstlabmexico.com (corresponding author)

(2) Crawford Hydrology Laboratory, Department Earth, Environmental, and Atmospheric Sciences, Western Kentucky University, Bowling Green, KY 42101, U.S.A., chris.groves@wku.edu

(3) Crawford Hydrology Laboratory, Department Earth, Environmental, and Atmospheric Sciences, Western Kentucky University, Bowling Green, KY 42101, U.S.A., lee.bledsoe@wku.edu

(4) Center for Human Geoenvironmental Studies, Western Kentucky University, 1906 College Heights Blvd, Department of Geography & Geology, Bowling Green, KY 42127, U.S.A., pat.kambesis@wku.edu

(5) Division of Science and Resource Management, Mammoth Cave National Park, Mammoth Cave, KY 42259, U.S.A., Rick\_Toomey@nps.gov

## Abstract

The world's longest known cave, Mammoth Cave, in Kentucky, U.S.A, and the two longest known underwater caves, Ox Bel Ha and Sac Actun Cave Systems, in Quintana Roo, Mexico, share common threats and conservation goals to protect unique subterranean biomes and groundwater aquifer systems. Recognizing the global significance of these landscapes and aquifer systems, starting in 2022 we began a binational collaboration between students and scientists from the Mexican non-profit conservation organization Karst Lab México, Western Kentucky University, Mammoth Cave National Park, Mammoth Cave Biosphere Region Advisory Council, and the Cave Research Foundation. Here we present the goals and most relevant outcomes of four years of collaboration, providing insights about the forth coming plans.

## 1. Introduction



**Figure 1:** Location of the cited cave systems in the U.S.A. and México. (Approximate locations, base map from Maps-for-free.com).

Karst landscapes are those formed in especially soluble limestone bedrock where caves, sinkholes, underground rivers, and large springs

are common. While these areas contain many spectacular karst landscapes, above and below ground, along with important natural and cultural resources, they are fragile areas that are very vulnerable to damage by human development.

Kentucky's Mammoth Cave region (USA) and the Yucatán Peninsula (Mexico) are two of the world's most spectacular karst areas (Figure 1). Although different in their geological origin, together they concentrate three of the four Earth's most extensive known cave systems (BURGER, 2025), all of which are still under exploration: the world's longest known cave, Mammoth Cave, in Kentucky, U.S.A, with 685.6 km, and the two longest known underwater caves, Ox Bel Ha (496.8 km) and Sac Actun Cave (376.7 km) Systems, in Quintana Roo, México (Figure 2).

Beyond a first impression of the differences in the federal administration schemes that protect cave and karst resources in the U.S.A and México, the binational exchange described in this paper, recognizes the economic, scientific and human values of karst (WATSON et al., 1997) and pinpoints the common threats and conservation goals that both areas advocate to protect along with their unique subterranean biomes and groundwater aquifer systems.

TYPE	RANK	CAVE NAME	COUNTRY	STATE	COUNTY	LENGTH (MI)	LENGTH (M)	DEPTH (FT)	DEPTH(M)	SOURCE	DATE
-	1	Mammoth Cave System (N.P.)	USA	Kentucky	Ed./Hart/Bar.	426.00	685581	407.2	124.1	Facebook	2022-12
UW	2	Sistema Ox Bel Ha	Mexico	Quintana Roo	Tulum	308.70	496804	188	57.3	CINDAQ annual project report	2024-02
-	3	Suiyang Shuanghe Dongqun	China	Guizhou	Suiyang	259.54	417696	2992.13	912	www.grottes-et-karsts-de-chine.org	2024-01
UW	4	Sistema Sac Actun (Nohoch Nah Chich, Aktun Hu) (Underwater+Dry)	Mexico	Quintana Roo	Tulum	234.07	376700	391	119.18	QRSS Long Caves List	

**Figure 2:** World's longest, dry and underwater (UW), known caves. The table shows the location, length in miles (MI) and meters (M), depth in feet (FT) and meters (M), the source and the most current update, according to BURGER (2025).

## 2. The world's longest known caves

The chances of individuals, working at the world's longest known caves, getting one day to work together were always high, considering their close location within the same continent and the historical binational collaboration between both countries. Nevertheless, the different approaches that the U.S.A. and México have in relation to caves could have been the reason of why this didn't happen earlier. In the former, since 1988, the U.S. Federal Cave Resources Protection Act protects significant caves on federal lands, while in México, the national legal recognition of caves only covers their inclusion in the general definition of ecosystems (Ley General de Equilibrio Ecológico y Medio Ambiente). More recently (2014) the State of Yucatán signed the Decree 193/2014 issuing the Regulation of the Protection Law to Cenotes, Caves and Grottoes.

### a) The Mammoth Cave National Park

Explorations in Mammoth Cave System, Kentucky, U.S.A., began in the 1700s. The nomination as National Park occurred in 1941 and included two-thirds of the original cave system. Forty years later, the United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) recognized it as World Heritage Site and in 1990 included it as part of a Biosphere Reserve.

Mammoth Cave is among the best understood cave ecosystems in the world, and among the most visited National Parks within the United States, receiving around 600,000 tourists per year. Open year-round, visitors can learn about the geology of the region, the history of its exploration, and also, take a tour to appreciate the archaeology of the site.

In terms of its ecological role, the cave has been defined as a global hot spot of subterranean diversity (NIEMILLER et al. 2021). A current key site for safeguarding endangered species that has also playing a role in the advancement of the natural sciences since the 1840s when the first animals specialized for cave life in North America, were described (TOOMEY et al., 2017). Since 1957, the Cave Research Foundation (CRF) has promoted the exploration and mapping of the caves in the region, within and outside of the National Park. CRF members were responsible of the connection of Mammoth Cave and the Flint Ridge that, in 1972 gave birth to the world's largest cave system. Today, cavers in the area are still working on extending the Mammoth Cave system as new caves located in other parts of the world are approaching its limits (PALMER, 2016).

### b) The Yucatan Peninsula Cave Systems

Ox Bel Ha and Sac Actun Cave systems are part of one of the most extensive and significant eogenetic karst aquifers in the world (KAMBESIS & COKE, 2016). These coastal cave systems, located along the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula, have been of particular interest to cave divers, explorers and cartographers since the beginning of the 1980's.

It was in the same years that the region blossomed forcedly under the development of Cancún, which has irradiated into the region leaving it with the role of a top tourist destination that in 2023 received over 21 million visitors in an infrastructure of over 134,000 hotel rooms at State level. Over the years, a region characterized by the presence of hundreds of fresh-water crystal-clear cenotes (from the Mayan word "dzonot", meaning cavern with water), has become highly attractive to tourism and with it, to more exploration. Currently, cave diving is fairly well-remunerated industry through which cave explorers continue to afford the expenses of exploring, surveying and updating the cartography of the region, giving meaning to a very local lifestyle around cenotes, exploration and cave-diving. Nevertheless, this is mostly the case along the coast of Quintana Roo, between the cities of Cancun and Tulum. In the rural areas, away from Cancún, weddings, Mayan ceremonies and spiritual retreats have also gained popularity, using the dry areas of the caves or the surface directly above them. Without particularly following any guidelines, there have been a variety of approaches regarding the type of modifications of cave landscapes in the region, the conservation priorities and the type of infrastructure. Overall, in the Yucatán Peninsula, show caves and cenotes have become an important source of income, especially for small communities. With the accelerated urban growth and the most recent railway construction (Tren Maya), even the smallest rural communities are expected to suddenly be prepared to receive hundreds of visitors demanding new tourist attractions and services. The unplanned and careless use of caves that we are experiencing nowadays in the Yucatán Peninsula, will easily continue as a common practice, damaging the aesthetic and geocultural significance of very unique underground locations. In simple words, and from the Yucatán Peninsula perspective only, this stands as a very good reason to pursue an abroad partnership, looking to facilitate the dialogue between cave specialists, to foster multidisciplinary studies and to elevate the importance of working with a variety of stakeholders towards better-informed management practices.

### c) The initial communication

In Fall 2021, Ana K. Celis and Dr. Chris Groves met during a UNESCO-sponsored cave and karst training workshop organized by the International Research Center on Karst (IRCK) Under the Auspices of UNESCO in Guilin, China. Ms. Celis was appointed as an excellent trainee by the IRCK Secretariat and Dr. Groves an instructor in the workshop. After a follow-up discussion and communication, some shared challenges between both regions started to pop out. With the support of the US National Park Service Office of International Affairs, a first binational exchange was proposed: Ana K. Celis would spend a two-week research

exchange in June 2022 at Mammoth Cave, followed by an exchange visit in Mexico by a team from Western Kentucky University through the Crawford Hydrology Lab (WKU/CHL), Mammoth Cave National Park (MACA), the Mammoth Cave Biosphere Region (MCBR), and the Cave Research Foundation (CRF), in July 2022.

#### d) The goals of a Binational collaboration

WKU and the MCBR have long been partners in education and scientific research both locally and globally. WKU, through the CHL (formerly the Hoffman Environmental Research Institute) has been involved in the establishment of both of the international cooperative agreements that MACA currently holds with the China Karst World Heritage Site and Slovenian partners (Karst Research Institute, Skocjan Caves, and Postojna Cave).

### 3. Four-year outcomes

Recognizing the global significance of both, the Mammoth Cave Region and the Yucatán Peninsula, cave and karst landscapes and aquifer systems, common challenges for resource protection, and the potential benefits of collaboration, the purpose of these efforts has been for the teams to become familiar with the landscapes, cultures, and resources of the research areas, and to develop collaborative programs to share best practices for the understanding and protection of these areas.



**Figure 3:** El Camino del Mayab fosters community-based development, conservation and tourism within Mayan communities of Yucatán. Photo: Airy Vázquez.

#### a) 2022

Ana K. Celis spent two-weeks in June 2022 in intensive field training at Mammoth Cave via collaborative research with CHL and attended a WKU Karst Field Studies course in Cave Survey and Cartography.

The U.S. team that traveled to Mexico included WKU Department

Karst Lab México (KLM), is a Mexican non-profit conservation organization based in Cancún, working with a community approach to provide local-scale assessments and technical assistance in cave and karst management and conservation in the Yucatán Peninsula.

The overall aims of our collaboration are:

1. To foster public diplomacy within both countries to facilitate the sharing of professional knowledge, information, technology, training, and experience, in cave and karst science.
2. To advance cave and karst protection and management strategies within both areas in a way that benefits future generations and the underground ecosystems.

Earth, Environmental, and Atmospheric Sciences (EEAS) faculty members Dr. Chris Groves and Dr. Pat Kambesis, CHL Associate Director and MCBR Chair, Lee Anne Bledsoe, WKU EEAS graduate student Meghan Raines, Mammoth Cave National Park Cave Specialist Dr. Rick Toomey, Cave Research Foundation Representative and Retired WKU Professor Dr. Elizabeth Winkler, and Mammoth Cave Biosphere Region Vice-Chair Jay Nelson.

In Mexico, the activities began with an international symposium in Cancún that included a welcome address from each organization involved as well as, comments from U.S. Consul General Dorothy Ngutter and U.S. National Park Service World Heritage Specialist Jonathan Putnam. Presentations on karst hydrology, natural resource management, cave exploration, and landscape conservation were given by WKU team members as well as corresponding topic experts from México. The symposium concluded with a public event in light of the 2022 UIS International Year of Caves and Karst (IYCK). Then, still UIS President and National Cave and Karst Research Institute Director, Dr. George Veni, opened the event and commended everyone for participating in the IYCK and continuing to diligently work towards its theme and mission—Explore, Understand, Protect. Finally, to promote mutual understanding of the different karst systems in both the US and México, a workshop was organized to specifically feature presentations on cave diving and underwater cartography from various researchers and independent cave explorers.

In addition to the symposium, the US team visited research sites, assisted with mapping karst features in Cancún's urban areas, met with various conservation organizations and began cooperative efforts in data sharing during their week-long visit.

In the neighboring state of Yucatán, the working group met with US Consul General Dorothy Ngutter in Mérida and discuss tangible ways to progress US-México partnerships and conservation efforts. Another accomplished goal was the meeting with Camino del Mayab, a Mexican non-profit organization that manages the first Long Distance Trail in Mexico and the proposal of a regional development model based on community tourism (Figure 3).



Figure 4: Lee Anne Bledsoe (right) and Ana K. Celis (left) explore “La Cueva de los Murciélagos” located on public land at a State University in Cancún, México. Photo: Osvaldo Medina.

#### b) 2023

In the fall of 2023, WKU EEAS faculty member Dr. Pat Kambesis and CHL Associate Director Lee Anne Bledsoe visited México to learn more about other underground spaces in the urban area of Cancún, the Riviera Maya and the neighboring state of Yucatán.

Led by Ana K. Celis, the WKU specialists entered “La Cueva de los Murciélagos” (The Bat Cave), a dry cave located on public land of a State University, in Cancún (Figure 4). This cave was first explored in 2022 by PhD student Henry F. Dzul, from the Terrestrial Ecology Laboratory of the Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional in Mérida, and Ana K. Celis, KLM Director. Currently, research work in the cave is coordinated by the Department of Sustainability and the Department of Basic Sciences and Engineering, at Universidad del Caribe. The continuing studies carried out by Dr. Dzul have proven the outstanding biological and geomorphological features of this underground space where students can learn research methods, safe field practices, and sustainable resource management in their own backyard.

#### c) 2024

The third year of the U.S.-México Binational Collaboration on Cave and Karst Science and Management, our working group achieved two impactful activities. The first was the application and achieved selection of Ana K. Celis as Hubert H. Humphrey Fellow 2024-2025, a 10-month program of professional development in the U.S.A., funded by the US Department of State. Through this Fellowship, Ana attended the Global Leadership Forum in Washington DC in October 2024 where she spoke

about the importance of fostering collaborations for understanding and protecting groundwater resources with a focus on karst landscapes. From her host institution (University of California, Davis), she traveled to participate in field visits and professional exchanges with U.S. cave specialists, with the aim to identify similarities and differences between U.S. and Mexican cave management practices and to explore avenues for future collaboration. The second activity of the year was the formalization of a partnership with Karst Lab México and Camino del Mayab, as Local Research Collaborators and their involvement in the design and logistical preparation of the “Path of the Maya—Cenotes, Culture & Sustainability”, a Faculty-Led Study Abroad Program at Western Kentucky University taught by WKU EEAS faculty member Dr. Pat Kambesis and CHL Associate Director Lee Anne Bledsoe (Figure 5).



Figure 5: Ana K. Celis (left), Dr. Pat Kambesis (center) and Lee Anne Bledsoe (right) scout a cenote as part of the study abroad program. Photo: Osvaldo Medina.

#### e) 2025 (ongoing outcomes)

From January 5<sup>th</sup> to 8<sup>th</sup>, 2025, seven WKU students participated in the “Path of the Maya—Cenotes, Culture & Sustainability” study abroad class. The students learned about the hydrogeology of the Yucatán Peninsula, conducted water quality testing, learned to collect data for cave mapping and bio surveys, participated in community service activities and experienced a cultural approach to the complex relationships of nature, culture, and sustainable development in the Mexican/Mayan context. The information will be shared with Karst Lab México and Camino del Mayab as the local research partners, to better-inform management practices for the caves and karst resources located around the visited communities.



*Figure 6:* Fostering conservation of the submerged caves of the Yucatan Península under the Binational Collaboration on Cave and Karst Management between the U.S.A. and México. Photo: Martin Broen.

## 4. Evolving towards sustainability and better-informed practices

Of International relevance to our partnership is that UNESCO has designated two areas within these regions as both World Heritage Sites and International Biosphere Reserves: Mammoth Cave National Park (Kentucky, USA) and the Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an (Quintana Roo, México). These UN programs designate the world's most precious natural and cultural landscapes, those for which resource protection is most critical. While these global initiatives are of prime importance to tackle the challenges of conservation of the 19% of the terrestrial surface estimated to be covered by subterranean biomes (SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ et al., 2022), it is also true that most of the underground resources and ecosystems in our locations, lack an official designation of protected areas. In adherence to the ambivalent nature of these facts, our Binational Collaboration is currently moving within different directions, something that is self-explained in two more planned activities

for 2025. 1) An on-line meeting with directors and representatives of Mexican and US leading governmental agencies and NGOs regarding Biosphere Reserves and Natural Protected Areas (from state to national level), to share information about the two regions and the efforts being implemented to understand and protect them. The aim being to effectively inform, establish and plan subsequent collaborations. And, 2) An in-person collaborative workshop on best practices in cave and karst protection to be held in Mammoth Cave National Park in May 2025. The aim will be to bring together communities of practice (park staff, cave specialists, resource managers and practitioners) in cave and karst management from México and the US, with a goal to better understand the commonalities and differences, the challenges to protection, and potential solutions (Figure 6).

## 5. Conclusion

Within the field of cave sciences and speleology, the underground space has been generally highlighted for its cultural, scientific and aesthetic values. This is the case both in Mammoth Cave and in the Yucatán Península caves. Also known is that the subterranean voids in both geographical locations host key unique ecosystems for the survival of endemic taxa. But to really move into the realm of conservation in practice, there is still much to do beyond the sole recognition of the existence and the fragility of caves.

At first glance, focusing the efforts in the conservation of natural caves located in small communities can seem too outside of the priorities of both countries' national agendas. Nevertheless, in the case of

the Yucatán Península in México, the urban development is already reaching the farthest human settlements, and with it, changes in social and economic behaviors, will occur at a faster pace.

This is the main relevance of our partnership, to facilitate the dialogue between cave stakeholders and to elevate the importance of working with a bottom-up approach to foster better-informed communities of practice. Because caves can be an important source of income, but in order to succeed, they should be managed in terms of ensuring the preservation of their cultural, scientific and aesthetic values.

## Acknowledgments

We gratefully thank all the cave managers, cave divers, guides and cave cartographers of the Yucatan Peninsula that have participated and trusted in our working group since 2022. Special thanks to the

communities (ejidos) of El Camino de El Mayab in Yucatán, and to the local administrators of cenotes in Cancún, Puerto Morelos, Playa del Carmen and Tulum, Quintana Roo.

## References

BURGER, P. (2025) World Long Caves. Cave Exploring. Retrieved February 9, 2025, from <https://cave-exploring.com>

KAMBESIS, P.N. & COKE IV, J.G. (2016) The Sac Actun System, Quintana Roo, Mexico. *Boletín geológico y minero* 127(1):177–192.

NIEMILLER, M. L., HELK, K., TOOMEY, R. S. (2021) Mammoth Cave: A Hotspot of Subterranean Biodiversity in the United States. *Diversity* 13(8):373.

PALMER, A. N. (2016). The Mammoth Cave system, Kentucky, USA. *Boletín Geológico y Minero* 127 (1): 131-145.

SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D., GALASSI, D. M., WYNNE, J. J., CARDOSO, P., & MAMMOLA, S. (2021) Don't forget subterranean ecosystems in climate change agendas. *Nature Climate Change* 11(6):458–459.

TOOMEY, R.S.; HOBBS, H.H., III; OLSON, R.A. (2017) An orientation to Mammoth Cave and this volume. In *Mammoth Cave: A Human and Natural History, Cave and Karst Systems of the World*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 1–28.

WATSON, J., HAMILTON-SMITH, E., GILLIESON, D., KIERNAN, K., (Eds.) (1997) *Guidelines for Cave and Karst Protection*. IUCN, Gland, Switzerland, 65 p.

# A Case Study of Show Caves Sustainable Utilization in Guilin, Guangxi, China

Weihai Chen (1,2), Yadong Deng (1,2), Yuelong Wei (1,2)

(1) Institute of Karst Geology, CAGS/Key Laboratory of Karst Dynamics, MNR&GZAR/International Research Center on Karst under the Auspices of UNESCO, Guilin 541004, China;

(2) Pingguo Guangxi, Karst Ecosystem, National Observation and Research Station, Pingguo, Guangxi 531406, China.

## Abstract

This study investigates the status and sustainable use of show caves in Guilin, focusing on how environmental factors affect landscape degradation. It aims to propose strategies for balancing tourism development and cave conservation. The research combines long-term monitoring, field investigations, and data analysis, examining environmental variations (temperature, humidity, carbon dioxide, airflow) in major caves like Reed Flute Cave, Seven Star Cave, Crown Cave, Fengyu Cave and Silver Cave. Tourist activities' impact on cave environments and speleothems deterioration were assessed. Findings show significant environmental degradation, including surface peeling, weathering, discoloration, and moisture loss from exposure to light, accelerating stalactite deterioration. Human activities, such as high tourist numbers, construction, and inadequate lighting, exacerbate these effects. To ensure sustainable use, the study recommends: (1) creating a protective vegetation ecosystem, (2) optimizing visitor management (visitor limits, adjusted tour times), (3) using energy-efficient lighting, (4) regular cleaning and humidification, and (5) enhancing air quality monitoring. It also suggests incorporating automated monitoring systems to track real-time environmental data, informing adaptive protection strategies. Future studies should explore the long-term impacts of speleothem sedimentation and ecosystem stability.

## Résumé

Cette étude examine l'état et l'utilisation durable des grottes aménagées de Guilin, en se concentrant sur l'impact des facteurs environnementaux sur la dégradation des paysages. Elle propose des stratégies pour concilier le développement du tourisme et la conservation des cavernes. La recherche combine surveillance à long terme, enquêtes de terrain et analyse des données, en étudiant les variations environnementales (température, humidité, CO<sub>2</sub>, circulation de l'air) dans les principales grottes telles que la Grotte de la Flûte de Roseau, la Grotte des Sept Étoiles et la Grotte d'Argent. L'impact des activités touristiques sur l'environnement des grottes et la dégradation des paysages a été évalué. Les résultats montrent une dégradation significative de l'environnement, notamment des écaillages de surface, de l'altération, des décolorations et une perte d'humidité, accélérant la détérioration des stalactites. Les activités humaines, telles que le grand nombre de touristes, les constructions et l'éclairage inadéquat, aggravent ces effets. Pour assurer une utilisation durable, l'étude recommande : (1) la création d'un écosystème végétal protecteur, (2) l'optimisation de la gestion des visiteurs (limitation du nombre de visiteurs, ajustement des horaires de visite), (3) l'utilisation d'éclairage écoénergétique, (4) le nettoyage et l'humidification réguliers, et (5) le renforcement du suivi de la qualité de l'air. Elle suggère également d'adopter des systèmes de surveillance automatisés pour suivre les données environnementales en temps réel et informer les stratégies de protection adaptatives. Des recherches futures devraient explorer les effets à long terme de la sédimentation des concrétions et la stabilité des écosystèmes.

## Resumen

Este estudio investiga o status e o uso sustentável das cavernas turísticas em Guilin, com foco no impacto dos fatores ambientais na degradação da paisagem. O objetivo é propor estratégias para equilibrar o desenvolvimento do turismo e a conservação das cavernas. A pesquisa combina monitoramento de longo prazo, investigações de campo e análise de dados, examinando variações ambientais (temperatura, umidade, CO<sub>2</sub>, fluxo de ar) nas principais cavernas como a Caverna da Flauta de Bambu, a Caverna das Sete Estrelas e a Caverna de Prata. O impacto das atividades turísticas no ambiente das cavernas e na degradação da paisagem foi avaliado. Os resultados mostram uma degradação significativa do ambiente, incluindo descamação da superfície, intemperismo, descoloração e perda de umidade, acelerando a deterioração das estalactites. As atividades humanas, como o grande número de turistas, construções e iluminação inadequada, agravam esses efeitos. Para garantir o uso sustentável, o estudo recomenda: (1) criação de um ecossistema vegetal protetor, (2) otimização da gestão de visitantes (limitação do número de visitantes, ajuste nos horários das visitas), (3) uso de iluminação eficiente em termos de energia, (4) limpeza e umidificação regular, e (5) monitoramento da qualidade do ar. Também sugere a adoção de sistemas automatizados de monitoramento para acompanhar os dados ambientais em tempo real e informar as estratégias de proteção adaptativas. Estudos futuros devem explorar os efeitos a longo prazo da sedimentação das espeleotemas e a estabilidade dos ecossistemas.

## 1. Introduction

Caves, as key geological heritage resources, have been exploited to alter regional economic, social, and ecological benefits. China boasts the world's largest number of show caves, over 800, hosting over 50 million visitors annually, generating tourism revenue of 10 billion yuan (CHEN W H,2006). Recently, safeguarding and sustainably utilizing these caves have become a focal research topic. This study centers on environmental changes and construction impacts in show caves, monitoring

## 2. Study area and methods

Located in Guilin City, northeastern Guangxi, China, renowned for its typical karst landforms, the study area includes ten show caves such as Reed Flute Cave, Crown Cave, Silver Cave, Fengyu Cave, Happy Cave, Seven Star Cave, Dragon Cave, Ghost Cave, Century Cave, and Swallow Cave. These caves receive around 5 million visitors annually, generating 300 million yuan in ticket revenue, forming the core of local tourism (CHEN W H,2006). Reed Flute Cave, the first opened, famous for its rich cave formations, has seen environmental deterioration over 50 years of opening to public (CHEN W H, 2004). Issues like stalagmite peeling, sandy weathering, blackening, and cave lampenflora have drastically decreased its aesthetic value. Other caves like Seven Star Cave and Silver Cave also exhibit similar degradation. The primary causes include high-energy lighting leading to surface cracking of stalactites due to high temperatures; increased CO<sub>2</sub> and dust from tourist activities accelerating chemical weathering; construction and tourist activities destroying the cave's closure, causing humidity imbalance; and low-light environments promoting algal growth, further eroding the deposits. These problems threaten the sustainable use of show caves, necessitating ecological restoration, visitor management, and technical interventions to achieve a balance between conservation and tourism development.

To study cave environmental characteristics and tourism impacts, temperature, humidity, CO<sub>2</sub>, and visitor numbers were chosen as key parameters. Multiple monitoring points were set up in Reed Flute Cave

temperature, humidity, and CO<sub>2</sub> levels to gauge tourism's effects. Prior studies indicate that tourism significantly impacts cave ecology, affecting ecological balance and cave formations stability ((DENG Y D, 2005 ; ZHU H D, 2005; SONG L H, 1999). Through long-term monitoring and analysis, this research explores environmental shifts and conservation strategies in show caves.

and other caves, using various instruments to monitor main environmental factors like air temperature, humidity, CO<sub>2</sub>, and light intensity. Data were collected regularly, and a cave air environment automatic monitoring system was installed. The system comprises gas sensors, data collectors, transmission cables, wireless communication modules, and computer reporting systems.

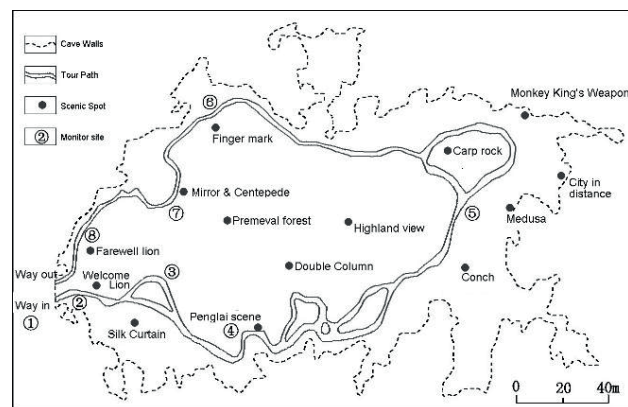


Figure 1 : Monitor sites in the Reed Flute Cave.

## 3. Monitoring Results of Cave Environmental Changes

Daily Changes in Cave Environmental Factors Observations of temperature, humidity, and CO<sub>2</sub> in Reed Flute Cave reveal regular daily patterns.

Affected by tourists and lighting, temperature rises during the day and drops at night. Humidity is lower in the daytime when the cave is open, higher at night when closed. CO<sub>2</sub> concentration increases in the day and decreases at night.

Annual Changes in Cave Environmental Factors Cave temperature annually ranges from 17.6°C to 24.74°C, varying by 7.14°C. Humidity stays relatively stable at 70% - 90%, peaking in summer. CO<sub>2</sub> concentration rises from January to May, stabilizes till October, then drops in November and December.

Spatial Changes in Cave Environmental Factors CO<sub>2</sub> concentration is lowest at the cave entrance and increases inward. Temperature and humidity also vary spatially, being higher inside the cave than at the entrance.

Tourist Impact on Cave Environmental Factors Tourists significantly affect cave environmental factors, particularly CO<sub>2</sub>, temperature, and humidity.

During peak seasons like "May Holiday", tourist numbers can exceed

8,600 daily, with peak hourly numbers over 1,330. This causes substantial CO<sub>2</sub> increases.

For instance, on May 2, 2008, CO<sub>2</sub> rose from 530 ppm at 8:30 am to 1369 ppm by 4:30 pm, directly linked to heightened tourist activity. Temperature can rise by 0.6°C, with humidity fluctuations over 10%.

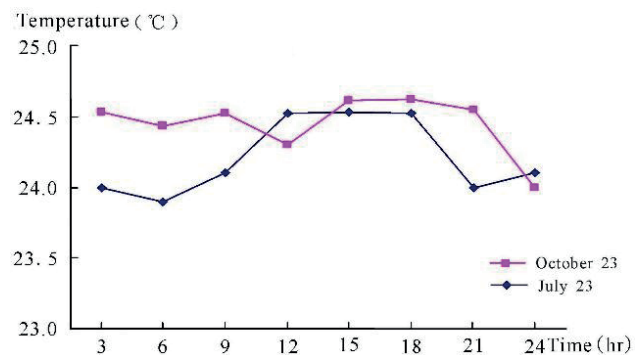


Figure 2 : Daily temperature change in the Reed Flute Cave.

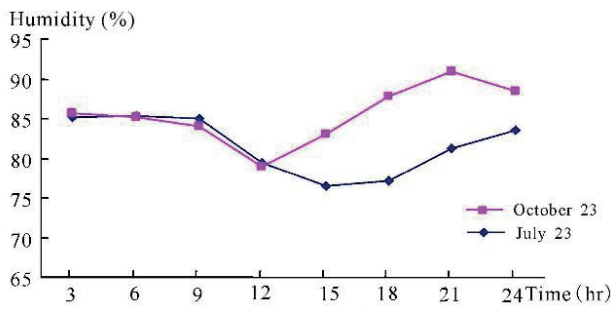


Figure 3: Daily humidity change in the Reed Flute Cave.

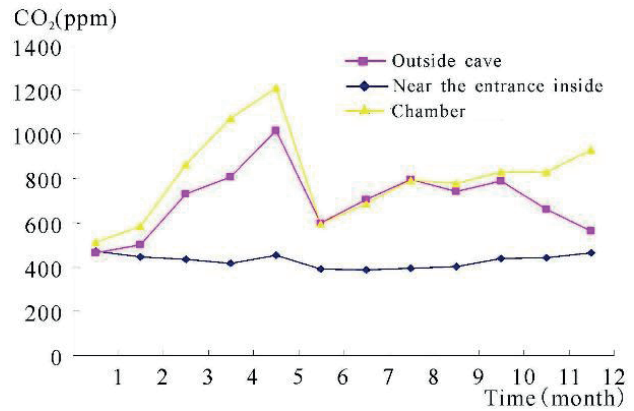


Figure 7: Annual CO<sub>2</sub> change in the Reed Flute Cave.

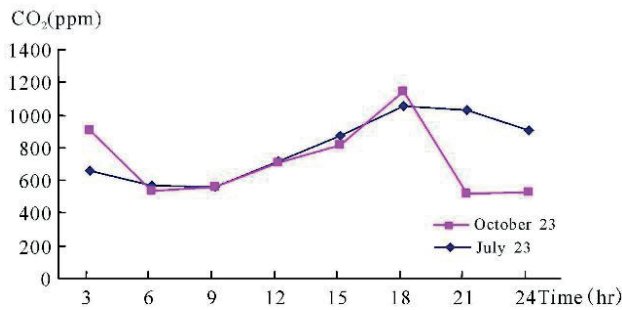


Figure 4: Daily CO<sub>2</sub> change in the Reed Flute Cave.

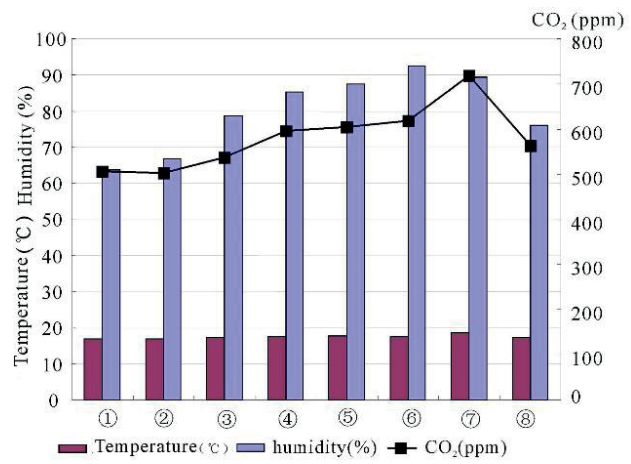


Figure 8: Spatial change in the Reed Flute Cave.

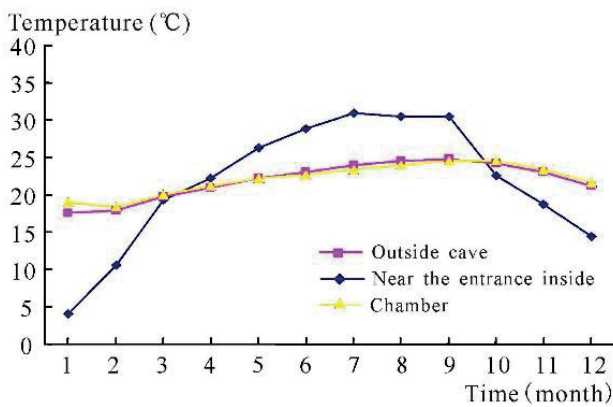


Figure 5: Annual temperature change in the Reed Flute Cave.

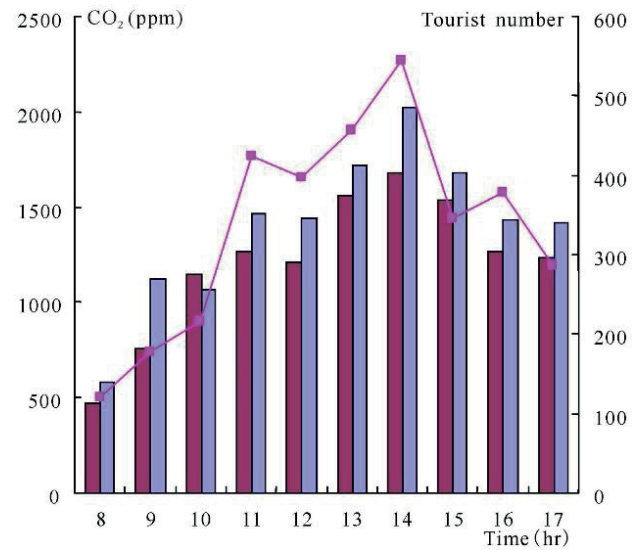


Figure 9: Variations of CO<sub>2</sub> and tourist's number at Monitor sites 5 and 7 in the Reed Flute Cave.

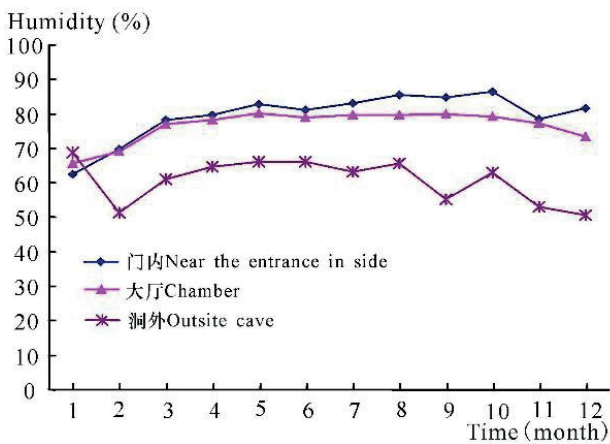


Figure 6: Annual humidity change in the Reed Flute Cave.

## 4. Analysis of Degradation Causes of Cave Formations

The degradation and discoloration of cave formations stem from natural and anthropogenic factors. Natural factors involve the cave's geological history and environment, while human factors include construction and tourism. Stalagmite weathering results from chemical, physical, and biological processes.

Increased CO<sub>2</sub> from tourist respiration forms weak acids that dissolve calcite. Research reveals a 0.3–0.7 mm softening layer on speleothems. High-intensity lights cause temperature variations, leading to thermal

expansion and cave formations cracking. For example, at Reed Flute Cave's "Yuntai Shengjing" site, lit areas are 9.5°C hotter with humidity dropping to 59%. Dust from construction and tourism also discolors speleothems. Cave lampenflora in show caves produce CO<sub>2</sub> and organic acids, accelerating speleothem dissolution. For instance, in Reed Flute Cave, Crown Cave, and Silver Cave caves, dead plant residues have discolored speleothems gray or brown, significantly impacting aesthetic value.

## 5. Suggestions for Sustainable Utilization of Show Caves

Weathering and discoloration of speleothems in caves are dynamically regulated by the cave micro-environment. Protection requires systematic intervention of environmental factors. Primary measures include restoring surface vegetation to enhance rock moisture retention and stabilize cave humidity; limiting visitor stay time to reduce CO<sub>2</sub> emissions, dust deposition, and thermal load; using cold-source LED lighting and implementing timed light control to prevent heat-induced

stalagmite cracking; establishing visitor de-dusting channels to block spore spread, dynamically adjusting light positions to disrupt plant growth cycles, and regularly removing algae; and setting up multi-parameter online monitoring systems to assess environmental capacity via real-time CO<sub>2</sub>, temperature, and humidity data for dynamic visitor flow management. This integrated approach aims to form a comprehensive protection system for sustainable use of show cave resources.

## 6. Conclusion

Guilin's main show caves face cave formations degradation due to insufficient protection during development. Monitoring shows cave temperature, humidity, and CO<sub>2</sub> change regularly, with significant tourist impacts, especially during peak times. Cave formations degradation is mainly due to natural and human factors, including construction, tourist,

and combined chemical, physical, and biological weathering. To protect these caves, it is recommended to create a good ecological environment, reduce air exchange, shorten visitor stay time, adjust the lighting system, control cave lampenflora, clean and moisten the speleothems, conduct sedimentation experiments, and strengthen tourism management.

## Acknowledgments

We are grateful to Guilin Tourism Development Company and Guilin Reed Flute Cave Management Office for their support. This study

was funded by the Guangxi Science and Technology Research and Development Plan Project.

## References

- CHEN W H, DENG Y D, HAN D S, et al. The environment of the Reed Flute Cave and the Great Cave in Guilin[J]. *Carsologica Sinica*, 2004, 23(2):113-119.
- CHEN W H. An outline of speleology research progress[J]. *Geological Review*, 2006, 52(6):65-74.
- DENG Y D, CHEN W H, ZHU H D. Study on the distribution of aeroanion concentration in the Reed Flute Cave and the Great Cave in Guilin[J]. *Carsologica Sinica*, 2005, 24(4):326-330
- FANGL L, LIU J S. Study on cave climatic features of the Yaolin Cave in Tonglu, Zhejiang[J]. *Carsologica Sinica*, 1991, 10(1):72-81.
- SONG L H, YANG J R, LIN J S, et al. Dynamics of absorbing CO<sub>2</sub> in the recovering experiment of weathered speleothem in Yaolin Cave, Zhejiang, China[J]. *Carsologica Sinica*, 1999, 18(4):297-307.
- WEI Y L, CHEN W H, HUANG B J. Themed development of show cave: A case study on Baimo Cave, Guangxi Bama[J]. *Resources Science*, 2011, 33(7):1398-1407.
- ZHU H D, ZHU Q G. Observation and research on the natural environment system in a cave—A case study from Xiangshui Cave in Liuzhou City, Guangxi[J]. *Carsologica Sinica*, 2005, 24(4):318-325.

# Proposal for Tourism Management Based on the calculation of cave's sensitivity in the Oriente Antioqueño karst, Colombia.

Dory Cruz (1) & Nathalia Uasapud (2)

(1) Universidad EIA, doryfeck@gmail.com

(2) Universidad EIA

## Abstract

This study evaluates the sensitivity of nine caves in Las Confusas karst system, Colombia, where there has been an increase in tourism activity. The analysis used the modified Cave Sensitivity Index (CSI). The results indicate that 66.7% of the caves have a high sensitivity, highlighting the need to implement tourism management measures. Therefore, this study suggests a proposal for tourism management, considering the fragility of this geosystem, the risks for visitors, and the need for a balance between the use and preservation of the karst system, to ensure the area's long-term sustainability.

## Resumen

Este estudio evalúa la sensibilidad de nueve cavidades del Sistema Kárstico de Las Confusas, Colombia, donde se ha registrado un aumento en la actividad turística. El análisis se realizó mediante el Índice de Sensibilidad de Cavernas (ISC) modificado. Los resultados indican que el 66,7 % de las cavidades presentan una alta sensibilidad, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de manejo turístico en la zona. Es por ello, que este estudio sugiere una propuesta de manejo turístico, considerando la fragilidad del geosistema, los riesgos para los visitantes y la necesidad de un equilibrio entre el aprovechamiento y la preservación del sistema kárstico, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad del área a largo plazo.

## 1. Introduction

Tourism management of the karst area in the world has become more relevant due to the large number of tourists attracted by their unique landscapes and elements, such as caves (CHIARINI et al., 2022). However, the great sensitivity of karst environments makes this a difficult task (VAN BEYNEN et al., 2012), as sensitive environments such as caves can be severely affected by anthropogenic activity such as tourism, which can bring consequences like vandalism or spoliation of speleothems (HUPPERT et al., 1993), water pollution (WILLIAMS, 1993), changes in the microclimate of caves (PERRIER et al., 2023), among others, which can lead to the complete degradation of these ecosystems (VAN BEYNEN & VAN BEYNEN, 2011). For these reasons, it is essential to implement studies that lead to management plans that allow better management of these areas and elements to make tourism more responsible. The following article presents a tourism management proposal based on the cavity sensitivity calculation.

The analysis was conducted in Las Confusas, in the rural district of El Prodigio, in San Luis town—Antioquia, Colombia. There is a tropical marble stripe karst (Oriente Antioqueño Karst—KOA (UASAPUD et al., 2022)) in which different cavities have developed, and are frequently used for tourism. This study focuses on nine (9) caves located in the sectors known as Agualinda, Playa Rosa, Zapanal, and Confusas (Figure 1).

This area has been the subject of multiple studies that have allowed a better understanding of the karst system, where the uniqueness of the karst and the hydrological complexity of these systems are recognized, along with the evaluation of hydrological, geological, morpho-structural, and morpho-metric parameters (FUNDACION NATURA DE COLOMBIA, 1994, UASAPUD, 2018; 2019, CRUZ & UASAPUD, 2021) and highlights, a complex and diverse geosystem with a high potential in terms of geological heritage (CRUZ, 2021, CRUZ et al., 2023).

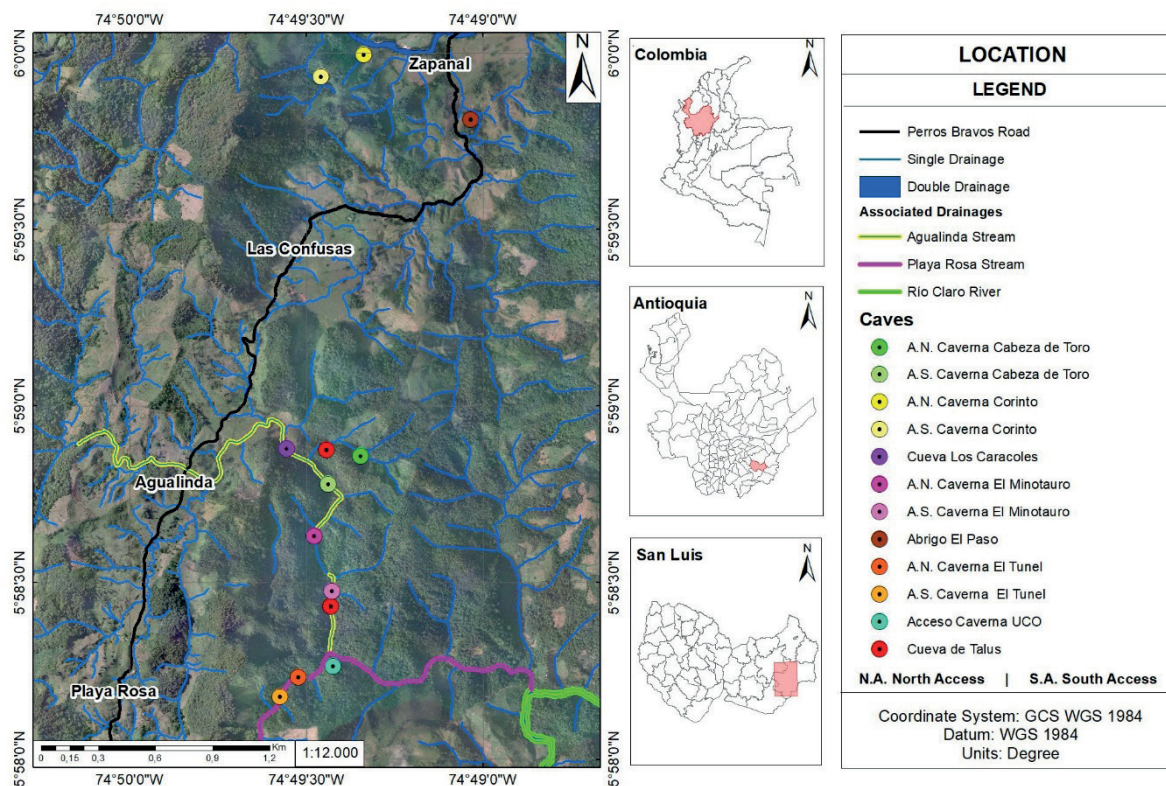


Figure 1: Location Map of the Study Area.

## 2. Materials and methods

This research started with a diagnostic phase, where the secondary information available was compiled. Subsequently, an exploratory phase was developed, during which two field trips were carried out to collect primary information. These data were then organized and classified using computer programs, e.g., the Microsoft package and GIS programs such as Global Mapper 20 and ArcGIS 10.8.

Once the information was systematized, the caves were evaluated using the Cave Sensitivity Index (CSI) of HARLEY et al. (2011), modified by UASAPUD (2024) (Figure 2 and Figure 3). Based on these results, a tourism management proposal was designed following UASAPUD (2024), which, in turn, was inspired by the guidelines proposed by SÁNCHEZ & LOBO (2018).

Result	Sensitivity Grade	Abbreviation
0.81-1.00	Critically sensitive	CS
0.71-0.8	Severely Sensitive	SS
0.61-0.70	Considerably Sensitive	CoS
0.51-0.60	Sensitive	S
0.40-0.50	Moderately Sensitive	MS
0.20-0.39	Slightly Sensitive	SIS
0.00-0.19	Low Sensitive	LS

Figure 2: Sensitivity Grade Ranges (Modified from HARLEY et al. 2011).

## 3. Results

### 3.1. General information about the caves

Structural caves, talus caves, and caves generated by differential erosion are predominant in the area (CRUZ, 2021). The evaluated caves are located mainly in the area’s central-southern part, in the Agualinda and Las Confusas sectors. The main characteristics of the evaluated caves are presented below:

#### Corinto Cave

This cave corresponds to an active fluvio-karstic cavity with an approximate development of 250 meters. The Corinto cave presents alluvial, guano and seed deposits. In addition, it hosts a wide variety of parietal speleothems, such as curtains and banderoles, as well as,

diverse forms of karren, among which are rillenkarren, roundkarren, gouge blows, slopes, and ribs (Figure 4.1.). This cave is highly preserved, evidenced by the absence of human disturbance and the presence of colonies of oilbirds, bats, and insects, such as crickets, amblypygids, and other arthropods. The cavity is well-ventilated.

#### Cabeza de Toro Cave

This cave corresponds to a fluvio-karstic cavity active during the rainy season and with an approximate development of 220 m (Figure 4.2.).

The Cabeza de Toro cave presents alluvial, guano, and seed deposits, debris, and collapse (block chaos). It also contains a variety of speleothems, including pillars, stalactites, and stalagmites, walls decorated with gours, and conical deposits of calcite or aragonite.

Variable	Rating	Observation	Variable	Rating	Observation
<b>Biotic</b>	3	Large numbers of individuals of one species or multiple individuals of many species. Presence of endangered, endemic, or new	<b>Hydrological</b>	0	No resources
	2	Several individuals of one or several species	<b>Scenic beauty</b>	3	Abundance of speleothems
	1	Few species of one or several species		2	Speleothems in multiple areas
	0	No resources		1	Scarce or localized speleothems
<b>Atmospheric</b>	3	Cavern without ventilation, with most of the galleries corresponding to zones of constant temperature or without information	<b>Mineralogy</b>	0	No resources
	2	Cavern with easy temperature recovery ventilation regulated by internal factors		3	Abundance of Minerals or presence of new
	1	Good ventilation without significant temperature changes		2	Mineral coatings in multiple areas
	0	Rock shelter or short cavity with large entrances, internal temperature easily controlled with	1	Shortage of mineral occurrences (mineral)	
<b>Hydrological</b>	3	Direct connection to the aquifer, continuous or intermittent internal water flow, drips, seeps, and the presence of pools and ponds	<b>Soil</b>	0	No resources
	2	Drips, seeps, and pools in multiple areas		3	The entire cave has clayey soil susceptible to
	1	Shortage or localized seepage, seepage, ponding, and drips		2	Clayey soils in a large part of the cavern
			<b>Cultural or historical</b>	1	Clayey soil in sectors
				0	No resources
				3	Cavern declared as an archaeological heritage
			<b>Legislative</b>	2	Cultural elements in multiple areas
				1	Scarce or localized occurrences of cultural
				0	No resources
				3	Cavity in protected area or cavern without
				2	Cave in buffer zone
				1	Cavern already intervened
				0	Deteriorated cave

Figure 3: Cave Sensitivity Index (CSI) (Modified from HARLEY et al. 2011).

It also hosts a colony of oilbirds, bats, and various insects, such as crickets and cockroaches. Its interior has continuous air currents, which favors good ventilation.

**Los Caracoles Cave**

This cave corresponds to a structurally controlled active fluvio-karstic cavity and has an approximate development of 115 m. Currently, it has access through rock blocks with speleothems on its walls, possibly coming from the roof of a collapsed cave.

Los Caracoles cave has areas of alluvial deposits with little thickness and outcrops of various rocks, including marbles, quartzite, schist, and pegmatites (CRUZ, 2021). In addition, there are marbles with the presence of tremolite with asbestiform habit.

This cavity has a great diversity of speleothems (Figure 4.3), among which we can highlight the rock flows and banderoles, coralloid, nodular, globular, and botryoidal. During the cave tour, colonies of guacharos and snails can be observed. Los Caracoles cave has good ventilation.

**El Minotauro Cave**

This cave corresponds to a structurally controlled active fluvio-karstic cavity and has a development of approximately 300 m.

El Minotauro cave has mounds of alluvial deposits that interrupt the continuous flow of water inside the cavity. Parietal and zenithal speleothems predominate in this cavity (CRUZ, 2021) (Figure 4.4). In addition, there are colonies of oilbirds and good ventilation.

**El Túnel Cave**

This cave corresponds to an active fluvio-karstic system, is structurally controlled, and has an approximate development of 140 m.

El Túnel cave has parietal and zenithal speleothems and erosive geoforms (Figure 4.5), such as scallops and ribs. In addition, it is home to colonies of oilbirds, bats, troglotic fish, common fish, and insects, such as crickets and cockroaches. This cave is well-ventilated.

**UCO Cave**

This cave corresponds to a fossil fluvio-karstic cavity with an approximate 85 m development. Its access is through an accumulation of blocks generated by the retreat of the hills.

The UCO cave has a diversity of endokarst geoforms, both constructive and erosive (Figure 4.6). In addition, it is home to a colony of oilbirds and bats, whose excrement generates guano and seed deposits. Due to its poor ventilation and inactive cave condition, toxic gases easily accumulate.

**El Paso Shelter**

This rocky shelter is in the Zapanal sector, has a development of approximately 50 m, and presents fossil speleothems such as rock flows, gours, stalactites, and stalagmites (Figure 4.7), which possibly correspond to the remnants of a collapsed cave. This shelter is estimated to be a refuge for the fauna passing through the area.

**Talus Caves**

These caves originate from the rearrangement of detached metric blocks in talus deposits. In the analysis area, several talus caves are found at the base of karst hills or along watercourses (CRUZ, 2021) (Figure 4.8). The talus caves analyzed, allow people to transit inside them and serve as refuges for the fauna that passes through the area.

**3.2. Dynamics of tourism activities**

Adventure and scientific tourism in the study area is considered of low frequency, mainly for two reasons: the distance to populated places and the absence of main roads to facilitate access, which is only possible by all-terrain vehicles or horseback. However, in recent years, there has been an increase in the number of civilian tourists, concentrating their visits on cave's tours, especially those located near Agualinda Stream (Corinto, Los Caracoles, and Cabeza de Toro).

The current tour consists mainly of hikes along mountain trails and waterways leading to the caves. During these outings, the guides discuss aspects such as the history of the sector and the natural and biological diversity of the site's water. However, these tours do not comply with some of the requirements established in Colombia's current technical standard for recreational caving activities (NTC AV012 of 2008). Among the irregularities identified are, the absence of a speleological cadastral data sheet for the caves, an inadequate of guide-to-tourist ratio, poor use or non-use of safety equipment, lack of personnel trained in caving, rescue, and first aid, the absence or insufficiency of accident insurance and the lack of detailed records of the activities carried out, among others.

**3.3. Calculation of the sensitivity index**

Figure 5 shows the results of calculating the Cave—sensitivity Index (CSI). Figure 6 shows the possible events to which tourists would be exposed inside the different caves identified from the field visits.

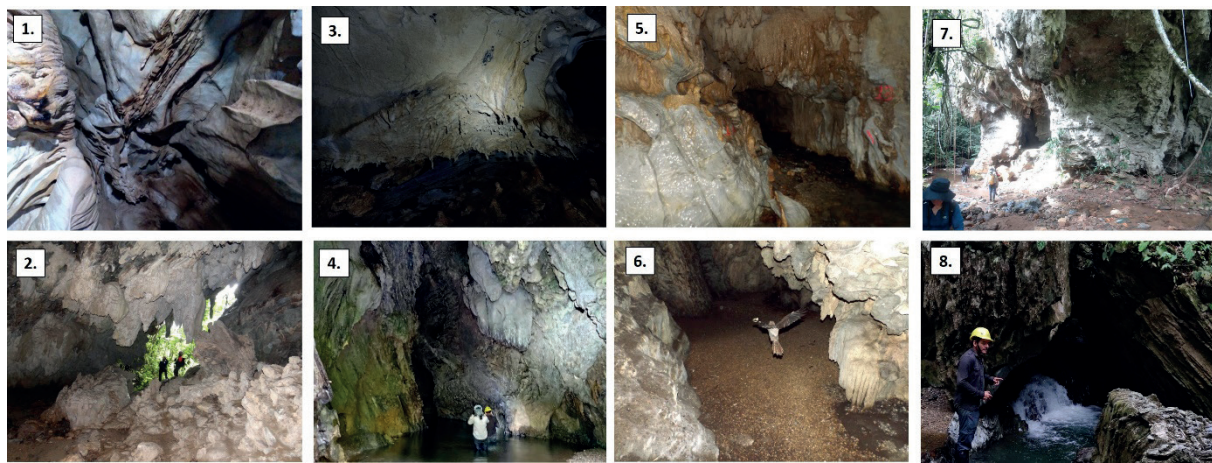


Figure 4: Analyzed Caves. 1. Corinto Cave. 2. Cabeza de Toro Cave. 3. Los Caracoles Cave. 4. El Minotauro Cave. 5. El Túnel Cave. 6. Cave UCO. 7. El Paso Shelter. 8. Talus Cave in watercourses.

Variable / Cavity	Cabeza de Toro	Corinto	Los Caracoles	El Minotauro	El Túnel	UCO	El Paso	Talus Base of Cerros	Talus Water Courses
Biotic	3	3	3	3	3	3	1	1	1
Atmospheric	2	1	2	1	1	3	0	0	0
Hydrology	3	3	3	3	3	1	3	1	3
Scenic beauty	3	3	3	2	2	2	2	0	0
Mineralogy	2	2	3	2	2	2	1	1	1
Soil	2	2	0	1	1	3	2	2	0
Cultural or historical	2	2	2	3	2	3	2	1	1
Legislative	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CSI	0,83	0,79	0,79	0,75	0,71	0,83	0,58	0,38	0,38
Degree of Sensitivity	CS	SS	SS	SS	CS	CS	S	SIS	SIS

Figure 5: Sensitivity calculation of the analyzed caves.

Phenomenon / Cavity	Cabeza de Toro	Corinto	Los Caracoles	El Minotauro	El Túnel	UCO	El Paso	Talus Base of Cerros	Talus Water Courses
Fall from height (into a void)	NA	P	P	P	P	P	P	P	P
Fall from your own height.	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Animal bites or stings	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Histoplasmosis	P	P	NR	NR	P	P	NA	NA	NA
Intoxication due to gas accumulation	P	P	NR	NR	P	P	NA	NA	NA
Drowning	NR	NR	P	P	P	NA	NR	NA	P
Falling blocks of rock	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Flash Flood	P	P	P	P	P	NA	NR	NA	P
<b>Probable (P), Not Reportable (NR), and Not Applicable (NA)</b>									

Figure 6: Risk analysis of the analyzed caves

## 4. Discussion

The sensitivity analysis, performed using the modified methodology of HARLEY et al. (2011) and applied to the characteristics of the caves in the study area, indicates that 33.35 % of the caves (Cabeza de Toro, El Túnel and UCO) are critically sensitive (CTS), 33.35 % (Corinto, Los Caracoles and El Minotauro) are severely sensitive, 22.2 % (Cuevas de Talus) are slightly sensitive (LS) and 11.1 % (El Paso) present moderate sensitivity (S). These results show the fragility of this karst system and

highlight the need to rethink tourism activity in the sector.

As mentioned above, adventure tourism in the study area mainly focuses on cave exploration. However, the caves' sensitivity and associated key factors, such as cave fauna, water dynamics, gas circulation within the caves, and the variability of speleothems in the caves, have not been adequately considered so far. Additionally, the potential of the different exokarstic geoforms identified by CRUZ et al. (2023), which

are less sensitive and could enrich and diversify the tourist experience sustainably, has not been taken advantage of.

This panorama suggests the need to implement preventive measures that guarantee the sustainability of the area and avoid the irreversible deterioration of the geosystem, considering many of the caves do not present adequate conditions for tourism, due to their high sensitivity, the associated risks or the lack of specific studies that allow an informed management of the activity. For this reason, the present research adapts the proposal of geoconservation for tourism raised by UASAPUD (2024). Instead, it was inspired by the guidelines proposed by SÁNCHEZ & LOBO (2018), adjusting it to the characteristics of the studied karst system and recommending different activities that result in better management of tourism in the area (Figure 7).

It is important to note that the study and understanding of the karst system have advanced significantly in the last five years. However, it is essential to continue developing the next phases of the management plan to formalize tourism in the area.

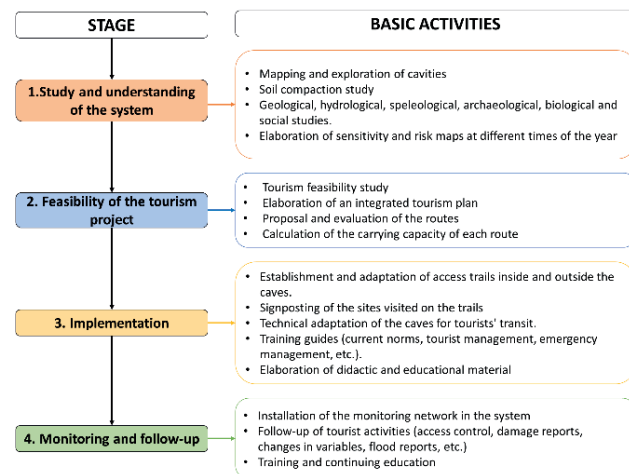


Figure 7: Tourism Management Proposal.

## 5. Conclusions

This system has a high degree of conservation, thanks to its remote location in relation to urban centers and difficult access to the area; however, in recent years, the karst system has begun to experience negative impacts from various anthropogenic activities such as deforestation, adventure tourism, and cattle ranching. These activities have increased due to the development and improvement of rural roads. Still, tourism has had the most significant impact on the elements of the karst system. This demonstrates the need for a tourism management proposal based on the calculation of the cave sensitivity, that guarantees the area's conservation status and contributes to sustainable management of the area.

The caves analyzed present a remarkable diversity of endokarstic geomorphs, which gives them a high value of scenic beauty and makes them potential sites for tourism development. However, these caves also present determining physical factors, such as biotic, hydrological, and cultural components, which require more detailed analysis, as they may influence the viability and sustainability of tourism activities in the area.

The sensitivity analysis of the caves determined that a significant percentage of them present critical or severe conditions of sensitivity,

highlighting the urgency of rethinking tourism management strategies. In this sense, it is essential to consider not only the environmental impact, but also the risks identified during the tours since these pose a threat to the integrity of visitors and to the conservation of the karst system. Therefore, the planning and regulation of tourism in the study area, should be based on a conservation approach that guarantees a balance between tourism use and the preservation of the geological heritage, thus ensuring the long-term sustainability of the area.

The management proposal was based on the conditions observed during field visits, the Cave Sensitivity Index (CSI) calculation, and the secondary information collected. However, due to the dynamic nature of the karst systems and the limited number of previous studies focused on tourism activities, it is not possible to estimate the variations and effects that this could generate in the caves in the long term in the area. Therefore, it is recommended that the management plan includes the implementation of continuous monitoring and detailed studies, which allow for a comprehensive evaluation of the impacts of tourism and adjust conservation strategies according to the changes in the system over time.

## Acknowledgments

I am grateful to my family for their support and to Luiz Eduardo Panisset Travassos and Nathalia Vanessa Uasapud for their guidance and teachings.

## Referencias

CHIARINI, V., DUCKECK, J. & DE WAELE, J. (2022). A Global Perspective on Sustainable Show Cave Tourism. *Geoheritage*, 14, 82 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00717-5>

CRUZ D.F., UASAPUD N.V., TRAVASSOS L. E. (2023) Caracterização geomorfológica do setor Las Confusas e Agualinda no Sistema Cárstico Do Oriente Antioqueño, Colômbia. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia 37, 2023. Anais... Brasil, 2021.

CRUZ D.F., UASAPUD, N.V. (2021) Caracterización geomorfológica mediante SIG del Sector Las Confusas y Agualinda en Sistema Kárstico del Oriente Antioqueño de Colombia. *Memorias II Congreso Colombiano De Espeleología*.

CRUZ D. F. (2021) Evaluación del sistema kárstico y el potencial de

patrimonio geológico de los sectores Las Confusas y Agualinda, San Luis – Antioquia. Tesis de Pregrado, Universidad EIA. Envigado, Antioquia – Colombia.

FUNDACION NATURA DE COLOMBIA (1994). Estudio detallado del territorio de mármoles y calizas de manejo especial de la Cuenca de Rio Claro Cocorná Sur (convenio CCRN 13493). Fundación Natura, Corporación Autónoma de los ríos Negro y Nare CORNARE, Santa Fe de Bogotá.

HARLEY G. L., POLK J. S., NORTH L. A., & REEDER P. P. (2011) Application of a cave inventory system to stimulate development of management strategies: the case of west-central Florida, USA. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2547–57.

HUPPERT, G., BURRI, E. FORTI, P. ET AL., (1993). Effects of tourist deve-

lopment on caves and karst. *Catena*, 25, 251–268

PERRIER, F., BOURGES, F., GIRAULT, F., LE MOUËL, J.L., GENTY, D., LARTIGES, B., LOSNO, R., BONNET, S. (2023). Temperature variations in caves induced by atmospheric pressure variations—Part 1: Transfer functions and their interpretation. *Geosystems and Geoenvironment*, 2, (2).

SANCHEZ, L., & LOBO, H. (2018). Guidebook of good environmental practices for the quarrying of limestone in Karst Areas. Campinas: Brazilian Speleological Society.

VAN BEYNEN, P., BRINKMANN, R., & VAN BEYNEN, K. (2012). A sustainability index for karst environments. *Journal of Cave and Karst Studies*, 74(2), 221-234

VAN BEYNEN, P., VAN BEYNEN, K. (2011). Human Disturbance of Karst Environments. In *Karst Management* (pp. 379–397). Dordrecht: Springer Netherlands.

UASAPUD, N. V. (2024). Estudios de sistemas kársticos en mármol – La

Danta, Magdalena Medio Colombia, contribución a la geoconservación y el uso sostenible. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín, Antioquia – Colombia.

UASAPUD, N.V.; WEBER, M.; PALACIO, J. (2022.) Oriente Antioqueño karst: A tropical stripe karst in Colombia.

UASAPUD, N. V. (2019). Análisis geoespeleológico de geoecosistemas del Corredor Kárstico del Magdalena Medio. Contrato NO. FN-030-19. (Convenio Magdalena Cauca Vive. Fundación Natura – CORNARE)

UASAPUD, N., V. (2018) Aplicación de índices ambientales para conocer el estado y las prioridades de conservación de algunos elementos del karst del oriente antioqueño. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín, Antioquia – Colombia.

WILLIAMS, P. W. (1993). Environmental change and human impact on karst terrains: an introduction. *Catena*, 25(1), 1–19.

# Preliminary geomechanical and stability assesment in iron show caves combining different approaches, Carajás, Brazil

Luis Jordá-Bordehore (1), Abdelmadjid Benrabah (1), Marcelo Barbosa (2), Iuri Brandi (3), Airtón Barata (3) & Eloá Oliveira (3)

(1) Universidad Politécnica Madrid, C/Prof Aranguren s/n, 28040 Madrid, Spain, l.jorda@upm.es (corresponding author)

abdelmadjid.benrabah@alumnos.upm.es

(2) MB Consultoria Mineral, Av. Alt. Avel. Soares, 1110/2, Belo Horizonte, MG, Brasil, marcelo.barbosa@mbcm.com.br

(3) Vale S.A Estrada Raimundo Mascarenhas S/N, Núcleo de Carajás, Parauapebas, Pará, Brasil, Iuri.brandi@vale.com; airton.barata@vale.com; elo.a.oliveira@vale.com

## Abstract

The Mapinguari Cave and the Guarita Cave are two natural iron caves located on the N1 plateau in the Carajás National Forest in Pará, Brazil, which have been receiving public visits coordinated by the Federal Biodiversity Agency (ICMBio). This paper presents the first geotechnical investigations of these caves, seeking to test complementarities of established geomechanical analyses, applying a combination of different classifications and empirical methods, typical of tunnels, such as the Q index and the Rock Mass Rating (RMR), and typical of caves, such as the Cave Geomechanical Index (CGI). The analysis of the structural stability of these caves showed remarkable differences between direct observation and the results of empirical methods, which indicated that the caves would be at the limit of stability, which we found to be unrealistic. The spans are generally stable, although there are mapped areas of instability. Finally, a comparative analysis is made demonstrating the pros and cons of the methodological combination applied, as well as proposals to improve the effectiveness and quality of the results, thus being another contribution from Vale, not only for the technical-scientific-speleological advancement of knowledge, but, mainly, valuing this ICMBio initiative, and providing support and assistance for a greater visitors' safety.

## 1. Introduction

The set of flat-topped mountain ranges (plateaus) that form the Serra dos Carajás are in the southeast of the state of Pará, Brazil, and stand out for presenting a significant occurrence of natural caves on their edges as a result of relief dissection processes in ages ranging from the end of the Cretaceous to the Quaternary (MONTEIRO et al., 2018). These plateaus are supported by an iron-aluminous lateritic cover resistant to erosion processes developed on a sequence of volcano-sedimentary rocks of Archean age, mainly from the Grão Pará Group (MACAMBIRA, 2003).

The two iron show caves in this study are located in the southeastern portion of Plateau N1, known as Mapinguari Cave (also identified as N1-0004 for scientific studies) and Gruta Guarita Cave (N1-0002) (Fig. 1).

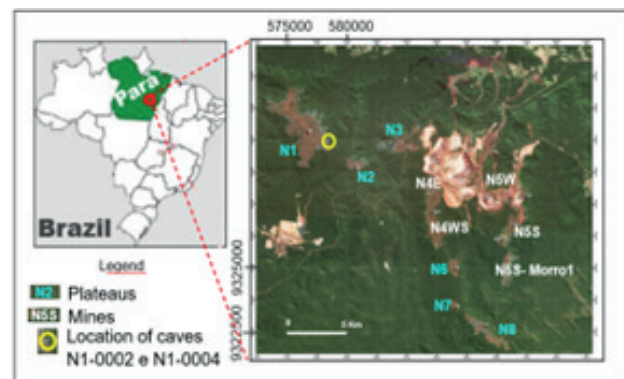


Figure 1: Study area.

## 2. Materials and methods

The stability of caves, rock shelters and other underground spaces can be initially assessed using rock mass classification systems such as BORDEHORE, 2017 and BENRABAH et al, 2023 and 2024. Specifically regarding geomechanical indexes, the Q index (BARTON, 1974) and the Rock Mass Rating (RMR) system (BIENIAWSKI, 1989) are the most widely used traditional methods for classifying the quality of rock masses today.

Developed at the Norwegian Geotechnical Institute in 1974, the Q

index assigns a score to the rock mass, which increases with quality. Unlike the linear nature of the RMR, the Q index varies exponentially, with values ranging from Q=0.001 for very poor quality to Q=1000 for excellent quality using the following equation:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \frac{J_r}{J_a} \frac{J_w}{SRF}$$

Where Rock Quality Designation (RQD) in % (DEERE, 1988), represents the rock quality index,  $J_n$  is the joint number coefficient,  $J_r$  is the joint roughness coefficient,  $J_a$  is the joint alteration number,  $J_w$  is the water reduction factor and the Stress Reduction Factor (SRF), which is influenced by the stress conditions of the rock surrounding the tunnel.

The RMR is the sum of the values assigned to the following parameters: unconfined compressive strength of intact rock, RQD, discontinuity spacing, discontinuity condition, groundwater conditions and discontinuity orientation. The RMR value ranges from 0, indicating very poor rock quality, to 100, representing very good rock quality. Since the 1970s, some researchers (BARTON, 1976; WALTHAM, 2002) have been investigating the stability of limestone caves using the Q index. WALTHAM & FOKES (2005) proposed that a cave is likely to remain stable if the thickness of its roof is at least 70% of its span. However, the framework used by WALTHAM op.cit. is not entirely specific to caves, as it incorporates the influence of support systems. Furthermore, it is derived from the Q-Span stability chart developed by BARTON op.cit.

More recently, a Q chart for caves has been presented, describing three possible stability conditions (BORDEHORE, op.cit.). However, the caves studied were classified into only three categories: unstable, transitional and stable. This approach, proposed for caves, was calibrated using data from more than one hundred caves in different lithologies, with results falling between transitional and stable zones. The problem with this graph is the scarcity of data in the unstable region and in low-quality soil ( $Q < 1$ ).

Another significant advance in recent years is the development of the Cave Geomechanical Index (CGI) by BRANDI et al. (2021), specifically for iron caves. The CGI is considered the first rock mass geomechanical classification system designed specifically for natural caves. It is calculated using the following equation:

$$CGI = \alpha RMR + \beta HR + \gamma CS + \delta CT$$

Where  $\alpha$  RMR is the weight assigned to the RMR classification,  $\beta$  HR is the weight assigned to the Hydraulic Radius (LAUBSHER, 1990),  $\gamma$  CS is the weight assigned to the Ceiling Shape (PECK et al., 2013), and  $\delta$  CT is the weight assigned to the Ceiling Thickness (CARTER, 2014). The sum of the weights of the four variables is set to the maximum value 100, which represents the best span scenario with very low susceptibility to structural instability. On the other hand, the worst-case scenario is a minimum value of 0, indicating a very high susceptibility to structural instability.

During the study, the two caves were first visually inspected, dividing them into “spans”, which are empty spaces circumscribed by walls and

ceilings that form the interior of the caves also known as halls or chambers, commonly connected by passages and conduits. In addition to the lithological and weathering aspects, each span was mapped, as well as its different structural pathologies such as fractures, detachments and unstable areas. Scanning was performed in each cave using an iPhone with LIDAR technology, which generated a three-dimensional model or digital twin.

The most relevant geomechanical parameters of each span were evaluated based on observations in the field and at geomechanical stations. The main parameters were the uniaxial compressive strength (UCS) using a Schmidt sclerometer, geometry and depth of the spans, conditions of the structural features (fractures, lineaments, discontinuities) and their characteristics (spacing, roughness, filling), the RQD, the presence of water, among others. From these parameters, the values of the three methods tested in combination in this study were calculated: the Q index, the RMR and the CGI. Then, the stability indexes or classifications of the spans were obtained using the empirical methodologies of the Q-span stability graph (BIENIAWSKI, op.cit.) and the geomechanical classifications of the CGI (BRANDI op.cit.).

Fig. 2 shows the topographic maps of the caves N1-0002, known as Gruta Guarita and N1-0004, Cavern Mappinguari, with the location of their respective spans and the points observed with some instability.



Figure 2 : Topographic maps of Caves N1-0002 and N1-0004 showing the spans and unstable points (blue stars)

The issue of instability points will not be addressed in this study, but it is relevant to the discussions of the work.

### 3. Results

Fig. 3 shows the results of the rock mass quality classification by RMR index for each span of the two caves, remembering that, as there are several “schools” to define the RMR, such as those that determine a specific RMR for each family of fractures, and others, which consider average or more typical values for the set of relevant fractures, similarly to the Q index, it was decided in this study to consider the observations of the most relevant families, and plot them as a range of values.

On the other hand, Fig. 4 shows the stability stand-up time for different values of rock quality, widths and opening times (Q-span stability graph) (Bieniawski, op.cit.). As will be seen in the discussions, both analysed caves were in zones where the self-stability time is less than one year. Therefore, according to this methodology, these caves should have already collapsed, which is not the reality. It should be clarified that this graph was designed for mining and tunnel stability, not for natural caves.

Fig. 5 shows the determination of the Cave Geomechanical Index (CGI) for each span of the two caves. As can be seen, most of the spans are classified as highly susceptible to structural instability, a very conservative condition considering the direct observations that point to a more perennial stability.

Fig. 6 shows the table of classifications values of different Q-index parameters. Finally, Fig. 7 brings the Q-span graph (Bordehore, op.cit.), relating the quality of the Q index, stability and width of the cave’s spans.

Fig. 7 shows the results of the analyses of all 5 spans of cave N1-0004 and the large span of cave N1-0002 using Barton’s Q index. The 6 spans analysed are located between the stable and collapse zone, generally concentrating in the transition zone. However, this becomes remarkable, since all the spans analysed are stable, and only a few locations present very specific points of instability as already mentioned.

Parameter	Cave N1-0004										Cave N1-02 Entrance big span		
	Room "Vao" #1		Room "Vao" #2		Room "Vao" #3		Room "Vao" #4		Room "Vao" #5		value	rating	
	value	rating	value	rating	value	rating	value	rating	value	rating			
RMR1- UCS	5-25 MPa	2	5-25 MPa	2	5-25 MPa	2	5-25 MPa	2	5-25 MPa	2	5-25 MPa	2	
RMR2 RQD	50-75	10	70	10	50-75 75-90	10-15	50-75 75-90	10-15	50-75	10	100	20	
RMR3 Spacing	0,6 - 2m	15	0,6 - 2m	15	0,6 - 2	15	0,6 - 2	15	20-60cm 0,6 - 2	10-15	0,5-1	15	
RMR4 joint conditions	Persistence	3-10 m	2	10-20	1	3-10	2	3-10	2	3-10	2	>20	0
	Aperture	>5mm 1-5	0-1	>5	0	>5	0	1-5 >5	0-1	>5	0	>5	0
	Roughness	R	5	R	5	R-VR	5-6	R-VR	5-6	R	5	VR	6
	Filling	None - hard	2-6	None	6	clay	0	None	6	none	6	hard	2
	weathering	Mod-very	1-3	slight	3	mod	3	slight	5	moder	3	slig	5
RMR 5 water in fissures	Drip-flux	0-4	Wet - flux	0-7	wet	7	flux	0	wet	7	Wet-flux	0-7	
RMR basic 89	37-48		42-49		44-50		45-52		55-60		50-57		

Figure 3: Determination of the RMR index for each span of the two caves of the study.

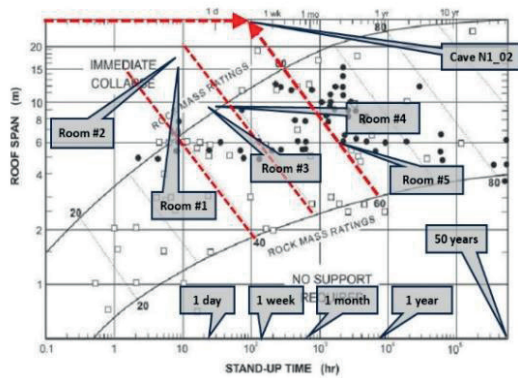


Figure 4: Stand up time for the RMR quality of the rock mass. The five rooms (spans) are from Cave N1-0004 and Cave N1-0002 has only one span.

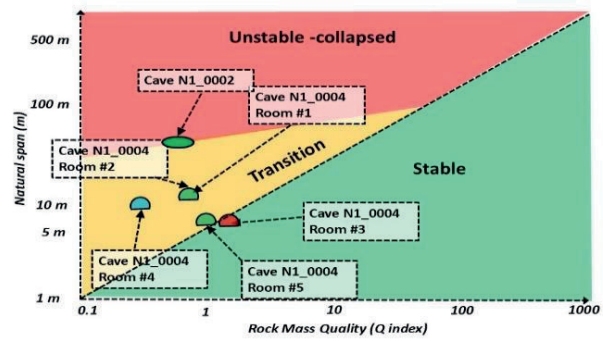


Figure 7: Stability assessment of caves relating span with Q index quality (Q-span graph).

Parameter	Cave N1-0004					Cave N1-02 Entrance big span
	Room "Vao" #1	Room "Vao" #2	Room "Vao" #3 collapse	Room "Vao" #4	Room "Vao" #5	
RMR basic 89	37-48	42-49	44-50	45-52	55-60	50-57
Span B	15 m	17 m	9,3 m	6,6 m	6	30 m.
Length L*	10 m	9 m	3 m	8,4 m	4	10 m.
Hydraulic Radius HR	$(10 \times 9) / 2(10+9) = 2,37$	$(17 \times 9) / 2(17+9) = 2,94$	$(9,3 \times 3) / 2(9,3+3) = 1,13$	$(6,6 \times 8,4) / 2(6,6+8,4) = 1,85$	$(6 \times 5) / 2(6+5) = 1,36$	$(30 \times 10) / 2(30+10) = 3,75$
Celing shape	arch	Arch invers	arch	Arch inver	arch	arch
Celing Thickness	4m	5m	4m	4m	4m	2 m
α RMR rating	15-30	30	30	30	30	30
β HR rating	0	0	15	0	15	0
γ CS rating	10	0	10	0	10	10
ρ CT	2	2	2	2	2	0
IGC value (add color)	27-42	32	57	32	57	40
IGC description instability	high	high	moderated	high	mod	Mod-high

Figure 5: Cave Geomechanical Index (CGI) for each span for the studied caves.

Parameter	Cave N1-0004										Cave N1-02 Entrance big span	
	Room "Vao" #1		Room "Vao" #2		Room "Vao" #3		Room "Vao" #4		Room "Vao" #5		Value-description	rating
	Value-description	rating	Value-description	rating	Value-description	rating	Value-description	rating	Value-description	rating		
RQD	75		70		50		75		50		100	
Joint number Jn	Entrance 2+ rand	2x6	2 joints+ Random 2x (entrance)	2x6	2+rand	6	Cross 3 joints	3x9	3j	9	Entrance 3+rand	2x12
Joint roughness Jr	Undulated rough	3	Undulated rough	3	Undulated rough	3	Undulated rough	3	Undulated rough	3	Undulated rough	3
Joint alteration Ja	Weathered walls some clay	3	Weathered walls some clay	3	Open joints weath. clay	8	Weathered walls some clay	3	Weathered walls some clay	3	Weathered walls some clay	3
Water in joints Jw	Medium flux	0,66	Dropping-located flux	0,66	wet	1	Abundant flux	0,5	wet	1	Very wet – flux zones	0,66 - 1
Stress SRF	Span depth > 5		Span depth > 5		Span depth > 5		Span depth > 5		Span depth > 5		Span depth > 5	
Q value	0,82		0,77		1,66		0,28		1,1		0,55 – 0,83	
Span B	15 m		17 m		6,6 m		9,3 m		6 m		30 m.	

Figure 6: Q index parameters.

## 4. Discussion

Regarding the RMR, all the caves analysed presented values between 37 and 57. By plotting these values and the widths of each of the spans on the stability time graph (Figure 4), we obtain that theoretically the

caves should have collapsed or presented severe damage. This graph was originally designed for tunnels and mines and to predict the time in which they would remain stable once excavated.

On the other hand, the CGI shows categories from “high” to “moderate to high risk” for instabilities in the caves analysed. Given that for RMR values below 40 we consider that the terrain could not support a tunnel of less than 6 meters for a week, we must then reconsider what a CGI below 40 means, and what would be the CGI value of a cave in “immediate collapse”.

The caves analysed have spans with some unstable points and zones of structural weaknesses that should be monitored, but, in general, they remain stable regarding the preliminary structural mapping approach. In this scenario, neither the RMR nor the CGI were able to clearly differentiate one of the worst spans, which would be span 3 of cave N1-0004 (Point P5 (blocks downfall)). See Figure 2). This GCI situation is quite comfortable, and demonstrates an excess of conservatism that has been meeting the company’s needs in terms of cave protection around operations, but indicating a beneficial requirement for adjustments and evolution towards greater precision. The same occurs with the empirical analysis of the Q-span index (Bordehore, op.cit.), which relates stability, width and rock quality (Fig. 7) is specific to caves, but in this case, it proved to be also very conservative and even unrealistic. With only one exception for span 3 of cave N1-0004, all the other four spans are perfectly stable

## 5. Conclusion

The Caves N1-0002 and N1-0004 are being visited sporadically under the coordination of ICMBio and, therefore, Vale is proactively developing a geotechnical study and structural stability analysis.

The geomechanical classifications applied to these caves through the three combined empirical methods, typical of tunnels, such as the Q index and the Rock Mass Rating (RMR), and typical of caves, such as the Cave Geomechanical Index (CGI), were excessively conservative and generally indicated that most of the spans should have already collapsed or been severely affected with high susceptibility to instability, which this study did not show.

Therefore, it is believed that an important step has been taken towards starting a review of some geomechanical parameters for the continuity and evolution of the applicability of the methods in ferruginous rock masses (mainly in the “detrital canga”) such as the RQD, Jn and

by structural mapping, despite having fallen into the transition zone of the graph. Interestingly, span 3 is precisely the one that appears to be in the position closest to the stability zone on the graph.

The large span of cave N1-0002 is almost in the collapse zone, but is apparently stable, by mapping approach, with some localized points of instability. The problem may lie in the evaluation of some of these Q-index parameters that are difficult to define in this type of ferruginous lateritic rocks, such as RQD or Jn.

Typical criteria of a structured rock mass were followed, for example in the determination of the RQD, and especially in the Jn of the fracture families, which generally showed 3 fracture families with some randomness. The textural appearance of the massif matrix, especially in the so-called “detrital canga”, is of a “crushed” but cemented rock, which could lead to a different category of Jn joints. A case to consider would be the fact of a review of the RQD index for holes and the Jn being considered in another type 1 category, with a predominant more random family, and thus seeking better values of the Q index, and the points of the graph would move to the right in the stability zone (the review of the specific Q parameters in the case of ferruginous materials is not the object of this work and requires an extensive database).

SRF parameters. Some graphs, such as the Q span for caves, Bordehore 2017 op.cit., it is believed that its application needs to be revised and about the RMR stability stand-up time graph, it was confirmed that it is not applicable to natural caves.

The CGI will require further discussions, which will possibly result in an evolution in its calculation methodology, replacing some geomechanical parameters, and making classifications below 30 points clearer, and whether it is necessary to establish a class for caves on the “immediate collapse”.

For next steps, this stability analysis must be continued carrying out not only by combining empirical methodologies, but also including other techniques, such as numerical analysis and LIDAR data, seeking to deliver an increasingly sophisticated and efficient geomechanical model for iron caves.

## Acknowledgments

*We thank Vale for its permission to disclose the data from this study.*

## References

- BARTON, N. (1976) Unsupported underground openings. Rock Mechanics Discussion Meeting. Befo, Swedish Rock Mechanics Research Foundation, Stockholm, p. 61–94.
- BARTON, N., BIENIAWISKI, Z. (2008) RMR and Q-setting records straight. Tunn. Tunn. Int., 2, 26–29.
- BENRABAH, A., SENENT DOMINGUES, S., JORDA BORDEHORE, L., ALVAREZ ALONSO, D., DIEZ HERRERO, A., DE ANDRES HERRERO, M. (2024) Preliminary Assessment of Badajo Cave (Segovia, Spain) Stability Using Empirical, Numerical and Remote Techniques. IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci. 1295 012011 DOI 10.1088/1755-1315/1295/1/012011.
- BENRABAH, A., SENENT DOMINGUES, S., COLLADO GIRALDO, H., CHAVES RODRIGUEZ, C.; JORDA BORDEHORE, L. (2024) Stability Assessment of the Maltravieso Cave (Caceres, Spain) Through Engineering Rock Mass Classification, Empirical, Numerical and Remote Techniques. Remote Sens. 16, 3883. <https://doi.org/10.3390/rs16203883>
- BENRABAH, A., SENENT DOMINGUES, S., CARRERA RAMIREZ, F., ALVAREZ Z-ALONSO, D., DE ANDRES-HERRERO, M.; JORDA BORDEHORE, L. (2024) Structural and Geomechanical Analysis of Natural Caves and Rock Shelters: Comparison between Manual and Remote Sensing Discontinuity Data Gathering. Remote Sens., 16, 72. <https://doi.org/10.3390/rs16010072>
- BIENIAWISKI, Z., 1973 Engineering Classification of jointed rock. Transaction of the South African Institution of Civil Engineers.
- BIENIAWISKI, Z.T. (1989) Engineering Rock Mass Classification; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 250 p. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-64994-7>.
- BRANDI, I.V., BARBOSA, M.R., BARATA, A., DE PAULA, R.G., CORREA, T., MOTA, H., LIMA, D., OSBORNE, R.A. (2021) Cave Geomechanical Index (CGI). Classification and Contribution to the Conservation of Natural Caves in the Iron Mines. Geoconserv. Res., 3, 134–161. <https://doi.org/10.30486/grc.2021.1908888.1033>
- CARTER, T. A. (2014) Guidelines for use of the scaled span method for surface crown pillar stability assessment. Toronto: Golder Associates

DEERE, D.U., DEERE, D.W. (1988) The rock quality designation (RQD) index in practice. In *Rock classification systems for engineering purposes*, (ed. L. Kirkaldie), ASTM Special.

JORDA-BORDEHORE, L. (2017) *Stability Assessment of Natural Caves Using Empirical Approaches and Rock Mass Classifications*. *Rock Mech. Rock Eng.*, 50, 2143–2154.

<https://doi.org/10.1007/s00603-017-1216-0>.

LAUBSCHER, D. H. (1990) A geomechanics classification system for the rating of rock mass in mine design. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, v. 90, n. 10. P. 257-273, out.

MACAMBIRA, J.B. 2003. O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a bacia Grão Pará. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, p. 213.

MONTEIRO, H. S., VASCONCELOS, P.M., LOPES, C.A.M., FARLEY, K.A. (2018) Age and evolution of diachronous erosion surfaces in the Amazon: Combining (U-Th)/He and cosmogenic <sup>3</sup>He records. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 229, p. 162-183, DOI <https://doi.org/10.1016/j.gca.2018.02.045>

PECK, W. A., SAINSBURY, D. P., LEE, M. F. (2013) The importance of geology and roof shape on the stability of shallow caverns. *Australian Geomechanics Journal*, v. 48, n. 3, p. 1-14, Sep.

WALTHAM, A.C. (2002) *Foundations of Engineering Geology*, 2nd ed.: vi + 92 pp. London, New York: Spon Press.

WALTHAM, A.C., FOOKES, P.G. (2005) Engineering classification of karst ground conditions. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 36, 101–118

# Grotte della Poesia karst system

Isabella Serena Liso (1,2), Sven Bertelmann (3), Andrea Marassich (3) & Mario Parise (1,2)

(1) Earth and Environmental Sciences Department, University Aldo Moro, Bari, Italy, serenaliso.uniba@gmail.com (corresponding author), mario.parise@uniba.it

(2) Centro Interdipartimentale di Ricerca sulla Dinamica Costiera, University Aldo Moro, Bari, Italy

(3) Phreatic A.p.s., Cala Gonone, Italy, andreamarassich@me.com)

## Abstract

The Grotte della Poesia karst system, located in the territory of Melendugno (Apulia, southern Italy) consists of two open collapse sinkholes, among the most renowned karst landforms of the region, not only for their geological significance. Actually, the main sinkhole (Grotta della Poesia Grande) is a popular tourist destination during the summer, while the second one (Grotta della Poesia Piccola) holds great archaeological importance, due to the Messapian-age inscriptions present along its walls. Moreover, it is believed that Grotta della Poesia Piccola hosted a freshwater spring, making it a place of worship for sailors crossing the Adriatic Sea. This hypothesis is further supported by the origin of the system name, which is thought to derive from the ancient Greek word *pósis*, meaning “spring”. The entire karst system has been explored by cave divers, enabling the creation of a new and detailed survey. Based on this research, it has been possible to identify areas at greater hazard as concerns the possibility of future detachments and openings in the system. Given the high number of visitors during the summer, recognizing these critical points is essential and of primary relevance for ensuring public safety.

## 1. Introduction

The Apulia region shows widespread outcrops of soluble rocks (CIARANFI et al., 1988; FUNICIELLO et al., 1991; COTECCHIA, 2014, and references therein), and a variety of sinkhole processes encompassing nearly all known mechanisms behind this geological hazard, including collapse, suffosion, and solution (GUTIERREZ et al., 2014; PARISE, 2019, 2022). Along the coast, sinkhole development is further favored by mixing between freshwater and saltwater (TULIPANO & FIDELIBUS, 2002; COTECCHIA, 2014; MASCIOPINTO & LISO, 2016). This process enhances karst processes, accelerating dissolution rates and the evolution of both karst systems and sinkholes. In this delicate transitional environment, such dynamics pose significant risks to society, threatening infrastructures including communication routes, tourist resorts and buildings (DELLE ROSE et al., 2004).

Among the numerous sinkholes present along the Apulia coastal zone (southern Italy), the Grotte della Poesia karst system, located in the municipality of Melendugno, stands out for several reasons. Beyond its speleological interest, it is a site of extraordinary natural beauty, attracting tourists while also holding great archaeology and cultural heritage value. This article examines the Grotte della Poesia karst system, emphasizing the importance of proper management for sites of historical significance like this.

Geologically, the Melendugno area is characterized by the following main formations: medium to coarse grained Plio-Pleistocene bioclastic

calcareous arenites, marly calcareous arenites and calcareous marls. They rest transgressively over the underlying Cretaceous limestone bedrock. The Adriatic coastal landscape is shaped by a series of marine terraces formed through the combined effect of regional uplift and glacio-eustatic sea level changes (BRUNO et al., 1995; MASTRONUZZI & SANSÒ, 2002). Additionally, this coastal stretch of Apulia is highly susceptible to frequent rock cliffs failures, as evidenced by multi-temporal aerial photographs analysis (DELLE ROSE & PARISE, 2004; LOLLINO et al., 2021). These gravitational movements primarily consist of rockfall and topples, although slides and wedge failures are also common. They are facilitated by the presence of karst caves and voids within the rock mass, and are mainly triggered by sea wave storms, sometimes in combination with heavy rainfall events (LISO et al., 2025).

Near the study area the coastal landscape is notably marked by many solution pipes, reaching depths of up to 3.5 m (DE WAELE et al., 2011; FERK et al., 2025). These features, which have developed in the Plio-Pleistocene calcareous arenites, have been interpreted as related to dissolution of carbonate rocks with matrix porosity by focused vertical water flow in the vadose zone. Solution pipes are typically found in diagenetically immature rocks, especially in Plio-Quaternary calcarenites, most often confined to coastal or near-coastal areas (LIPAR et al., 2015, 2021; FERK et al., 2025).

## 2. Materials and methods

Geological and morphological analyses were conducted both through direct investigations and repeated site visits, with the authorization and cooperation of the Municipality of Melendugno and the Soprintendenza Archeologica della Puglia.

To perform multi-temporal analysis of the rock failures and of the sinkholes, aerial photographs (from the Italian Army Geographical Institute) and orthophotos (available at the SIT Puglia website) were utilized. Moreover, the entire Grotte della Poesia karst system was surveyed by Phreatic divers.

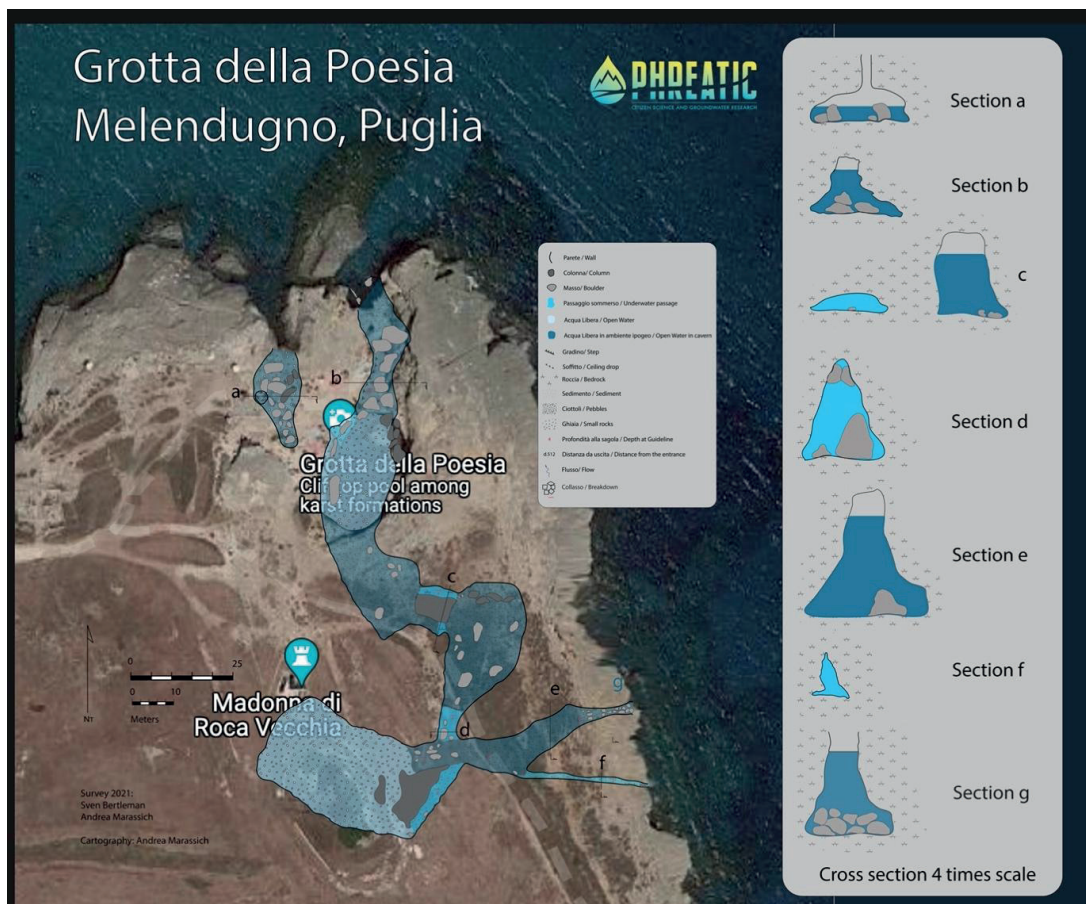


Figure 1 : Survey of the karst system of Grotte della Poesia (survey by Phreatic A.s.P.).

### 3. A little bit of history....

The Grotte della Poesia system (Figure 1) is among the most renowned karst landforms in Apulia. Recognized as a major tourist attraction, it was listed by the National Geographic few years ago among the most beautiful natural pools in the world. The system comprises two collapse sinkholes, respectively named Grotta della Poesia Grande (GPG, hereafter) and Grotta della Poesia Piccola (GPP). The larger of the two, GPG, measures approximately 20 x 9 m, and is a popular tourist destination, particularly during the summer season (Figure 2). Its elongated shape follows one of the predominant tectonic patterns in the region, a characteristic observed in many other caves and karst features throughout Salento (PEPE & PARISE, 2014).



Figure 2 : General view of Grotta della Poesia Grande, looking southward.

Grotta della Poesia Piccola, on the other hand, holds significant archaeological value due to the presence of numerous inscriptions dating back to Messapian period. These are likely linked to the existence of a freshwater spring in the past, located along the inland lower rim of the cave (DELLE ROSE & PARISE, 2005; LISO & PARISE, 2020). This spring may have transformed the site into a place of worship for sailors, who would visit to seek divine favor before embarking on a journey across the Adriatic Sea or to offer thanks upon their safe return (LISO & PARISE, 2020, 2023).

Notably, the town of Melendugno, where the karst system is located, belongs to the part of Apulia deeply influenced by the Greek colonization, a legacy still reflected in the local dialect, which retains many words of ancient Greek origin. The name Messapi, meaning “set between two seas”, (referring to the Adriatic Sea to the east and the Ionian Sea to the west) was attributed by Greeks to identified the ancient population that settled in Salento after the VIII century B.C. The name of the karst system itself also has Greek roots: poesia derives from pósis, one of several ancient Greek terms for freshwater springs (PARISE et al., 2003).

Further evidence of the area’s archaeological significance can be found at Roca Vecchia, a nearby promontory just north of the karst system (SCARANO, 2010). This site was the most important fortified settlement along the coast during the Middle Bronze Age, underscoring the historical and cultural relevance of the region.

## 4. Discussion

As shown in the survey in figure 1, a sump located along the southern margin of GPG (Figure 3) provide access to a second aerated cave, which features a sandy beach along its western side. Although rocks detachment has occurred from the cave ceiling, it has not yet led to a complete collapse, and the formation of another collapse sinkhole. From this cave, a further sump to the south connects to GPP. Both collapse sinkholes are linked to the open sea through narrow flooded passages, particularly constricted on the eastern side, where GPP connects to the sea (Figure 1).



Figure 3 : Entrance of the first sump at Grotta della Poesia Grande, at its southern edge.

The system also includes another cave, located just NW of GPG, where rock blocks failures from the ceiling have occurred along a joint clearly visible also from the ground surface (Figure 4). Given the high number of tourists frequenting the area around GPG, this presents a critical safety concern and warrants specific and dedicated monitoring.

Several other sinkholes are present along the surrounding coastline, some of which were formed very recently (PARISE & VENNARI, 2017; VENNARI & PARISE, 2022), posing potential risk to visitors, especially during the summer months. As in other sites along the Adriatic coast of Apulia, sinkholes remain definitely the prevailing geological hazard, continuing to impact society and infrastructures (DELLE ROSE & PARISE, 2002; DEL PRETE et al., 2010; MARGIOTTA et al., 2012).

## 5. Conclusion

Sites of significant touristic, archaeological and historical value, such as the Grotte della Poesia karst system, require thorough studies to assess potential future failures. These latter, while indicative of ongoing karst processes, can also be triggered by sea storms, leading to surface effects such as the widening of existing cracks and the acceleration of rock detachments. Given the large number of visitors during the summer season, identifying these vulnerable areas is essential for ensuring the public safety. Further, the main coastal communication route runs in close proximity to the site, and recent landslides and rock failures have



Figure 4 : Above part of the karst system, open cracks at the surface indicate the high risk of further collapses.

been observed in the sector between the road and the sea. Continuous monitoring of the area, including the karst system, is therefore necessary to mitigate risks to both humans and infrastructure.

Among the recommended actions, periodic surveys conducted by cave divers (Figure 5) are, in our opinion, crucial. These surveys allow for direct observation of the evolution of the critical fractures and joints within the rock mass, particularly in the submerged caves, providing valuable data for risk assessment and management.



Figure 5 : Surveying the Grotte della Poesia karst system.

## Acknowledgments

This work has been supported by the PRIN PNRR 2022 Project Fu.Co.Ka. — “FUTURE scenarios in COastal KARst: saltwater intrusion, loss of water resources and sinkhole development as effects of climate changes” (Project P2022JZHKM, Principal Investigator: M. Parise), funded by MUR—Ministry of University and Research. It was also partly carried

out within the RETURN Extended Partnership and received funding from the European Union Next-GenerationEU (National Recovery and Resilience Plan—NRRP, Mission 4, Component 2, Investment 1.3—D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005).

## References

- BRUNO G., DEL GAUDIO V., MASCIA U., RUINA G. (1995) Numerical analysis of morphology in relation to coastline variations and karstic phenomena in the south-eastern Murge (Apulia, Italy). *Geomorphology* 12: 313–322.
- CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G. (1988) Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale). *Memorie Società Geologica Italiana* 41:449–460.
- COTECCHIA V. (2014) Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* 92:416.
- DEL PRETE S., IOVINE G., PARISE M., SANTO A. (2010) Origin and distribution of different types of sinkholes in the plain areas of Southern Italy. *Geodinamica Acta* 23(1/3):113–127.
- DELLE ROSE M., PARISE M. (2002) Karst subsidence in south-central Apulia Italy. *Int. J. Speleology* 31(1/4):181–199.
- DELLE ROSE M., PARISE M. (2004) Slope instability along the Adriatic coast of Salento, southern Italy. *Proc. IX Int. Symp. on Landslides, Rio de Janeiro*, 1:399–404.
- DELLE ROSE M., PARISE M. (2005) Speleogenesi e geomorfologia del sistema carsico delle Grotte della Poesia nell'ambito dell'evoluzione quaternaria della costa Adriatica Salentina. *Atti e Memorie Commissione Grotte “E. Boegan”* 40:153–173.
- DELLE ROSE M., FEDERICO A., PARISE M. (2004) Sinkhole genesis and evolution in Apulia, and their interrelations with the anthropogenic environment. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 4:747–755.
- DE WAELE J., LAURITZEN S.E., PARISE M. (2011) On the formation of dissolution pipes in Quaternary coastal calcareous arenites in Mediterranean settings. *Earth Surface Processes and Landforms* 36:143–157.
- FERK M., LIPAR M., ŠMUC A., PARISE M., CIGLIČ R., MIKLAVC P., COF K., STEPIŠNIK U. (2025) Detection of fossilised solution pipes and their reversed hydrological mode using electrical resistivity tomography, Apulia. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- FESTA V., FIORE A., LUISI M., MICCOLI M.N., SPALLUTO L. (2017) Petrographic features influencing basic geotechnical parameters of carbonate soft rocks. *Engineering Geology* 233. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.12.009>
- FUNICIELLO R., MONTONE P., PAROTTO M., SALVINI F., TOZZI M. (1991) Geodynamic evolution of an intra-orogenic foreland: the Apulia case history (Italy). *Boll. Soc. Geol. It.* 110:419–425.
- GUTIERREZ F., PARISE M., DE WAELE J., JOURDE H. (2014) A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst. *Earth Science Reviews* 138:61–88. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.08.002>.
- LIPAR M., WEBB J.A., WHITE S.Q., GRIMES K.G. (2015) The genesis of solution pipes: Evidence from the Middle–Late Pleistocene Bridgewater Formation calcarenite, southeastern Australia. *Geomorphology* 246:90–103. doi:10.1016/j.geomorph.2015.06.013.
- LIPAR M., SZYMCAK P., WHITE S.Q., WEBB J.A. (2021) Solution pipes and focused vertical water flow: Geomorphology and modelling. *Earth-Science Reviews* 218. doi:10.1016/j.earscirev.2021.103635.
- LISO I.S., PARISE M. (2020) Apulian karst springs: a review. *Journal of Environmental Science and Engineering Technology* 8:63–83.
- LISO I.S., PARISE M. (2023) Sinkhole development at the freshwater-saltwater interface in Apulia (southern Italy). *Proc. 17th Multidisc. Conf. on Sinkholes and the Engng. and Environ. Impacts of Karst, Tampa, USA, NCKRI Symp. no. 9:229–238*.

- LISO I.S., LOLLINO P., MASTRONUZZI G., PARISE M. (2025) Rock failures in coastal carbonate cliffs: susceptibility, hazard assessment and monitoring. *Progress in Landslide Research and Technology*, volume 4, Springer.
- LOLLINO P., PAGLIARULO R., TRIZZINO R., SANTALOIA F., PISANO L., ZUMPANO V., PERROTTI M., FAZIO N.L. (2021). Multi-scale approach to analyse the evolution of soft rock coastal cliffs and role of controlling factors: a case study in South-Eastern Italy. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 12(1):1058–1081, <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1910351>
- MARGIOTTA S., NEGRI S., PARISE M., VALLONI R. (2012) Mapping the susceptibility to sinkholes in coastal areas, based on stratigraphy, geomorphology and geophysics. *Nat. Haz.* 62(2):657-676.
- MASCIOPINTO C., LISO I.S. (2016) Assessment of the impact of sea-level rise due to climate change on coastal groundwater discharge. *Science of the Total Environment* 569-570:672-680.
- MASTRONUZZI G., SANSÒ P. (2002) Pleistocene sea-level changes, sapping processes and development of valley networks in the Apulia region (southern Italy). *Geomorphology* 46:19–34.
- PARISE M. (2019) Sinkholes. In: WHITE W.B., CULVER D.C., PIPAN T. (Eds.), *Encyclopedia of Caves*. Academic Press, Elsevier, 3rd edition, ISBN 978-0-12-814124-3, p. 934-942.
- PARISE M. (2022) Sinkholes, Subsidence and Related Mass Movements. In: SHRODER J.J.F. (Ed), *Treatise on Geomorphology*, vol. 5. Elsevier, Academic Press, 200–220. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818234-5.00029-8>, ISBN 9780128182345.
- PARISE M., VENNARI C. (2017) Distribution and features of natural and anthropogenic sinkholes in Apulia. In: RENARD P., BERTRAND C. (Eds.), *EuroKarst 2016, Advances in the Hydrogeology of Karst and Carbonate Reservoirs*, Springer, pp. 27–34, ISBN 978-3-319-45464-1.
- PEPE M., PARISE M. (2014) Structural control on development of karst landscape in the Salento Peninsula (Apulia, SE Italy). *Acta Carsologica* 43(1):101-114.
- SCARANO T. (2010) Roca. Le fortificazioni della media età del Bronzo. *Ann. Scuola Normale Sup. Pisa*, s. 5, 2(2):151-204.
- TULIPANO L., FIDELIBUS M.D. (2002) Mechanisms of groundwater salinisation in a coastal karstic aquifer subject to overexploitation. *Proc. 17th SWIM*, Delft:39-49.
- VENNARI C., PARISE M. (2022) A chronological database about natural and anthropogenic sinkholes in Italy. *Geosciences* 12:200, [doi.org/10.3390/geosciences12050200](https://doi.org/10.3390/geosciences12050200).

# A Study on the Suitable Utilization of Cave Air Environment - A Case Study of the Dacao Tiankeng–Hongmeigui Chamber Cave System

Tianwang Pan(1,2), Wenqiang Shi(1,2), Chengzhan Li(1,2), Liangliang Tang (1,2)

(1) Institute of Karst Geology, CAGS/Key Laboratory of Karst Dynamics, MNR&GZAR/International Research Center on Karst under the Auspices of UNESCO, Guilin 541004, China;

(2) Pingguo Guangxi, Karst Ecosystem, National Observation and Research Station, Pingguo, Guangxi 531406, China

## Abstract

This study evaluates the air environment of the Dacao Tiankeng-Hongmeigui Chamber Cave System in Leye County, China, to assess its suitability for tourism development. Karst cave landscapes, as non-renewable tourism resources, are sensitive to external influences and human activities, necessitating a balance between development and protection. The research team conducted an air environment evaluation in November 2022, measuring temperature, relative humidity, CO<sub>2</sub> concentration, ion concentration, air pressure, and airflow speed in the proposed exploited section. Results revealed a stable microclimate, with an average temperature of 17.2°C, relative humidity of 94.74%, and CO<sub>2</sub> concentration of 625.82 ppm, within health standards. The average negative ion concentration inside the cave was 5,370 particles/cm<sup>3</sup>, significantly higher than the outside concentration. The cave's air comprehensive index (CI) was 7.73, well above the "cleanest" air quality level. These findings suggest that the cave is suitable for show cave development, with minimal risk of damage to cave formations or ecosystems. This study provides a framework for evaluating cave air environments, offering valuable insights for sustainable cave tourism and resource management.

## Résumé

Cette étude évalue l'environnement de l'air du système de la grotte Dacao Tiankeng-Hongmeigui dans le comté de Leye, en Chine, afin d'évaluer sa faisabilité pour le développement touristique. Les paysages karstiques, en tant que ressources touristiques non renouvelables, sont sensibles aux influences extérieures et aux activités humaines, ce qui nécessite un équilibre entre le développement et la protection. L'équipe de recherche a réalisé une évaluation de l'environnement de l'air en novembre 2022, mesurant la température, l'humidité relative, la concentration de CO<sub>2</sub>, la concentration d'ions, la pression de l'air et la vitesse du flux d'air dans la section proposée pour l'exploitation. Les résultats ont révélé un microclimat stable, avec une température moyenne de 17,2°C, une humidité relative de 94,74%, et une concentration de CO<sub>2</sub> de 625,82 ppm, respectant les normes de santé. La concentration moyenne d'ions négatifs à l'intérieur de la grotte était de 5 370 particules/cm<sup>3</sup>, bien plus élevée que la concentration à l'extérieur. L'indice de qualité de l'air de la grotte était de 7,73, bien au-dessus du niveau de qualité de l'air « le plus pur ». Ces résultats suggèrent que la grotte est adaptée au développement touristique, avec un risque minimal de dommage pour les formations ou les écosystèmes souterrains. Cette étude propose un cadre d'évaluation des environnements de l'air des grottes, offrant des perspectives précieuses pour un tourisme de grottes durable et une gestion des ressources.

## Resumen

Este estudio evalúa el ambiente de aire del Sistema de Caverna Dacao Tiankeng-Hongmeigui en el Condado de Leye, en China, para evaluar su adecuación al desarrollo turístico. Los paisajes de cavernas karsticas, como recursos turísticos no renovables, son sensibles a influencias externas e actividades humanas, lo que exige un equilibrio entre desarrollo y protección. El equipo de investigación realizó una evaluación del ambiente de aire en noviembre de 2022, midiendo temperatura, humedad relativa, concentración de CO<sub>2</sub>, concentración de iones, presión de aire y velocidad del flujo de aire en la sección propuesta para exploración. Los resultados revelaron un microclima estable, con temperatura media de 17,2°C, humedad relativa de 94,74%, y concentración de CO<sub>2</sub> de 625,82 ppm, dentro de los estándares de salud. La concentración media de iones negativos dentro de la caverna fue de 5.370 partículas/cm<sup>3</sup>, significativamente mayor que la concentración externa. El índice de calidad del aire de la caverna fue de 7,73, muy por encima del nivel de calidad del aire "más limpio". Estos resultados sugieren que la caverna es adecuada para el desarrollo de turismo, con riesgo mínimo de daños a las formaciones o ecosistemas cavernosos. Este estudio proporciona una estructura para evaluar ambientes de aire de cavernas, ofreciendo valiosos insights para un turismo de cavernas sustentable y gestión de recursos.

## 1. Introduction

Karst cave landscapes, as a distinctive subterranean geotourism resource, demonstrate exceptional attractiveness to global visitors through their geological rarity, speleogenetic peculiarity, and inherent mystique (Pan et al., 2021). The People's Republic of China possesses the world's largest inventory of developed show caves. As of September 2022, the country has established nearly 800 karst cave tourism attractions, demonstrating significant socio-economic benefits through sustainable geoheritage utilization (Changsha Guosheng Tourism Planning Design Co., Ltd, 2022). The subterranean atmosphere of karst caves, comprising critical parameters such as temperature, relative humidity, air velocity, barometric pressure, and CO<sub>2</sub> concentration (pCO<sub>2</sub>), typically remains in a stable and isolated microclimatic state prior to anthropogenic intervention (Yuan and Cai, 1988). However, insufficient conservation awareness during show cave development has induced atmospheric modifications in certain tourism-oriented karst systems, resulting in

speleothem degradation and compromised cave ecosystems through altered carbonate dissolution-precipitation equilibria. Therefore, pre-development implementation of subterranean atmosphere suitability assessments should be prioritized to ensure scientific conservation and rational utilization of karst geoheritage resources through evidence-based environmental management protocols. Therefore, pre-development implementation of subterranean atmosphere suitability assessments should be prioritized to ensure scientific conservation and rational utilization of karst geoheritage resources through evidence-based environmental management protocols. This study systematically investigates the subterranean atmospheric conditions within designated development zones of the Dacao Tiankeng–Hongmeigui chamber cave system in Leye County, Guangxi, aiming to provide scientific references for sustainable show cave management through comprehensive microclimatic diagnostics.

## 2. Study area and methods

The Dacao Tiankeng–Hongmeigui chamber cave system, situated in the southeastern sector of the S-shaped karst block within Leye County, Baise City, China, constitutes a critical component of the regional Bailang Underground River System (Pan et al., 2025). This speleological complex features a proposed development section extending 1,491 m through its middle-level conduits, characterized by voluminous chambers exemplified by the Red Rose Grand Chamber. This trapezoidal geometry chamber (NE-SW orientation) exhibits remarkable dimensions: 300 m in length, >200 m in width, 200 m vertical relief, and a volumetric capacity of 5.25×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, representing a quintessential example of epigenic cave development in subtropical tower karst terrain (Figure 1). The proposed development section is currently undergoing pre-development preparatory works and feasibility assessments, remaining inaccessible to tourist visitation pending comprehensive environmental impact evaluations. Consequently, to evaluate the atmospheric suitability for subterranean development, the research team conducted systematic measurements of critical speleoclimatic parameters — including temperature, relative humidity, CO<sub>2</sub> concentration, air ions (positive/negative), barometric pressure, and airflow velocity — within the target cave section during November 2022. These quantitative diagnostics enabled subsequent calculation of the cave's air comprehensive index (CI) through multi-variable analytical protocols. Employing a manual traverse method along

a predetermined speleological transect (Dacao Tiankeng → Red Rose Grand Chamber → Tanjia Cave exit), the research team established 22 monitoring stations at standardized elevation intervals following ISCAV protocols for hypogean atmospheric profiling (Figure 1 and Figure 2).

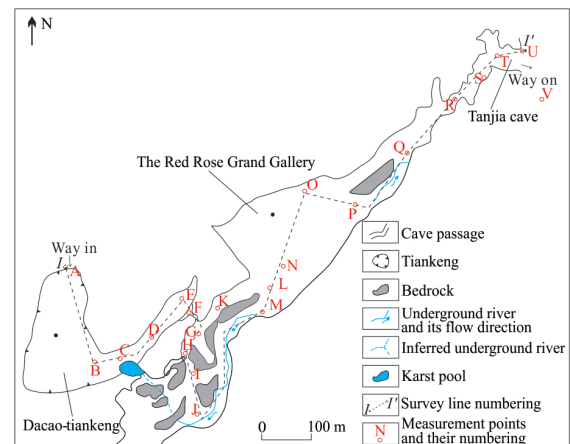


Figure 1: Planar view diagram and layout of monitoring sites in Dacao Tiankeng-Hongmeigui Chamber Cave.

## 3. Monitoring Results

The investigated cave section exhibited diurnal thermal variability ranging 14.8°C to 23.5°C (Figure 3), with a mean temperature of 17.2°C. Along the Dacao Tiankeng → Red Rose Grand Chamber → Tanjia Cave exit transect, the thermal profile demonstrated a central thermal maximum flanked by lower temperature regimes at both extremities, particularly pronounced near the Red Rose Grand Chamber (monitoring stations L to Q). Concurrently, the mean relative humidity reached 94.74%, showing an inverse correlation with temperature fluctuations and maintaining synchronous variation patterns throughout the hypogean environment (Figure 3). The CO<sub>2</sub> concentration in the cave atmosphere exhibited a range of 334-856 ppm with a mean value of 625.82 ppm (Figure 4). These measurements comply with the Class I air quality standard (threshold

<1000 ppm) as stipulated by Chinese cave hygiene regulations.” The atmospheric pressure ranges from 886.2 hPa to 912.1 hPa, with an average of 906.66 hPa. The wind speed in most cave sections is nearly zero. The average negative ion concentration inside the cave was 5,370 particles/cm<sup>3</sup>, with a maximum value of 14000 particles/cm<sup>3</sup> (Figure 5). The average value of the single stage coefficient (q) in the cave is relatively low, at 0.90 (Figure 6). According to the computational formula for the Air Quality Assessment Index, the cave's air comprehensive index (CI) within the karst system measured 7.73, with peak values reaching 28 (Figure 7). These values significantly exceed the critical threshold of 1.0 established for the ‘most pristine’ classification tier in air quality grading standards.”

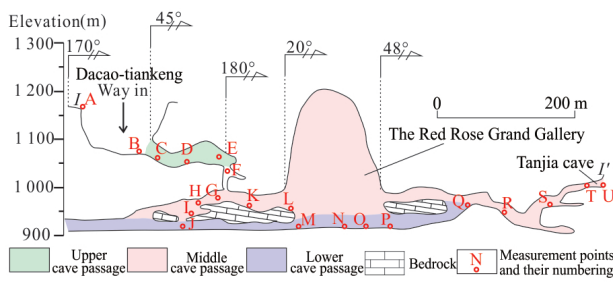


Figure 2: II' measurement conductor profile diagram and layout of the monitoring sites in Dacao Tiankeng-Hongmeigui Chamber Cave.

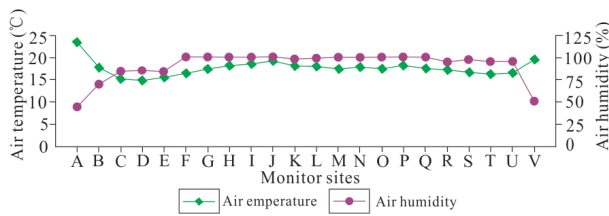


Figure 3: Temperature and relative humidity change for different monitoring points during the monitoring period.

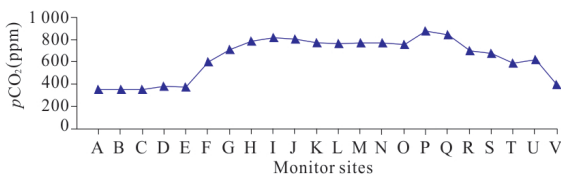


Figure 4: Change of CO2 concentration for different monitoring points during the monitoring period.

## 4. Discussion

The targeted karst section for potential development remains closed to public access, effectively precluding anthropogenic influences from visitor respiration. The ventilation rate between the cave interior and exterior remains relatively low. Elevated CO<sub>2</sub> concentrations persist in deep zones, topographic depressions, and poorly ventilated areas, whereas proximal to cave entrances, lower levels are maintained through enhanced atmospheric coupling and subterranean riverine flushing effects. The cave's internal barometric pressure exhibits remarkable stability with a slight positive differential relative to the external environment, coupled with attenuated airflow velocities. These combined microclimatic parameters facilitate the preservation of isothermal conditions, humidity equilibrium, and exceptional atmospheric stability within the endokarst system. The cave's air pressure is relatively stable and slightly higher than the external environment, with low wind speeds. This helps maintain a stable cave air environment with isothermal and isohyrometric conditions. The slight atmospheric pressure and temperature differentials between the interior and exterior of the cave drive the gradual airflow movement through fractures in the surrounding rock, cave passages,

## 5. Conclusion

This study evaluates the air environment of the Dacao Tiankeng-Hongmeigui Chamber Cave System in Leye County, China, to assess its suitability for tourism development. The research team conducted an air environment evaluation in November 2022, measuring temperature, relative humidity, CO<sub>2</sub> concentration, ion concentration, air pressure,

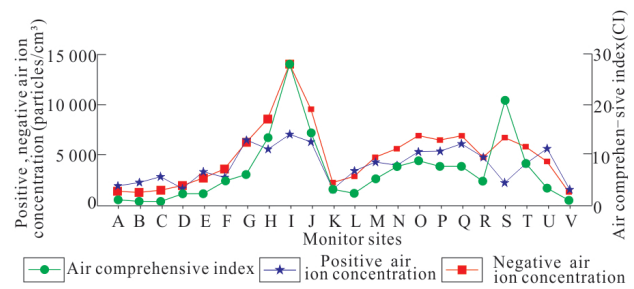


Figure 5: Change of positive and negative air ion concentration for different monitoring points during the monitoring period.

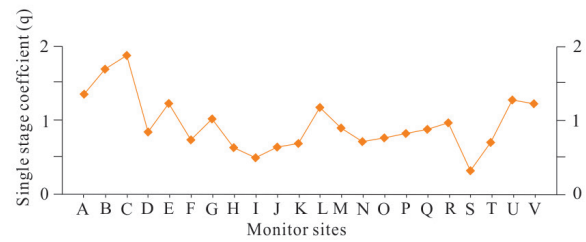


Figure 6: Change of single stage coefficient for different monitoring points during the monitoring period.

and underground rivers, propagating from high-pressure, high-temperature zones to low-pressure, low-temperature areas. This process establishes the cave breathing effect, thereby introducing fresh air and elevating oxygen concentrations within the subterranean environment (Wei et al., 2017). Meanwhile, the well-preserved vegetation ecosystem in the surrounding environment ensures consistent moisture supply to the cave system, maintaining elevated humidity levels within the karst formation. This microclimatic condition facilitates the preservation and growth of speleothems (particularly stalactites and stalagmites), while simultaneously creating an optimal ambient environment for tourist activities. Within karst caves, the combined effects of percolating water, fluvial processes, and a semi-confined microenvironment contribute to elevated concentrations of negative air ion concentration. All monitoring points within the cave exhibited NAI concentrations exceeding 1,000 particles/cm<sup>3</sup>, a threshold associated with beneficial health effects (Zhang et al., 2006). Comprehensive analysis indicates that the majority of cave sections maintain excellent air quality, meeting essential criteria for sustainable tourism development.

and airflow speed in the proposed exploited section. Results revealed a stable microclimate, with an average temperature of 17.2°C, relative humidity of 94.74%, and CO<sub>2</sub> concentration of 625.82 ppm, within health standards. The average negative ion concentration inside the cave was 5,370 particles/cm<sup>3</sup>, with a maximum value of 14000 particles/

cm<sup>3</sup>, significantly higher than the outside concentration. The cave's air comprehensive index (CI) was 7.73, well above the "cleanest" air quality level. These findings suggest that the cave is suitable for show cave development, with minimal risk of damage to cave formations or

ecosystems. This study proposes an exploratory framework for assessing the environmental suitability of air resource utilization in karst caves, which necessitates systematic refinement and empirical validation through future multidisciplinary investigations.

## Acknowledgments

This study was funded by the Guangxi Science and Technology Research and basic scientific research operational funds of development plan project of the Institute of Karst Geology, CAGS/Key.

## References

- PAN T W, SHI W Q, LIANG J P, et al. Influencing factors of the air environment in the Reed Flute Cave under the background of COVID-19 in Guilin[J]. *Carsologica Sinica*, 2021, 40(06): 1006-1013.
- Changsha Guosheng Tourism Planning Design Co., Ltd. Don't have a "cave" sky - looking at the upgrading of cave tourism from the explosion of cave exploration and amusement [EB/OL]. Beijing: Sohu.com, 2022-09-23. [https://www.sohu.com/a/587284744\\_121135419](https://www.sohu.com/a/587284744_121135419).
- YUAN D X, CAI G H. *Karst Environmental Science* [M]. Chongqing: Chongqing Press, 1988.
- PAN T W, SHI W Q, LI C Z, et al. Study on suitability of cave air environment and utilization in caves: a case study of Dacao tiankeng - red rose hall cave system[J]. *Geological Survey of China*, 2025,12(01):60-68.
- ZHANG Z P, YU Y J, MENG M H, et al. Progresses of aeroanion in tourism in tourism environments[J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2006, (01): 103-108.
- SUN J X. *Fundamentals of Atmospheric electricity* [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1987.
- WEI Y L, CHEN W H, LUO Q K, et al. Cave respiration and its impacting factors[J]. *Geological Science and Technology Information*, 2017, 36(04): 82-94.

# GGEO - PETAR Caboclos Project

Matheus Troan Dias Parra (1), André Athayde Gimenes (2), Camila Sayuri Kinoshita (1), Giovanni França Costa (1), Gustavo Vieira da Costa (2), Jóschuas Vieira da Silva (1), Larissa Balazina Malta, Rodrigues (1), Luís Felipe Guimarães Teixeira (2), Pedro Henriques da Cruz Maniuisis (1), Ricardo Angelim Pires Domingues (3)

(1) Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo; (2) Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo; (3) Alímini Consultoria Científica

## Abstract

Caboclos is an administrative subdivision of PETAR (Alto do Ribeira State Tourist Park) located in the extreme south of the state of São Paulo. The region has a lot of speleological potential that has not yet been studied, with several evidences of archaeological and paleontological sites and undiscovered and unmapped caves. This project aims to bring to light and understand this possible evidence, as well as map some caves.

## Resumo

Caboclos é uma subdivisão administrativa do PETAR (Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira) situada no extremo sul do estado de São Paulo, a região possui muito potencial espeleológico ainda não estudados com diversas evidências de sítios arqueológicos, paleontológicos e cavernas não descobertas e não mapeadas. Esse projeto tem como objetivo trazer à tona e entender essas possíveis evidências, bem como mapear algumas cavernas.

## 1. Introduction

Caboclos and Temimina are both administrative units of *Parque Estadual Turístico do Vale do Ribeira - PETAR (Touristic State Park of the Ribeira Valley)*, located in the south region of the State of São Paulo, Brazil. The location is widely known for its complex cave system associated with the meso to neoproterozoic carbonatic rocks that were uplifted in late mesozoic and in the beginning of the cenozoic period (Almeida & Carneiro, 1998).

Although the region is one of the most studied karst systems in Brazil, most of the research was and is made at Santana administrative unit, also the most popular place in the park for tourism (Cardoso & Carciattori, 2006).

The project aims to prepare maps to survey the speleological heritage of little-studied caves in the Caboclos nucleus, as well as identifying geographic regions to update databases that are more accessible to the public, mapping trails as well as team training.

This project's main objective is the topographic e structural mapping of Caverna da Onça - SP 703 which has a possible not identified archeological material and the photographic record to identify a possible unidentified Xenarthra fossil in Caverna Espírito Santo. Also the mapping of these trails and direction restrictions. Both Sambaqui and the possible Xernartha fossil from these caves were discovered on a GGEO expedition in 2020.

With a multidisciplinary team (geologists and biologists) of the GGEO speleology group, it will be possible to survey not only the morphology and geology of those carried out daily, but also their biodiversity. We will produce a list of animal species inside the caves and possible records of ecological characteristics of these species.

There is no prospect of collecting geological, biological, destroyed or paleontological material in this work, only photographs.

## 2. Materials and methods

Using simple topographic methods to measure closed spaces with laser tape measure, compass and clinometer we aim to draw a draft of innerspaces of some caves and then make an official digitized map. Collecting structural geology of those caves with Brunton type compass. 360° pictures of Temimina complex cave system using a proper 360° camera. Detailed track map to the main caves and also localization confirmation.

The project is approved at São Paulo State Environmental Secretariat and by the Park Secretariat.

One more field trip may occur to finish the Gruta da Onça cave mapping, also to identify a possible megafauna fossil and a possible archeological site.

## 3. Results

The expected results are a full map of Caverna da Onça - SP 703, 360° pictures of Temimina cave complex already available online worldwide at [www.kuula.com/profile/GGEOUSP](http://www.kuula.com/profile/GGEOUSP), structural geology data connected to the cave system, fauna list of some caves, pictures, identification of

a possible archeological site at Caverna da Onça and a possible megafauna (Xenarthra?) fossil at Gruta do Espírito Santo and detailed track map of some cave.

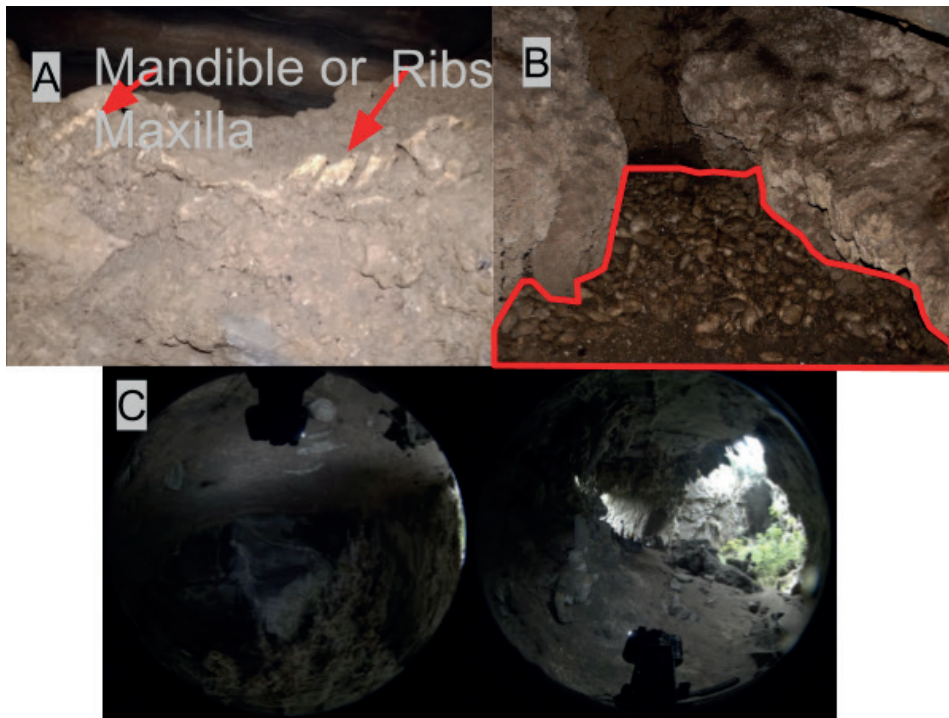


Figura 2: (A) Unidentified fossil at the Espírito Santo Cave - PETAR; (B) possible archeological site at Gruta da Onça; (C) 360° picture of Temimina 1 Cave.

## 4. Discussion

In 2019 a survey fieldwork were made, in 2024 the 2th fieldwork happened to aim the objectives of this project which were partial completed, with 360° pictures of Temimina complex cave, partial mapping and structural geology of Gruta da Onça, partial description of cave fauna and track mapping of the Temimina main track.

One more fieldwork may occur in 2025 to determine the possibilities of an archeological site, identifying a potential megafauna fossil, and to conclude the Caverna da Onça map.

This project also aims to trainee speleologies into real fieldwork, with proper instructions and how to work with results.

## 5. Conclusion

PETAR is one of the largest karst provinces in the country, but a significant portion of its caves has yet to be thoroughly mapped and studied.

The State Park is located within the largest continuous fragment of Atlantic Forest in Brazil and is close to major urban centers, which gives it immense ecotourism potential (Karmann & Ferrari, 2022.)

The survey of caves and cave-dwelling species is crucial for the conservation of this unique natural heritage. Assessing the tourist heritage is a vital preliminary activity, especially for planning public policies, and for this purpose, fieldwork is indispensable.

## Acknowledgments

We gratefully thank PETAR administration for the support, Universidade de São Paulo (USP) which also support the project and the GGEO speleology group.

## References

Fernando Flávio Marques de Almeida & Celso dal Ré Carneiro, 1998, Origem e Evolução da Serra do Mar: Revista Brasileira de Geociências, v. 28, p. 135–150.

Karmann, I.K., and Ferrari, J.A., 2002, Carste e Cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP: Sistemas de cavernas com

paisagens subterrâneas únicas: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, p. 401–413,

Missila Loures Cardozo & Patrícia Regina Rossi Caciattori, 2006, Comunicação integrada de marketing e impactos turísticos no PETAR: XXIX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, p. 1–13.

# O plano de manejo espeleológico do Buraco do Padre, Ponta Grossa (PR), Brasil

Henrique Simão Pontes (1), Jean Carlos Vargas (2), Rodrigo Aguilar Guimarães (3), Alvaro Fernandes Dias Filho (4)

(1) Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda., Curitiba (PR), Brasil, henrique@geodiversidade.com.br

(2) Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda., Curitiba (PR), Brasil, jean@geodiversidade.com.br

(3) Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda., Curitiba (PR), Brasil, rodrigo@geodiversidade.com.br

(4) Geo Turismo Ltda – Parque de Natureza Buraco do Padre, Ponta Grossa (PR), Brasil, alvaro@buracodopadre.com.br

## Resumo

Este trabalho apresenta um breve relato sobre o Plano de Manejo Espeleológico (PME) do Buraco do Padre, uma das mais importantes cavidades naturais subterrâneas do estado do Paraná, situada no município de Ponta Grossa, no interior do Parque Nacional dos Campos Gerais. Apesar de estar em uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral, o Buraco do Padre é administrado pela empresa Geo Turismo Ltda., proprietária da área denominada Parque de Natureza Buraco do Padre. Os estudos estão sendo realizados pela empresa Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda. e conta com 10 equipes temáticas compostas por 23 profissionais qualificados e com vasta experiência profissional em suas respectivas áreas. O PME do Buraco do Padre tem caráter pioneiro, uma vez que se trata da primeira cavidade arenítica situada em um Parque Nacional a ter este tipo de estudo no Brasil.

## Abstract

This work presents a brief report on the Speleological Management Plan (PME) of Buraco do Padre, one of the most important cave in the state of Paraná, located in the municipality of Ponta Grossa, within the Campos Gerais National Park. Despite being in a Full Protection Federal Conservation Unit, Buraco do Padre is managed by the company Geo Turismo Ltda., owner of the area called Buraco do Padre Nature Park. The studies are being carried out by the company Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda. and has 10 thematic teams made up of 23 qualified professionals with extensive professional experience in their respective areas. The Buraco do Padre PME has a pioneering nature, as it is the first sandstone cavity located in a National Park to have this type of study in Brazil.

## Resumen

Este trabajo presenta un breve informe sobre el Plan de Manejo Espeleológico (PME) del Buraco do Padre, una de las cavidades naturales subterráneas más importantes del estado de Paraná, ubicada en el municipio de Ponta Grossa, dentro del Parque Nacional Campos Gerais. A pesar de estar en una Unidad de Conservación Federal de Protección Total, Buraco do Padre es administrado por la empresa Geo Turismo Ltda., propietaria del área denominada Parque Natural Buraco do Padre. Los estudios están siendo realizados por la empresa Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda. y cuenta con 10 equipos temáticos compuestos por 23 profesionales calificados y con amplia experiencia profesional en sus respectivas áreas. El PME Buraco do Padre tiene carácter pionero, ya que es la primera cavidad de arenisca ubicada en un Parque Nacional que cuenta con este tipo de estudio en Brasil.

## 1. Introdução

O Buraco do Padre é um impressionante sistema de cavidades naturais subterrâneas desenvolvido em rochas da Formação Furnas (Siluriano/Devoniano da Bacia do Paraná), unidade composta predominantemente de quartzo-arenitos não-carbonáticos. Este sistema inclui duas dolinas, quatro conjuntos de fendas e duas cavernas, mas a porção de maior destaque é a Furna do Buraco do Padre (uma das duas dolinas existentes no local). Com 38 metros de profundidade, base medindo 32 x 25 m e abertura no teto medindo diâmetro de 18 x 12 m.

O rio Quebra-Pedra deságua no interior da furna a partir de um pequeno trecho subterrâneo anterior, formando uma cachoeira de 33 m de altura, com balneário na base. Esta conjunção de elementos naturais cria uma das mais belas paisagens subterrâneas do Sul do Brasil.

Devido a estas condições, o Buraco do Padre é considerado de

grande relevância pela comunidade científica, não apenas por conta da existência de várias pesquisas sobre o local, mas especificamente por ter sido classificado como um geossítio no Inventário do Patrimônio Geológico do Paraná (Xavier, 2022), que além de ratificar seu valor científico, foram caracterizados o potencial turístico e educativo neste importante elemento da geodiversidade da região dos Campos Gerais, situado em Ponta Grossa/PR, no interior do Parque Nacional dos Campos Gerais.

Há décadas o local recebe visitantes de várias regiões do Brasil e de outros países, mas foi a partir do ano de 2015 que os proprietários da área iniciaram um projeto relevante para a conservação deste sistema de cavidades, e criaram o Parque de Natureza Buraco do Padre (PNBP). Desde então, cada vez mais, novas ações têm sido realizadas no sentido de gerar melhores condições para o turismo desenvolvido no local e,

consequentemente, garantir o uso sustentável dos aspectos naturais e culturais da área em questão.

Neste sentido, à partir do ano de 2023 iniciou-se uma série de tratativas entre as empresas Geo Turismo Ltda. (gestora do PNBP), a Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda. (prestadora de serviços de consultoria, especializada em geoconservação e espeleologia) e o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), órgão interno responsável pela espeleologia no âmbito do Instituto

Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), instituição que promove a conservação da natureza no Brasil. As articulações entre estas instituições tiveram como objetivo dar início ao Plano de Manejo Espeleológico (PME) do Buraco do Padre.

Este resumo tem como objetivo apresentar um relato acerca do andamento deste PME, destacando as etapas administrativas e técnicas desta importante e pioneira experiência de gestão do patrimônio espeleológico paranaense.

## 2. Materiais e Métodos

A primeira etapa para o desenvolvimento do Plano de Manejo Espeleológico do Buraco do Padre teve início com as conversas entre as empresas Geo Turismo Ltda. e Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda. Neste momento buscou-se o alinhamento de objetivos e do plano de trabalho para obtenção de informações e orientações junto ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio).

A segunda etapa envolveu a realização de reuniões com os servidores do Núcleo de Gestão Integrada (NGI) dos Campos Gerais do ICMBio. O Buraco do Padre situa-se dentro do Parque Nacional dos Campos Gerais, uma unidade de conservação de Proteção Integral, situação que impõe limitações a diferentes ações e usos da área.

A terceira etapa constituiu em uma consulta via protocolo no Sistema Eletrônico de Informações (SEI) ao CECAV afim de obter uma revisão do Termo de Referência (TdR) padrão de PME (CECAV, 2025) para as cavidades naturais subterrâneas brasileiras, com o intuito de buscar as indicações detalhadas sobre quais estudos deveriam ser realizados no Buraco do Padre, considerando suas especificidades. Uma vez que

servidores do CECAV/ICMBio visitaram o local no ano de 2022, a equipe da empresa Geodiversidade considerou que pela experiência prática e teórica dos servidores do referido órgão, somado com o fato de que eles conheceram a cavidade subterrânea em questão, facilitaria a definição de um TdR específico para o PME, adequado à realidade presente no local.

Após parecer do CECAV/ICMBio, apontando os ajustes em um TdR específico e indicando a importância de realização do referido PME, a quarta etapa envolveu a liberação do NGI dos Campos Gerais para o início dos estudos.

A quinta etapa foi a articulação e contratação das equipes técnico-científicas formadas por pesquisadores, pesquisadoras e especialistas das mais diversas áreas para o desenvolvimento dos estudos no Buraco do Padre.

A sexta etapa consiste na fase atual do PME, obtenção das Autorizações de Pesquisa nas Unidades de Conservação Federal (UC's), denominadas de licenças SISBIO, e o de execução da caracterização dos meios físico e biológico, dos aspectos culturais e socioeconômicos.

## 3. Resultados

O Termo de Referências (TdR) do PME do Buraco do Padre inclui 11 tópicos principais a serem desenvolvidos (introdução, objetivo geral, área de estudo, métodos, caracterização socioambiental, análise integrada, avaliação integrada dos impactos ambientais, zoneamento espeleológico, programas de gestão e manejo, projetos especiais e, guia de aplicação do plano de manejo espeleológico - simples e sintético).

No tópico de caracterização socioambiental, os estudos serão desenvolvidos em três eixos temáticos principais, sendo : 1) meio físico (Geologia; Geomorfologia; Hidrografia; Microclimatologia; Riscos Geoambientais - Avaliação e Diagnóstico) ; 2 meio biótico (Flora e Fauna - incluindo herpetofauna, ornitofauna, invertebrados terrestres, macroinvertebrados bentônicos e espécies de dipteros com vetores de doenças) e; meio socioeconômico (Arqueologia; Patrimônio Histórico e Cultural (material e imaterial) e; Turismo (Visitação).

O PME está sendo executado pela empresa Geodiversidade Soluções

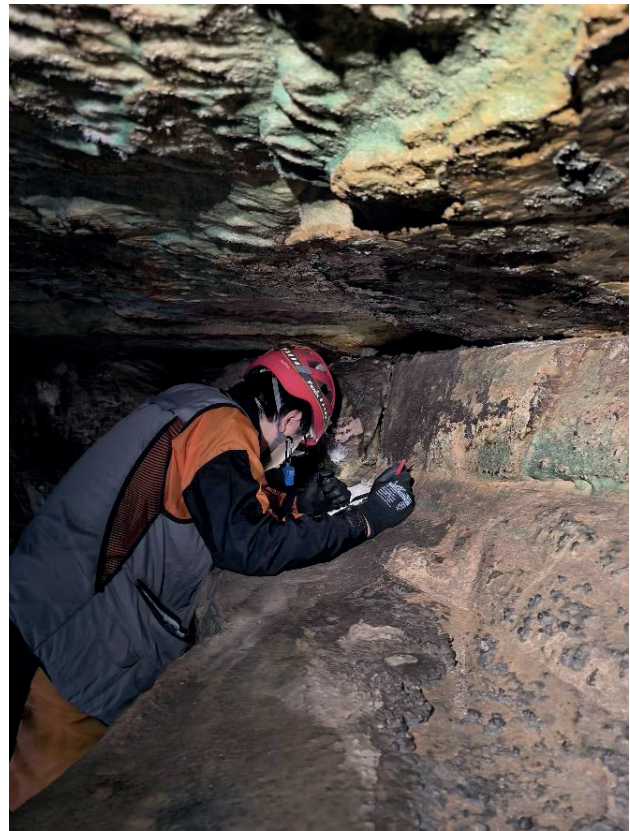
Geológicas Ltda., prestadora de serviços de consultoria especializada em geoconservação e espeleologia. Conta com 10 equipes temáticas (Geodiversidade, Geoconservação, Climatologia, Geotecnia e Riscos Geológicos/Hidrológicos, Flora, Invertebrados Bentônicos, Invertebrados terrestres, Avifauna, Herpetofauna e Socioeconômica), totalizando 23 profissionais qualificados e com vasta experiência profissional em suas respectivas áreas.

Algumas equipes já foram à campo, a exemplo da Geotecnia e Riscos Geológicos/Hidrológicos, Flora, Invertebrados Bentônicos, Herpetofauna, Invertebrados Terrestres e Geodiversidade (Figura 1, 2 e 3). Dentre os principais produtos finalizados está o mapeamento espeleológico atualizado e detalhado de todo o sistema de cavidades do Buraco do Padre, bem como um diagnóstico detalhado dos riscos geotécnicos e hidrológicos, com a respectiva indicação do plano de trabalho para estas temáticas.

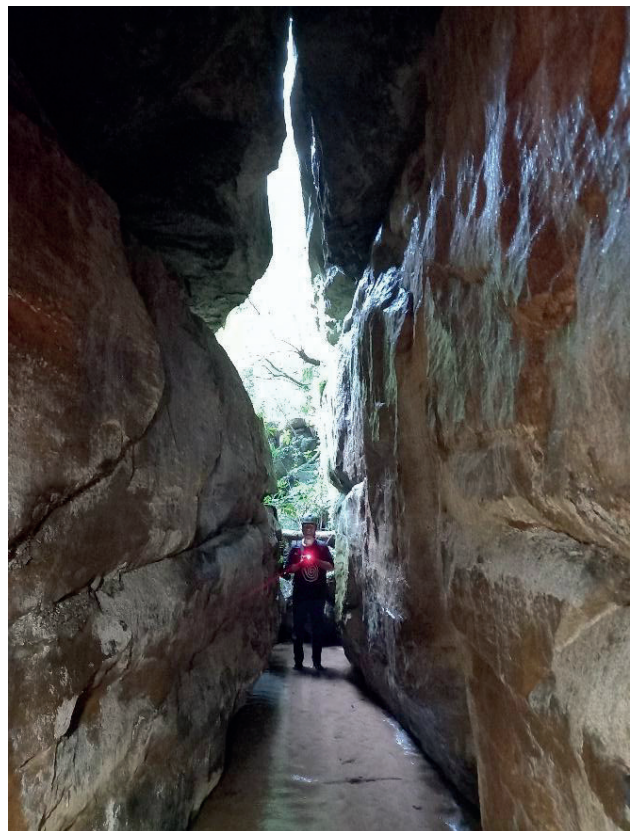


*Figura 1: furna do Buraco do Padre, com cachoeira e balneário formado pelo Rio Quebra-Pedra. Um dos principais pontos turísticos do Paraná (foto: Henrique Simão Pontes).*

Cabe destacar que, com uma visão de vanguarda, o PME na Furna Buraco do Padre irá promover como resultado, a estruturação de uma Estratégia de Geoconservação Escalável (Vargas e Guimarães, 2024). O intuito é que na futura gestão deste patrimônio geológico, cientificamente reconhecido (Melo, Lopes e Boska, 2009; Xavier, 2022), sejam considerados programas específicos que contemplem o campo do saber da geoconservação, o que atualmente não é solicitado no TdR padrão para Planos de Manejo Espeleológico do CECAV/ICMBio.



*Figura 2: registro da campanha para estudos de invertebrados terrestres (foto: Henrique Simão Pontes).*



*Figura 3: etapa de mapeamento do sistema subterrâneo da Furna do Buraco do Padre (foto: Henrique Simão Pontes).*

## 4. Discussão

O geossítio Buraco do Padre permite compreender a evolução geológica da região e apresenta forte potencial científico, educativo e turístico, que utilizado de forma inteligente e sustentável pode trazer benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Além das questões de segurança, a gestão e respectiva governança de atrativos turísticos de natureza ganham mais importância e responsabilidades quando esses locais possuem legislação específica. O Buraco do Padre é um atrativo natural conceituado como cavidade natural subterrânea e comumente conhecido na região dos Campos Gerais como “Furna ou Caverna”. Essas furnas, seus elementos bióticos e abióticos associados são considerados bens da União pela Constituição Brasileira de 1988, conforme definido em seu artigo 20, assim como outros recursos naturais, como lagos, rios, praias, ilhas fluviais e marítimas, jazidas minerais, etc.

Como tal, são regulamentadas por procedimentos e orientações específicas relativamente ao uso sustentável deste patrimônio natural como em processos de licenciamento ambiental, mergulho em cavernas, pesquisas científicas, visitas pedagógicas, espeleoturismo, entre outras atividades.

A Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 347/2004 impõe aos empreendimentos ou atividades de caráter turístico, religioso ou cultural que utilizem o

ambiente constituído pelo patrimônio espeleológico a realização do Plano de Manejo Espeleológico (PME), documento técnico-científico que define o zoneamento e as normas para garantir o manejo das cavernas e seus elementos abióticos e bióticos, bem como orienta a implantação da infraestrutura e ações necessárias para o uso.

No contexto do Buraco do Padre, o PME é o instrumento mais adequado e completo para garantir a segurança das atividades desenvolvidas dentro e no entorno direto da referida cavidade, como também para a proteção e conservação dos elementos abióticos e bióticos do ambiente subterrâneo. Além disso, esse documento técnico-científico deverá definir as diretrizes de gestão e manejo, orientando e fornecendo segurança ao gestor para as tomadas de decisões e definições de ações e projetos de infraestrutura para o uso do referido ambiente, garantindo o planejamento estratégico a curto, médio e longo prazo.

Nesse contexto, a elaboração e implantação de Planos de Manejo Espeleológico, no âmbito da legislação e das políticas públicas no Brasil, é a forma mais adequada de assegurar o uso sustentável de uma cavidade natural subterrânea para fins turísticos. É por meio de seus estudos e apontamentos que se resguarda a necessidade de conservação ambiental atrelada ao desenvolvimento local responsável.

## 5. Conclusão

O Plano de Manejo Espeleológico do Buraco do Padre tem caráter pioneiro, uma vez que se trata da primeira cavidade arenítica situada em um Parque Nacional a ter este tipo de estudo no Brasil. A execução de um Plano de Manejo Espeleológico, vinculado a uma Estratégia de Geoconservação, garante a correta governança ambiental, social e econômica para o empreendedor, bem como a segurança para as partes envolvidas que utilizam e usufruem da experiência em visitas

nos ambientes subterrâneos. Com isso, amplia-se a oportunidade de conhecimento destes locais e, por consequência, o apreço e aprendizado sobre eles. Assim, são ampliadas as oportunidades para a futura perpetuação da importância de conservação, seja das cavidades naturais, seja de outros elementos naturais, os quais intrinsecamente possuem vínculos culturais, criados durante a evolução dos processos ambientais e sua direta relação com a sociedade.

## 6. Referências

XAVIER, F. C. B. (2022). Inventário do patrimônio Geológico do Paraná. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental, linha de pesquisa: Geoconservação e Patrimônio Geológico) Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba – PR. 427p. Recuperado de <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/77531>

MELO, M.S.; LOPES, M.C.; BOSKA, M.A. (2009). Furna do Buraco do Padre, Formação Furnas, PR – Feições de erosão subterrânea em arenitos devo-

nianos da Bacia do paran. p 47-56. [online] Disponível em: [https://sigep.eco.br/sitio110/sitio110\\_impreso.pdf](https://sigep.eco.br/sitio110/sitio110_impreso.pdf). Acessado em 27 de janeiro de 2025.

VARGAS, J.C.; GUIMARES, G.B. (2024). ESTRATEGIA DE GEOCONSERVAAO ESCALAVEL: uma proposta de implementaao de geossitios. p 326. ANAIS do 51 Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte/MG. [online] Disponível em: <https://51cbg.com.br/site/cbg2024/anaiss>. Acessado em 27 de janeiro de 2025.

# Potencial Turístico do Patrimônio Espeleológico do Parque Nacional das Sempre-Vivas e do Parque Estadual da Serra do Cabral

Raquel Scalco (1), Vitória Melo (2), Hugo Araújo (3), Simone Fonseca (4) & Jarbas Alcântara (5)

(1) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5.000, Diamantina, Brasil, raquel.scalco@ufvjm.edu.br.

(2) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5.000, Diamantina, Brasil, melo.vitoria@ufvjm.edu.br.

(3) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5.000, Diamantina, Brasil, hugo.araujo@ufvjm.edu.br.

(4) ICMBio, Parque Nacional das Sempre-Vivas, Beco da Paciência, 166, Diamantina, Brasil, simone.fonseca@icmbio.gov.br

(5) Instituto Estadual de Florestas (IEF). Parque Estadual da Serra do Cabral, jarbas.alcantara@meioambiente.mg.gov.br.

## Resumo

O espeleoturismo proporciona momentos de contemplação e satisfação aos visitantes, além de poder contribuir para a proteção do patrimônio espeleológico e para a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais. O objetivo dessa pesquisa de Iniciação Científica foi identificar e avaliar o potencial turístico do patrimônio espeleológico do Parque Nacional das Sempre-Vivas (PNSV) e do Parque Estadual da Serra do Cabral (PESC) e avaliar a possibilidade proposição de roteiros turísticos nestas unidades de conservação (UCs). Foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos: pesquisa bibliográfica e documental; trabalhos de campo com visita às cavidades e utilização de formulários de Inventário da Oferta Turística, câmera fotográfica, GPS e aplicativo Avenza; tabulação dos dados; e produção de mapas. Foram inventariadas doze cavidades naturais no PESC e onze cavidades no PNSV. As UCs apresentam grande potencial em relação a proposição de roteiros de espeleoturismo, pois oferecem possibilidades de explorar e valorizar os atrativos turísticos, as cavidades naturais e os sítios arqueológicos. No entanto, é imprescindível que sejam realizados estudos complementares para uma avaliação mais precisa dos impactos do uso público, afim de orientar o uso responsável dessas áreas sensíveis; e a elaboração do plano de manejo espeleológico, para assegurar a preservação desse patrimônio.

## Abstract

Cave tourism provides visitors with moments of contemplation and satisfaction, in addition to contributing to the protection of speleological heritage and improving the quality of life for local communities. The objective of this Scientific Initiation research was to identify and assess the tourism potential of the speleological heritage of the Sempre-Vivas National Park (PNSV) and the Serra do Cabral State Park (PESC) and to evaluate the possibility of proposing tourist itineraries in these conservation units (CUs). The following methodological procedures were used: bibliographic and documentary research; fieldwork with visits to the caves and the use of Tourist Offer Inventory forms, a camera, GPS, and the Avenza app; data tabulation; and map production. Twelve natural caves were inventoried in PESC and eleven in PNSV. The conservation units show great potential for the development of cave tourism itineraries, as they offer opportunities to explore and enhance tourist attractions, natural caves, and archaeological sites. However, it is essential to conduct complementary studies for a more precise assessment of the impacts of public use, in order to guide the responsible use of these sensitive areas and the development of a speleological management plan to ensure the preservation of this heritage.

## 1. Introdução

A Resolução CONAMA nº347 (2004, art. 2º, III) define o patrimônio espeleológico como: “o conjunto de elementos bióticos e abióticos, socioeconômicos e históricos-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associadas”. Esse tipo de patrimônio precisa ser protegido e preservado devido à sua fragilidade e relevância para a pesquisa científica, conservação da biodiversidade, bem como pelo seu potencial educativo e turístico.

O espeleoturismo, para Lobo (2014), pode ser considerado:

“Um segmento turístico que busca atingir de forma equilibrada a conservação das cavidades naturais, a conscientização e satisfação de todos os envolvidos no processo turístico e o desenvolvimento econômico

local. Utiliza para tanto o patrimônio espeleológico, aproveitando as particularidades do ambiente por meio de propostas de diferenciação mercadológica” (Lobo, 2014, p.71).

Assim, o espeleoturismo pode proporcionar uma interessante experiência aos turistas e visitantes de UCs, além de poder contribuir para a proteção do patrimônio espeleológico e para o desenvolvimento das comunidades locais (Lobo, 2015).

Desta forma, o primeiro passo é conhecer o patrimônio espeleológico e a legislação pertinente para se pensar em propostas de aproveitamento ou não de tal potencial para atividades turísticas.

Esta pesquisa de iniciação científica foi desenvolvida durante o ano

de 2024, por meio de parceria entre a UFVJM, o ICMBio e o IEF, e esteve vinculada a um projeto maior, intitulado “Investigando o Patrimônio Espeleológico no Mosaico do Espinhaço”, aprovado no âmbito do Edital de Chamada Pública 02/2023, do Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica - TCCE n° 01/2022, celebrado entre o ICMBio e a Vale S.A.

O PESC e o PNSV integram o Mosaico de Áreas Protegidas do Espinhaço: Alto Jequitinhonha-Serra do Cabral, localizados em Minas Gerais, na região da Serra do Espinhaço e estão marcados no mapa da figura 1, abaixo, com os números 1 e 2, respectivamente.

Dado o potencial do patrimônio espeleológico presente na Serra do Espinhaço, este projeto teve o objetivo de identificar o potencial turístico do patrimônio espeleológico de tais UCs e a possibilidade de implan-

tação de roteiros turísticos temáticos nos parques analisado. Para isso, foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos: pesquisa bibliográfica e documental, trabalhos de campo para inventariação das cavidades e para análise da possibilidade de proposição de roteiros turísticos, análise e processamento das informações, e elaboração de mapas. Como resultados finais, espera-se ter contribuído com a gestão do turismo em cavernas no PNSV e no PESC, para a difusão de conhecimentos sobre o tema, além de promover discussões sobre ações de manejo e conservação do patrimônio espeleológico com foco no turismo e na arqueologia, nas UCs diretamente envolvidas na presente pesquisa, localizadas no Mosaico do Espinhaço.

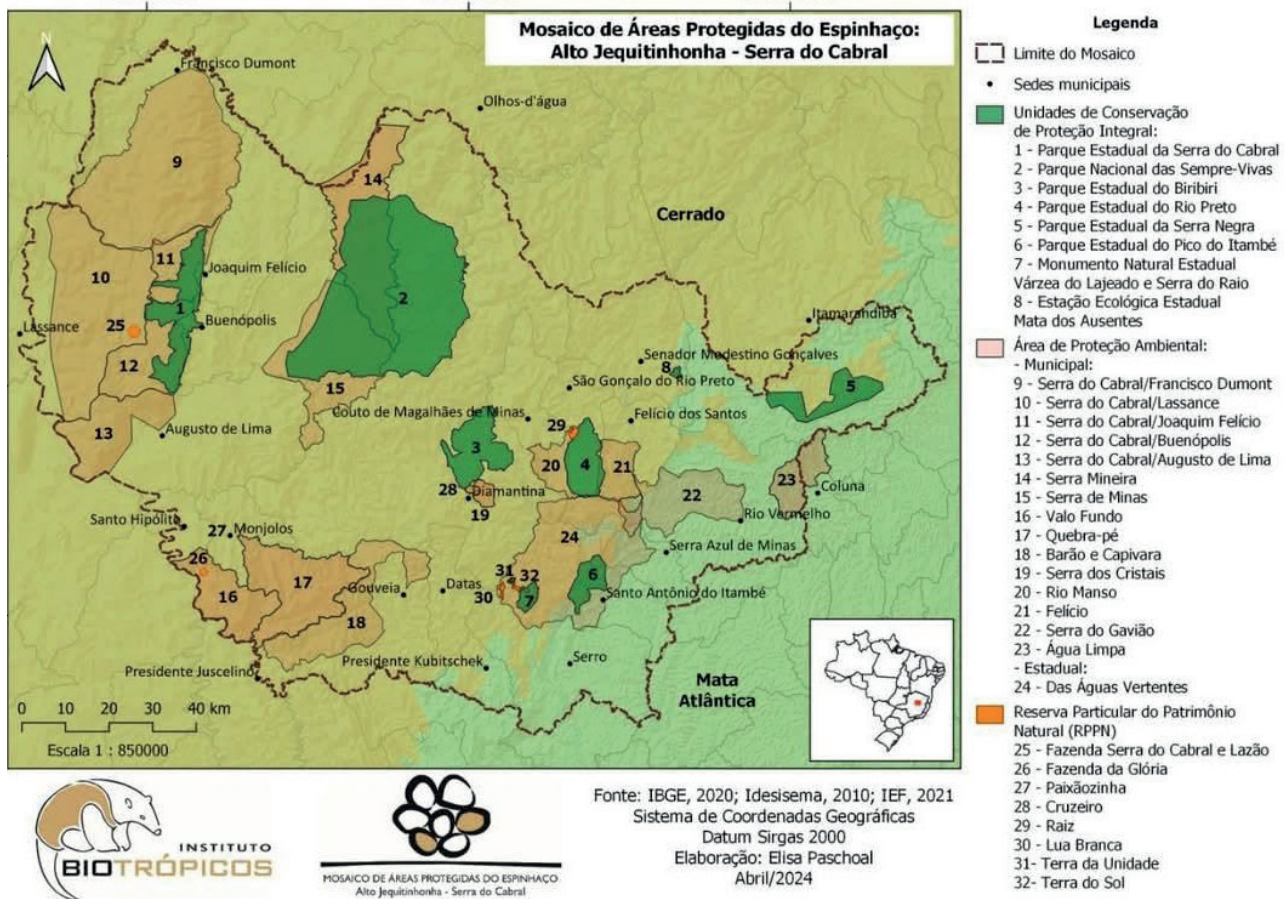


Figura 1: Mapa do Mosaico de Áreas Protegidas do Espinhaço: Alto Jequitinhonha – Serra do Cabral, indicando a localização do PESC e do PNSV  
Fonte: Paschoal, 2024.

## 2. Materiais e Métodos

A pesquisa possui caráter qualitativo, que para Godoy (1995) é aquela que possui foco e questões de interesses amplos, envolvendo a obtenção de dados descritivos sobre lugares, pessoas e processos interativos, através do contato direto do pesquisador com a situação estudada. A pesquisa caracteriza-se, do ponto de vista de seus objetivos, como pesquisa exploratória e descritiva, fazendo o levantamento inicial e a descrição do potencial turístico espeleológico das UCs. E do ponto de vista de sua natureza, caracteriza-se como pesquisa aplicada, uma vez que tem como finalidade gerar conhecimentos para aplicação e modificação da realidade analisada. Assim, para o desenvolvimento da pesquisa foram previstas as etapas metodológicas descritas a seguir.

Pesquisa bibliográfica e documental, para a formação do arcabouço teórico que dá sustentação à pesquisa e para a caracterização da área

de estudo, pesquisando sobre os seguintes temas: gestão e uso público em UCs, potencial turístico, roteiro turístico, legislação espeleológica no Brasil, patrimônio espeleológico e o contexto dos parques analisados.

Realização de trabalhos de campo com o objetivo de inventariar, coletar dados e informações relevantes sobre as cavidades naturais, coletar informações adicionais e validar os dados obtidos na pesquisa documental. Esta etapa teve início em maio e terminou em agosto de 2024. Foram coletados dados sobre as cavidades utilizando-se de formulários propostos pela metodologia do Inventário da Oferta Turística (IOT) do Ministério do Turismo (Brasil, Ministério do Turismo, 2011).

Foram utilizados, também, como instrumentos para a coleta de dados, a câmeras fotográficas, para registro de imagens das cavidades naturais e dos atrativos turísticos; o GPS para coleta de informações

georreferenciadas dos locais visitados, trena à laser, para as medições necessárias; e aplicativos de geolocalização para smartphone (Avenza). As atividades de campo foram viabilizadas com recursos do Projeto “Investigando o Patrimônio Espeleológico no Mosaico do Espinhaço”, e contou com o apoio logístico do ICMBio e IEF. Após cada trabalho de campo, os dados levantados foram digitalizados e os formulários dos atrativos foram formatados.

A análise de dados foi feita por meio da interpretação dos dados coletados por meio dos formulários do IOT e demais instrumentos supracitados e a apresentação dos resultados foi feita por meio de um construto de interpretação, uso de tabelas, quadros e mapas.

### 3. Resultados

A proteção do Patrimônio Espeleológico foi inserida na Constituição Federal, em 1988 (Brasil, 1998), assegurando o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Assim, uma cavidade natural pode ser considerada patrimônio em diferentes categorias:

“[...] cavernas não apresentam apenas valores cênicos e paisagísticos. Apresentam um rico conjunto de elementos bióticos, climáticos, paleontológicos e geológicos por vezes atípicos, o que justifica enquadrá-las com patrimônio natural. Podem, também, conforme o caso, serem consideradas patrimônio cultural, histórico e arqueológico, dada a diversidade de características naturais, históricas e culturais que apresentam” (Lobo; Boggiani, 2013, p.190).

Desta forma, o patrimônio espeleológico pode ser compreendido como o conjunto de ocorrências geológicas, considerados bens da União, como as lapas e os abrigos, as cavernas, cânions, tocas, entre outras formações sob rocha.

Assim, para analisar o potencial turístico do patrimônio espeleológico do PESC, foram inventariadas, no total, doze cavidades, indicadas pelo gestor da UC, considerando o potencial de atratividade das mesmas, que seguem destacadas no mapa da figura 2, à baixo.

Destaca-se que há grande incidência de patrimônio espeleológico em diferentes áreas do parque e que podem existir outras cavidades ainda não descobertas e catalogadas com potencial para o desenvolvimento do espeleoturismo na UC.

Já no PNSV as cavidades inventariadas também foram indicadas pelo ICMBio, tendo sido inventariadas onze cavidades naturais e dois atrativos naturais próximos à elas, na região sul do Parque, como visto no mapa da figura 3. Esta parte da UC foi selecionada por possui maior visitação turística devido à trilha da Travessia entre Inhaí e Curimataí, de cerca 55Km, cortando a UC de Leste à Oeste.

O mapa das cavidades naturais inventariadas no PNSV também demonstra que há grande incidência de cavidades naturais e de patrimônio espeleológico nesta área do parque, podendo indicar a existência de outras cavidades naturais que ainda não foram descobertas, com possível potencial para o espeleoturismo, em outras partes da UC. Neste sentido, são necessárias pesquisas adicionais em ambas UCs para uma avaliação mais precisa de seu potencial espeleológico para o desenvolvimento de atividades turísticas.

Sobre a proposta de roteirização turística, os resultados apontam para a existência de roteiros já comercializados no PESC e da possibilidade de ampliação da trilha da Travessia para abranger algumas cavidades no PNSV. Ademais aponta-se para a necessidade de estudos adicionais para avaliar os riscos da implantação dos mesmos nas duas UCs.

Na sequência, foi feita uma abordagem descritiva e exploratória dos dados coletados, e foram adotando critérios para a avaliação do potencial turístico das cavidades naturais.

Por fim, foi feita a análise dos dados para a estruturação de um documento final com os resultados da pesquisa (Melo, Scalco & Araujo, 2025), tendo como parâmetro o alcance dos objetivos propostos.

Além disso, foram produzidos mapas com os atrativos visitados e possíveis propostas de roteiros a serem implementados futuramente, após a conclusão de estudos mais complexos para a elaboração dos planos de manejo espeleológicos das cavidades a serem futuramente abertas à visitação.

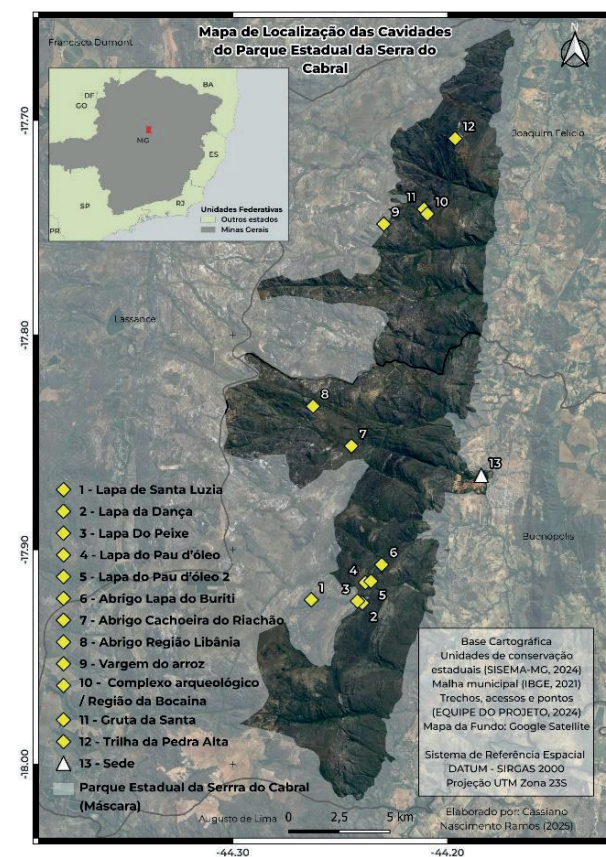


Figura 2: Mapa de localização das cavidades no PESC. Fonte: Elaboração pela equipe do projeto, 2025

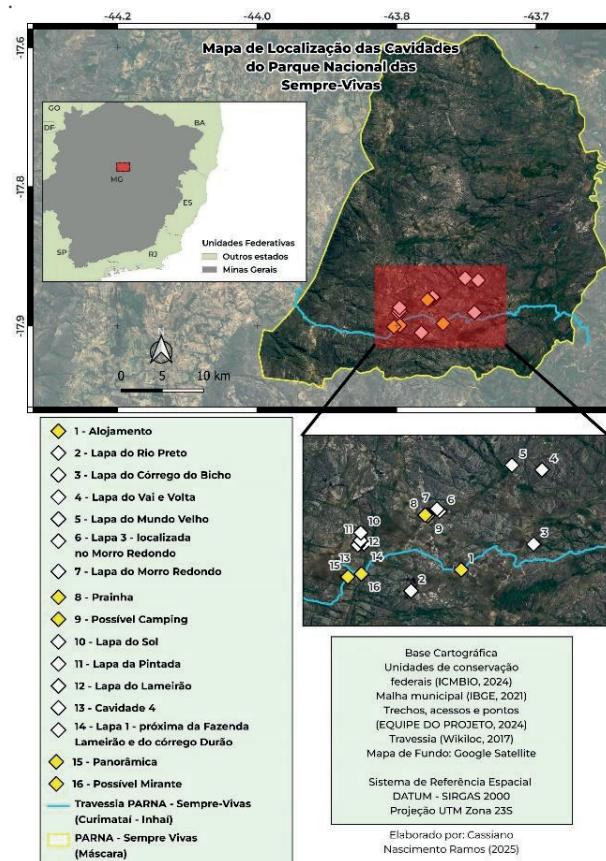


Figura 3: Mapa de localização das cavidades no PNSV. Fonte: Elaboração pela equipe do projeto, 2025.

## 4. Discussão

No que se refere às análises realizadas sobre o PESC, as cavidades naturais inventariadas foram encontradas em rochas metassedimentares quartzíticas, típicas da Serra do Espinhaço, sendo que muitas delas apresentam perfil litoestratigráfico e resquícios de paleodunas.

O acesso às cavidades é realizado por meio vias de acesso não pavimentadas, seguidas de trilhas de grau leve de dificuldade, de até, no máximo, setecentos metros, sendo possível estacionar o veículo na entrada das trilhas dos atrativos. No entanto, não há sinalização turística, indicativa ou interpretativa nos locais visitados.

Destaca-se, também, que no PESC não há infraestrutura de visitação ou acessibilidade, como decks, corrimão, banheiros, rampas, escadas, entre outros, nos atrativos inventariados.

Apenas duas, de doze cavidades naturais inventariadas no PESC, não apresentaram pinturas rupestres: a Gruta de Santa Luzia e a Gruta da Santa (região da Bocaina). Foram identificadas pinturas em técnica de creon e pinturas rupestres policrômicas, apresentando grafismos com representações zoomorfas (com formas de animais) e antropomorfas (com formas humanas), além daquelas com linhas, traços e formas geométricas.

Algumas pinturas apresentam desplaquetamento e alguns painéis de pinturas rupestres possuem sobreposição com grafismos alfanuméricos recentes em carvão, além de vestígios, em algumas cavidades, do uso antrópico por comunidades locais (caçadores, coletores de flores, garimpeiros) e até mesmo por pessoas que buscam estes locais à lazer. Mas, em geral, as cavidades apresentam de bom a muito bom estado de conservação.

Os sítios arqueológicos inventariados no PESC possuem vestígios líticos elaborados por meio da técnica de lascamento, e alguns sítios arqueológicos contam com câmara trap, para registro fotográfico da fauna local.

Algumas cavidades já fazem parte de roteiros turísticos existente, como o Abrigo Cachoeira do Riachão, que faz parte da “Trilha das Marianas”; e as cavidades Lapa da Dança, Lapa do Peixe e Lapa de Santa Luzia, que fazem parte da “Trilha Descobrimdo o Cabral” e todas elas já possuem visitação turística, de forma espontânea e não organizada.

Para fins de priorização dos atrativos inventariados e que possam fazer parte de uma proposta de roteirização turística com temática espeleológica no PESC, destaca-se que formam considerando os seguintes parâmetros de análise: a complementaridade entre atrativos turísticos próximos às cavidades analisadas; o acesso às cavidades; e a beleza cênica das mesmas. Assim, cada cavidade foi classificada em uma escala de um a três, sendo a classificação um, adotada para cavidades de maior relevância e potencial turístico; e 3, as cavidades de menor relevância e potencial turístico. Considerando-se esses aspectos, 6 cavidades naturais do PESC foram classificadas com atratividade grau 1; 3 cavidades com grau 2; e 2 cavidades com grau 3 de atratividade no PESC.

Além do próprio potencial do parque e das cavidades naturais por si só, dada a sua beleza cênica, paisagística e importância arqueológica, os paredões das cavidades Lapa da Pedra Alta e da região da Vargem do Arroz apresentam potencial para a prática de escalada e boulder, desde que não sobreposto às pinturas rupestres. Além disso, o parque possui grande potencial para trilhas interpretativas e educativas, destacando-se os seguintes segmentos turísticos com maior potencial de desenvolvimento: ecoturismo, espeleoturismo, turismo científico e turismo pedagógico. Ressalta-se que nesta UC já existem roteiros turísticos sendo comercializados, apesar da necessidade de estudos mais aprofundados e a elaboração do plano de manejo espeleológico das cavidades, para a efetiva abertura das mesmas ao uso público responsável.

Já no PNSV, as cavidades inventariadas também foram encontradas em rochas metassedimentares quartzíticas, típicas da Serra do Espinhaço, e muitas delas apresentam perfil litoestratigráfico e resquílios de paleodunas.

O acesso ao Parque e às cavidades, em grande parte, é realizado por meio de vias de acesso não pavimentadas, algumas em estado precário de conservação, seguidas de trechos de trilhas não pavimentadas de grau leve à semi-pesado, de até, no máximo, três quilômetros. É possível estacionar o veículo na entrada da trilha e não há sinalização turística, indicativa ou interpretativa nos locais analisados. Destaca-se que, para acessar a base de apoio do PNSV e para o deslocamento em seu interior, faz-se necessária a utilização de veículos traçados 4x4. A distância dos atrativos visitados à Diamantina influencia bastante no potencial turístico e na atratividade dos mesmos, uma vez que de Diamantina até o alojamento do PNSV existe uma distância de cerca de 70 quilômetros, com estrada de terra ruim, percorrida em cerca de 2 horas e meia, em veículo 4x4. Frisa-se que não há infraestrutura de visitação ou acessibilidade nas cavidades inventariadas, tais como decks, corrimão, rampas, escadas, banheiros, entre outros.

Apenas duas, de onze cavidades naturais inventariadas, não apresentaram pinturas rupestres no PNSV, sendo elas a Lapa do Mundo Velho e a Caverna 4.

Foram identificadas pinturas em técnica de creon, apresentando grafismos com representações zoomorfas e antropomorfas. Algumas pinturas rupestres também apresentam deslaquetamento e alguns painéis possuem sobreposição com grafismos alfanuméricos recentes em carvão, além de vestígios, em algumas cavidades, do uso antrópico pelas comunidades locais (caçadores, coletores de flores, garimpeiros). Em geral, as cavidades apresentam um bom estado de conservação, exceto aquelas com grafismos alfanuméricos sobrepostos às pinturas. Assim, são necessários estudos mais aprofundados sobre as relações de uso a longo prazo desses locais, evidenciando a necessidade de monitoramento destas áreas.

Sobre o potencial de atratividades das cavidades naturais do PNSV, destaca-se que 5 cavidades naturais foram classificadas com atratividade grau 1; 5 cavidades com grau 2; e 1 cavidades com grau 3 de atratividade.

Nenhuma cavidade inventariada no PNSV faz parte de roteiro turístico já comercializado, no entanto, há uma perspectiva de que a trilha de Travessia entre Inhaí e Curimataí possa incluir algumas cavidades inventariadas neste estudo, especialmente aquelas do complexo arqueológico da Fazenda Lameirão. As cavidades localizadas nesta região possuem grande potencial para trilha interpretativa, mas há também a necessidade de estruturação e sinalização das mesmas.

Além da análise das próprias cavidades, no PNSV foi feita uma análise das trilhas até os locais onde as cavidades estão localizadas, no sentido

## 5. Conclusão

Com o desenvolvimento da presente pesquisa foi possível identificar o potencial turístico do patrimônio espeleológico do PESC e do PNSV e avaliar a possibilidade de implantação de roteiros turísticos temáticos nas mesmas. Foram produzindo novos conhecimentos e geradas contribuições à gestão das UCs no que concerne à implementação do uso público e da utilização do patrimônio espeleológico para fins turísticos. Ademais, a pesquisa contribuiu com o avanço nos estudos necessários para o planejamento e implantação do espeleoturismo de forma responsável e favoreceu o processo de ensino-aprendizagem dos membros da equipe, atingindo, assim, os objetivos propostos.

A atividade turística em cavernas é uma prática recorrente e recente e que vem ganhando visibilidade no contexto turístico nacional e internacional. Assim, considera-se que o conjunto de normas legais sobre a temática é indispensável para a proteção do patrimônio espeleológico, sendo que, no Brasil, desde a década de 80, a legislação relativa à espeleologia vem se aprimorando, reunindo diferentes instrumentos legais sobre o assunto.

de adequar a trilha da Travessia, possibilitar acesso ao caminhante a áreas com cavidades naturais, além de verificar possibilidades de acesso mais rápido à algumas áreas.

A conclusão destas análises aponta para a possibilidade de se implantar um roteiro turístico interligando as cavidades existentes na região da Fazenda Lameirão, no formato de circuito, incluindo as cavidades Lapa do Sol, Lapa da Pintada, Lapa do Lameirão, Cavidade 4 e Lapa 1, incluindo as pinturas rupestres, cachoeirinha e pocinhos do Córrego Durão. Esta proposta poderia incluir um roteiro interpretativo, como um braço da trilha da Travessia, trabalhando questões arqueológicas, botânicas, históricas, comunidade tradicional de apanhadores de flores, entre outros aspectos. Além disso, existem complexos arqueológicos com a formação de cavidades próximas uma das outras, o que contribui para a proposta de um roteiro turístico na região da Fazenda Lameirão.

Por fim, apesar do potencial turístico identificado nas duas UCs analisadas e da necessidade de mais pesquisas para conhecimento sobre outras cavidades existentes nas mesmas, é necessário considerar que é imprescindível a elaboração do Plano de Manejo Espeleológico, e estudos complementares em relação ao patrimônio espeleológico e arqueológico das cavidades e sítios que ainda não foram escavados. Segundo Linhares (2004) o plano de manejo será um instrumento de planejamento que, por meio do estudo das intervenções propostas, poderá fomentar o conhecimento e a resiliência do ecossistema cavernícola, possibilitando seu controle e monitoramento. O autor ainda complementa:

“Para a utilização ecoturística de qualquer ativo natural, é necessário antes conhecer cientificamente seu ecossistema, a fim de amenizar e/ou mitigar suas ações diretas, tornando assim uma atividade ecologicamente correta. Esse conhecimento requer desenvolvimento de estudos sazonais multidisciplinares do meio físico, biótico e antrópico com debates e reuniões analíticas, conjuntas, sobre os resultados alcançados, culminando em posteriores seminários com definição de zoneamentos e programas específicos como: Educação Ambiental, estratégias administrativas e gerenciais, infra-estrutura, capacidade de suporte, segurança, resgate, entre outros; que comporão um Plano de Manejo. Em se tratando de cavernas, esses estudos multidisciplinares são mais específicos devido a peculiaridade e fragilidade do ecossistema, sendo conhecidos, então, como Plano de Manejo Espeleológico (PME)” (Linhares, 2004, p.2).

Além disso, seria necessária a implantação de infraestrutura mínima para, então, decidir de fato, se é viável e sustentável a proposição de roteiros de espeleoturismo e o desenvolvimento da atividade turística no local, garantindo a proteção e conservação desse patrimônio, e evitando impactos negativos irreversíveis.

Os resultados indicam que ambos os parques apresentam um significativo potencial para o desenvolvimento do espeleoturismo, com diversas cavidades e sítios arqueológicos, com pinturas rupestres com características únicas, já descobertos e a serem ainda encontrados. Essas cavidades, além de seu valor natural, possuem aspectos históricos e culturais que podem agregar valor à experiência turística, tornando-as atrativas para visitantes interessados na natureza e em aspectos culturais e históricos associados ao patrimônio espeleológico. As UCs analisadas possuem diversos outros atrativos naturais, como rios e cachoeiras, nas proximidades das cavidades naturais, podendo enriquecer e oferecer uma experiência mais diversificada e completa para os visitantes.

Destaca-se que a implementação de roteiros de espeleoturismo nas UCs deve ser realizada de forma planejada, embasada em estudos adicionais, buscando evitar impactos negativos nos recursos naturais existentes nas mesmas. Os roteiros turísticos, aliados a práticas de conservação podem contribuir para impulsionar o uso público nas

UCs, e para a difusão do conhecimento e da importância do patrimônio espeleológico desses parques.

No entanto, também foi identificado que, para que o potencial espeleológico possa ser utilizado para o desenvolvimento de atividades turísticas de forma responsável, são necessários estudos complementares, sobre o patrimônio arqueológico e espeleológico das cavidades e a elaboração de Planos de Manejos Espeleológico, que são essenciais para o desenvolvimento do espeleoturismo responsável. Ademais podem

possibilitar a organização do uso público e auxiliar na prevenção da degradação do patrimônio natural, cultural e histórico das cavidades naturais subterrâneas. Além disso, se torna necessária a implantação de infraestrutura mínima nas UCs, afim de evitar impactos, facilitar o acesso, bem como orientar a visitação turística. Adicionalmente, recomenda-se pesquisas e estudos ampliados para conhecimento sobre o real patrimônio espeleológico das UCs analisadas.

## Agradecimentos

Agradecemos à UFVJM, pela concessão da bolsa de iniciação científica; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Parque Nacional das Sempre-Vivas) e ao Instituto Estadual de Florestas

(Parque Estadual Serra do Cabral), pelo apoio logístico em campo; e ao Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica ICMBio/Vale, Edital de Chamada Pública Nº 02/2023, pelo apoio financeiro ao projeto.

## Referências

BRASIL. (1988). Constituição Federal Brasileira. Brasília.

BRASIL, MINISTÉRIO DO TURISMO (2011). Inventário da Oferta Turística. Brasília: Ministério do Turismo.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2004) Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=452>

GODOY, A.S. (1995). Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. Revista de Administração de Empresas, v. 35, p. 57-63.

LINHARES, J.C.F. (2004) Estudo de caracterização socioeconômica, cultural e ambiental da gruta dos Ecos-GO, para subsidiar o respectivo Plano de Manejo Espeleológico. IBAMA / CECAV, Brasília.

LOBO, H.A.S. (2014) Fundamentos básicos do espeleoturismo. Dourados: UEMS.

LOBO, H.A.S. (2015) Caracterização e tendências de gestão dos impactos negativos e positivos do espeleoturismo. Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo (RBTUR). São Paulo, 9(2), pp. 321-341, maio/ago.

LOBO, H.A.S.; BOGGIANI, P.C. (2013) Cavernas como patrimônio geológico. Boletim Paranaense de Geociências, v. 70, p. 190-199. Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/geo.v70i0.31698>. Acesso em: 19 jun. 2024.

MELO, V.E.S.; SCALCO, R.F.; ARAÚJO, H.R. (2025) Análise do Potencial do Patrimônio Espeleológico no Parque Nacional das Sempre-Vivas e no Parque Estadual da Serra do Cabral. Relatório final de projeto de iniciação científica. Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação. UFVJM, 2025.

PASCOAL, E. (2024) Mapa do Mosaico de Áreas Protegidas do Espinhaço: Alto Jequitinhonha - Serra do Cabral. Diamantina, 2024.

# Estudios para conservar el sistema cavernario Cuchillo Curá, Neuquén, Argentina

Gabriel Redonte (1), Silvia A. Sicilia (1), Mariana Pappas (1), Cristina Gioia (1), Hernán A. Iuri (1) & Luciano Zungrí (1)

(1) Grupo Espeleológico Argentino (GEA). Heredia 426, Buenos Aires, Argentina, Email: info@gea.org.ar

## Resumen

El sistema de cavernas de Cuchillo Curá, localizado en la provincia de Neuquén, consiste en cuatro cavidades cársticas de desarrollo horizontal, alineadas en dirección este-oeste, con un total de 5160 metros de galerías relevadas hasta la fecha. El Área Natural Protegida Cuchillo Curá (ANPCC), creado en 2003, tiene como objetivo preservar las cavernas y su entorno. En 2022 las autoridades provinciales impulsaron dos proyectos multidisciplinarios en el área protegida que fueron llevados a cabo por investigadores del Grupo Espeleológico Argentino (GEA) junto a un equipo de profesionales contratados. Se realizaron estudios de geología, topografía, hidrología y climatología, arqueología, antropología, biología, educación ambiental, turismo y geotecnia. También se realizaron talleres participativos con la comunidad. El presente trabajo resume los estudios realizados por miembros del GEA en ambos proyectos, sus resultados, y se discute la necesidad de un Plan de Manejo, una zonificación para su conservación y continuar los estudios para evaluar un eventual uso público sustentable del sitio.

## Abstract

STUDIES TO PRESERVE THE CUCHILLO CURÁ CAVE SYSTEM, NEUQUÉN, ARGENTINA. The Cuchillo Curá cave system, located in the Neuquen province, comprises four horizontal karst cavities aligned east-west direction, with 5,160 meters of galleries surveyed to date. The Cuchillo Curá Protected Natural Area (ANPCC), established in 2003, aims to preserve the caves and their surroundings. In 2022, provincial authorities initiated two multidisciplinary projects in the protected area, carried out by researchers from the Argentine Speleological Group (GEA) along with a team of hired professionals. Studies concerning the geology, topography, hydrology and climatology, archaeology, anthropology, biology, environmental education, tourism and geotechnics were carried out. Community participatory workshops were also conducted. This paper summarizes the GEA's studies in both projects, their results, and discusses the need for a Management Plan, conservation zoning, and ongoing research to evaluate a potential sustainable public use of the site.

## 1. Introducción

El Área Natural Protegida Cuchillo Curá (ANPCC), que alberga al sistema cavernario homónimo, se encuentra aproximadamente a 13 km al sur de la localidad de Las Lajas, en el Departamento Picunches de la Provincia del Neuquén. Este sistema está formado por cuatro cavernas alineadas en dirección este-oeste, denominadas como cueva de Los Cabritos y cavernas del Arenal, del Templo y del Gendarme. El desarrollo total del sistema suma 5160 metros de galerías relevadas hasta el presente ([www.gea.org.ar/blog/campana\\_internacional/](http://www.gea.org.ar/blog/campana_internacional/)). El acceso al área es a través de la ruta nacional 40, desviándose hacia el oeste por un camino de tierra que atraviesa la Estancia La Porteña (Fig. 1).

El ANPCC se creó en 2003, impulsada por los estudios espeleológicos desarrollados por el Grupo Espeleológico Argentino (GEA) y por otros grupos, mediante el decreto provincial N° 161/2003. Para la creación del área se delimitó una superficie de 386.25 Ha con el propósito de conservar el patrimonio geológico, cultural, arqueológico, biológico, paleontológico, paisajístico y espeleológico que alberga tanto en el ambiente epigeo como en el hipogeo.

El sistema cavernario se desarrolla en rocas carbonáticas mesozoicas de la formación La Manga, que se reconocen en superficie como rocas grises en afloramientos con dirección este-oeste y una inclinación de 22° al norte. El plegamiento de esta unidad es resultado de la orogénesis andina, y el marcado diaclasamiento que exhibe ha desempeñado un papel fundamental en la génesis y evolución de las cavernas. (Fig. 2).

Las bocas de acceso a las cavidades son simas de colapso de tamaño

relativamente pequeño. El ANPCC se encuentra dentro de una cuenca endorreica, en la que se desarrollaban, al norte de los afloramientos de la formación La Manga, dos lagunas: la laguna de Cuchillo Curá y otra más pequeña, del Álamo. Estas lagunas albergaban una importante comunidad de aves acuáticas.

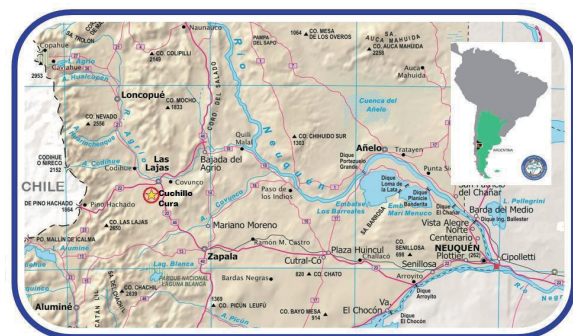


Figura 1: Ubicación del ANPCC.

Actualmente se encuentran secas y depósitos modernos fluvioaluviales cubren el sector (Fig. 2).

El nivel de estas lagunas temporales es variable, coincidiendo con el nivel freático observado dentro del sistema cavernario, el cual estuvo

parcialmente inundado entre 1980 y 2012. En la actualidad la región se encuentra afectada por un prolongado período de sequía que afecta al sistema cavernario. Cabe mencionar que la boca de la Cueva de los Ca-

bitros se ubica en una zona de dunas y permanece cubierta por material clástico, situación que se mantiene desde el año 2001.



*Figura 2: Afloramientos de las calizas de la formación La Manga inclinando hacia el norte. Los depósitos fluviolacustres cubren el sector donde se desarrollaban las lagunas.*

## 2. Materiales y métodos

A pesar de la protección legal, el ANPCC aún no tiene un plan de manejo, es por ello por lo que las autoridades provinciales impulsaron dos proyectos de conservación para el sitio con financiamiento del Consejo Federal de Inversiones (CFI) y apoyo de la Municipalidad de Las Lajas. En ambos participamos espeleólogos/as del GEA conformando equipos con otros investigadores contados a tal fin.

Uno de los proyectos, convocado por la Dirección de Áreas Naturales Protegidas de Neuquén, fue denominado “Lineamientos Estratégicos para la Construcción de un Plan de Manejo del Área Natural Protegida Cuchillo Curá”, tuvo como objetivo la caracterización y el diagnóstico de los componentes geológicos, topográficos, hidrológicos y climatológicos, biológicos, socioculturales, comunitarios, patrimoniales, educativos y turísticos que servirán de insumo para la elaboración de un Plan de Manejo del sitio. En este proyecto se trabajó a partir de la identificación de los valores de Conservación incluidos en el Decreto de Creación del ANPCC (ARDITO et al., 2022) siguiendo la metodología propuesta por la Administración de Parques Nacionales (APN) para la elaboración de planes de gestión de áreas protegidas (APN, 2010).

El otro proyecto se denominó “Estudios Espeleológicos de Base en

el Sistema Cavernario Cuchillo Curá”, y fue convocado por el Ministerio de las Culturas, a través del Área de Espeleología de la Dirección de Patrimonio. Tuvo por objeto dar respuesta técnica al interés municipal y provincial de evaluar la factibilidad de proponer un desarrollo de turismo espeleológico en el sitio. Este proyecto permitió completar los estudios de base de las cavernas y del karst, y actualizar estudios de estabilidad en las cavernas del Gendarme y Arenal, a cargo de especialistas en geotecnia de la Universidad del Comahue.

Ambos proyectos se llevaron a cabo durante el año 2022. El primero de ellos a través de un diseño de planificación interdisciplinaria y participativa, organizada en tres etapas: la primera de diagnóstico inicial, con la recopilación de antecedentes del ANPCC (la mayoría de ellos estudios publicados por el GEA), una segunda etapa territorial de relevamiento de campo, y una etapa final, de carácter propositivo que incluyó la elaboración de recomendaciones generales y particulares desde cada área temática analizada. Ambos proyectos insumieron cuatro campañas de trabajo de campo. Además, se realizaron talleres participativos con la comunidad local y con los actores sociales involucrados.

## 3. Estudios Realizados

### Geología

Los nuevos datos permitieron actualizar el mapa geológico, generar un registro de espeleotemas característicos y avanzar en el análisis y comprensión de la espeleogénesis.

A través del relevamiento en campo, la descripción petrográfica de muestras representativas de unidades litológicas y el análisis de imágenes satelitales, se actualizó el mapa geológico del ANPCC propuesto por BARREDO et al. (2013), a través de la reinterpretación e incorporación de afloramientos y depósitos, como los que hoy cubren el sector donde estaban las lagunas.

### Análisis cárstico y espeleogenético

Las cavernas de Cuchillo Curá son el resultado de procesos epi e hipo-genéticos iniciados durante los períodos post-glaciales del Pleistoceno, cuando el clima húmedo y frío en la región, favoreció el desarrollo de procesos de carstificación en los afloramientos de la formación La Manga. El desarrollo de las cavernas en profundidad tiene su correlato en superficie, y en conjunto conforman el aparato kárstico, en el que además del sistema cavernario, se reconocen en superficie, zonas de absorción y zonas de emisión del agua.

Se realizó un relevamiento fotográfico de formas erosivas en su-

perficie y en profundidad, así como de formas concrecionales dentro de las cavernas, lo que permitió generar un catálogo de espeleotemas característicos para las cavernas del Templo, del Gendarme y del Arenal, que dan valor al atractivo visual de las cuevas y aportan información útil para el estudio de la espeleogénesis (Fig. 3).



*Figura 3: Concreciones en la caverna del Templo.*

**Paleontología**

En la Fm. La Manga, correspondiente al período jurásico, se observa abundante material fosilífero correspondiente a formas marinas, como corales, amonites, equinodermos, gasterópodos y bivalvos. Las referencias bibliográficas de los fósiles del área son escasas, y prácticamente no hay mención acerca de fósiles en el interior del sistema cavernario.

**Cartografía**

Se actualizó y completó la cartografía planialtimétrica mediante un relevamiento topográfico, un Modelo Digital de Terreno e imágenes satelitales (Fig. 4). También se incluyeron tres pequeñas cavidades, citadas por primera vez, en la barda sur que se desarrollan en rocas basálticas.

Se completaron y digitalizaron todas las topografías de las cavernas en CAD y en GIS.

La espeleometría actualizada al presente (PAPARÁS M. & REDONTE G., 2024) es: Caverna del Gendarme 1691.18 m, Caverna del Templo 1931.50 m, Caverna del Arenal 1299.50 m y Cueva de los Cabritos 83.10 m. Las cavidades tienen un desarrollo predominante horizontal con un desnivel máximo de 18 m.

**Bioespeleología**

El Sistema Cavernario de Cuchillo Curá es el más importante del país en cuanto a diversidad de organismos. Los primeros estudios realizados por el GEA en las décadas de los 80 y 90 reportaban una diversidad de 24 especies (ANGHILANTE et al., 1990; QUAGLIA et al., 1999). Como resultado de los estudios realizados durante estos últimos años y, en especial, los realizados en el marco de estos dos proyectos de conservación, se han realizado avances notables en el área de la biodiversidad del ANPCC y del sistema cavernario.

Entre los avances más importantes se destacan: i) Los primeros estudios de la fauna de artrópodos del ambiente epigeo, registrándose hasta la fecha unas 156 especies. Algunas de las especies epigeas resultaron ser nuevas para la ciencia (e.g, IURI & IGLESIA, 2022). Este estudio permitió descartar el carácter troglóbico de algunas especies previamente registradas en el interior de la caverna. ii) Relevamiento faunístico actualizado del sistema cavernario, aumentando ampliamente la cantidad

de organismos registrados, habiendo unas 50 especies de artrópodos registrados en la actualidad. iii) Entre los registros, se descubrieron especies endémicas nunca observadas, iv) se redescubrieron especies que se conocían por un solo ejemplar y/o que no se observaban hace más de 30 años (e.g., SANTOS et al, 2024), v) algunas de las especies previamente registradas, como los anfípodos y los diplópodos, no han sido observados en la actualidad, siendo su ausencia un posible resultado de la desecación del área. vi) Se evaluaron los troglomorfismos en las especies registradas. De las 50 especies de artrópodos, unas 22 presentan cierto grado de troglomorfismo (algunas en muy alto grado), las cuales se consideran elementos de la fauna endémica del sistema cavernario, lo que ubica a Cuchillo Curá como uno de los de mayor diversidad de organismos cavernícolas de Sudamérica.

vii) se realizó una documentación fotográfica y videográfica de casi todas las especies endémicas y de las principales fuentes de energía, constituyendo ésta una documentación visual única. viii) Se realizaron mapas detallados con la distribución de las especies y las fuentes de energía, revelando diferencias importantes entre la distribución de algunas de las especies, y reconociéndose zonas de alto valor para la conservación.



Figura 5: Opilión *Picunchenops spelaeus*, MAURY, 1988

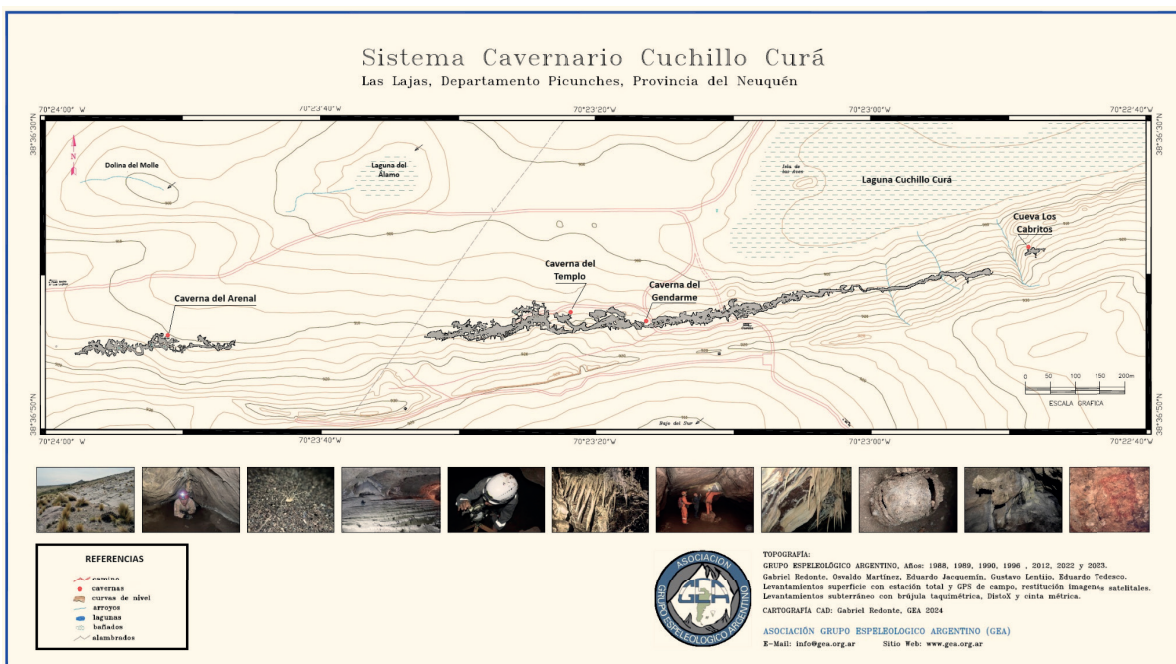


Figura 4: Mapa topográfico del sitio y las cavernas. (GEA, 2024).

### Caracterización sociocultural

Se relocalizaron en GIS los yacimientos arqueológicos de superficie que fueron descritos por GEA en años anteriores (1984-1992) y se hallaron otros nuevos, que completaron el panorama sobre el estudio arqueológico de la zona en cuestión. La labor se orientó a la descripción de los valores de conservación, clasificación y estudio de los materiales pertinentes y su relación con otros sitios arqueológicos de la región. La ocupación humana del ANPCC puede situarse en tiempos prehispánicos. Se detectó en superficie material lítico, óseo y cerámico. El material óseo (calota craneal) es temporalmente asignable al Holoceno tardío (ca. < 2650 B.P.) lo que indica un índice temporal de asentamiento. Las mayores concentraciones de material lítico y cerámico se hallan en el entorno de la laguna principal. También se ha registrado arte rupestre -pintura- en la cueva de los Cabritos.

La ocupación durante el siglo XX del ANPCC se evidencia en cercanías de la laguna Cuchillo Curá por la presencia de restos de un puesto y corral para la cría de animales. Actualmente se encuentra en desuso y presenta un alto grado de deterioro.

### Educación ambiental

El área socioeducativo-ambiental se abordó desde el marco legislativo espeleológico de Neuquén, la ley de Educación Ambiental Integral

Nº 27621 que la establece como política pública nacional y las leyes nacionales y provinciales vinculadas a la biodiversidad. Para ello se habilitó una encuesta a la comunidad educativa y un taller participativo.

Los resultados: pocos establecimientos educativos trabajaron en sus currículas con el ANPCC, y requirieron más información. En cuanto a la manifestación de creencias, relatos, imaginarios o narrativas respecto al sistema cavernario, expresaron desconocimiento.

Los resultados concordaron con el taller mencionado, destacándose la falta de información sobre el sitio y la necesidad de acceder al conocimiento para conservar el área.

### Valores de Conservación del ANPCC

Los valores de conservación identificados fueron clasificados tomando en consideración los aspectos que las comunidades estimaron prioritarios, clasificados como económico-productivo, estético, ecológico, biodiversidad, científico, turístico, patrimonial, paisajístico, cultural, entre otros (Ley Provincial Nº 2594/08).

Fueron identificados un total de 10 valores de Conservación: sistema hidrológico, sistema cavernario, paisaje kárstico, comunidades vegetales, avifauna, fauna terrestre (epigea), fauna hipogea, yacimientos paleontológicos, sitios históricos, arqueológicos y colecciones, y educación ambiental.

## 4. Discusión

El análisis de los relevamientos y estudios permitió:

- Hacer un diagnóstico del estado de los valores de conservación identificados al momento de la creación del ANPCC y proponer nuevos valores que amplían a los ya incluidos.
- Identificar los problemas y amenazas actuales.
- Plantear los objetivos de conservación para cada uno de los valores de conservación identificados y proponer recomendaciones para el desarrollo del futuro Plan de Manejo del ANPCC.

A modo de síntesis se muestran en la tabla de la Figura 6 los valores de conservación a los que se abocaron los autores del presente trabajo. Cabe aclarar que, por cuestiones de espacio, dicha tabla no muestra la totalidad de problemas / amenazas y objetivos / recomendaciones para la conservación analizados en el proyecto.

Además, se generaron 9 mapas temáticos para el ANPCC en formato GIS a partir de los valores de conservación y el uso o problemas actuales: sistema hidrológico, sistema cavernario y paisaje kárstico, comunidades vegetales, fauna cavernícola, paleontología, sitios arqueológicos, canteiras, caminos e infraestructura. Estos mapas actuarán como insumo para desarrollar la zonificación y ordenamiento territorial, así como visualizar conflictos o incompatibilidades asociadas al manejo en etapas futuras. Por otra parte, el estudio de estabilidad de las cuevas, el inventario de los principales espeleotemas, y los mapas geológico y topográfico del ANPCC y de las cavernas permitieron disponer de nueva información sobre la geodiversidad a conservar, lo que sumado al avance en el conocimiento de la biodiversidad del sitio permitirá analizar, en una próxima etapa, un manejo que asegure la conservación del sistema cavernario y de su entorno (CATINARI et al, 2023).

VALOR DE CONSERVACIÓN	TIPO	ESTADO 2022	PROBLEMAS/AMENAZAS	OBJETIVOS/RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN
sistema cavernario	Biodiversidad Científico Patrimonial / Paisajístico	Regular	- tránsito de personas sin delimitaciones - caminos por encima de las cavidades - oclusión en cueva de los Cabritos - explotación minera cercana - riesgo de estabilidad, inundaciones, accidentes afectación espeleotemas - falta de protocolo de rescate	- evitar el ingreso irrestricto o excesivo de visitantes - limitar el tránsito de ganado doméstico, vehículos y personas - prohibir la actividad minera en el área y en un entorno - realizar monitoreos de estabilidad periódicos
paisaje kárstico	Científico Patrimonial / Paisajístico Turístico	Bueno	- condiciones climáticas áridas, con escasez de agua y erosión eólica - tránsito de ganado doméstico, vehículos y personas	- categorizar los caminos y huellas existentes definiendo sus necesidades de uso - definir senderos de interpretación en superficie
yacimientos paleontológicos	Científico Natural / Patrimonial	Bueno	- vandalismo, fragmentación - obras con remoción de suelo - aumento de la circulación debido al turismo	- conservar y proteger los sitios con material paleontológico en superficie y en las cavidades - promover el conocimiento y la investigación

VALOR DE CONSERVACIÓN	TIPO	ESTADO 2022	PROBLEMAS/AMENAZAS	OBJETIVOS/RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN
fauna hipogea	Biodiversidad Científico	Bueno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- contaminación con residuos</li> <li>- ingreso de personas, pisoteos y disturbios de suelos</li> <li>- actividades externas: ganadería, afectación de flora y perturbación de fuentes de energía</li> <li>- introducción de fauna exótica</li> <li>- falta de monitoreos ambientales sostenidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elaborar un Plan de Monitoreo Ambiental con estaciones permanentes y semipermanentes fijas en las cavernas.</li> <li>- monitorear los hábitats y ecosistemas más críticos y sensibles</li> </ul>
educación ambiental	Cultural Educativo Conciencia ambiental	Regular	<ul style="list-style-type: none"> <li>- escasez de conocimiento científico y cultural en las Instituciones Educativas y en la comunidad en general</li> <li>- desconocimiento de Legislación vigente</li> <li>- merma en las acciones que promueven la conciencia ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- valorar el conocimiento científico generado afianzando el trabajo de socialización del mismo con la comunidad</li> <li>- impulsar el conocimiento de la legislación vigente</li> <li>- elaborar un plan de difusión / comunicación a partir de talleres participativos, partiendo de la base de lo trabajado con la comunidad</li> </ul>

Figura 6: Tabla con el diagnóstico de los valores de Conservación identificados y los objetivos y recomendaciones para su Conservación propuestos para el ANPCC. Sólo se indican aquellos en los que participaron los profesionales del GEA.

## 5. Conclusión

El informe final del proyecto convocado por la Dirección de Áreas Naturales Protegidas de Neuquén caracterizó el recurso, describió sus valores de conservación conforme su decreto de creación incorporó nuevos valores y recomendó acciones para su conservación, constituyendo un insumo para la zonificación del ANPCC y estableciendo los Lineamientos Estratégicos para el desarrollo de un Plan de Manejo.

En sus conclusiones se subraya el carácter sensible del sitio y la necesidad de priorizar la conservación del ambiente subterráneo y superficial.

El informe final del proyecto convocado por el Ministerio de las Culturas permitió el relevamiento del ecosistema subterráneo, avanzar en el análisis de la espeleogénesis, actualizar la espeleometría y los estudios de estabilidad de las cavidades.

Ambos informes fueron publicados y presentados a la comunidad de Las Lajas.

Entre las principales recomendaciones se destacan: Impulsar el trabajo en conjunto para la gestión del área, entre los organismos gubernamentales competentes, promover el desarrollo de investigaciones científicas que den continuidad a los estudios espeleológicos,

de estabilidad de las cavidades y biospeleológicos del ecosistema cavernario e incorporen estudios paleontológicos y paleoambientales; diseñar un Plan de Monitoreo Ambiental de las cavernas; capacitar un grupo de espeleosocorro local; considerar y/o ejecutar las acciones recomendadas para cada problemática identificada.

Este sistema cavernario resulta muy importante desde el punto de vista de la conservación, dado el número considerable de especies endémicas que alberga, es altamente vulnerable a cambios ambientales, y a partir de ser declarada Área Natural Protegida, ha disminuido el impacto antrópico, manteniendo al sistema cavernario poco alterado. La singularidad de esta área protegida y sus valores naturales y culturales, tanto hipogeos como epigeos, requiere una zonificación muy cuidadosa respecto a su uso, el desarrollo de un plan de uso turístico debe ser ambientalmente sostenible a partir de un diseño que contemple la complejidad y la fragilidad del ecosistema como prioridad de conservación, procurando la puesta en valor de los espacios educativos y recreativos hoy viables mediante un centro de Interpretación con medios audiovisuales y/o una réplica del ambiente subterráneo.

## Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades de la Dirección Provincial de Áreas Naturales Protegidas y a la Dirección de Patrimonio del Ministerio de las Culturas de la Provincia del Neuquén, especialmente al Lic. Santiago Bassani, jefe del área espeleología; a la Municipalidad de Las Lajas y al

Regimiento de Montaña N° 21 del Ejército Argentino en Las Lajas por el apoyo brindado y al guardaparque Ariel Salvo. A Walter Calzato por sus aportes y a todos los investigadores que participaron en ambos proyectos.

## Referencias

ADMINISTRACIÓN DE PARQUES NACIONALES (2010). Guía para la elaboración de planes de gestión de Áreas Protegidas. Dirección Nacional de Conservación de Áreas Protegidas. Administración de Parques Nacionales. Argentina. 187p. Buenos Aires.

ANGHILANTE C., BALBI A., BLUVSTEIN D., CALZATO W., CARABELLI L., CHAVEZ S., COSTA H., DENIAU A., DÍAZ R., GIMENEZ J., GUERRERO J., JAQUEMÍN E., LENTIJO G., MARTÍNEZ O., PARDO J., PEDEMONTE N., PETTERSEN M., QUAGLIA P., REDONTE G. & TEDESCO E. (1990). Evaluación de impacto Ambiental Sistema de Cuchillo Curá. Salamanca 6 (6): 7-52.

ARDITO, M.M., BERNAL, V., BORRÁS GURLEKIÁN, H., CALZATO, W., GIOIA,

C., GÖNC, R., IURI, H.A., MATTIONI, M., MAURINO, M.E., OSTERTAG, G., PAPARAS, M., PEREZ, S.I., REDONTE, G., SANTANA, N., SICILIA, S., TEDESCO, E., ZUNGRI, L. (2022). Lineamientos y Estrategias para la elaboración de un Plan de Manejo para el Área Natural Protegida Cuchillo Curá (Dpto. Picunches, Pcia. de Neuquén). Argentina. CFI-COPAIDE. [http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2022/11/informe-final\\_arenaturalprotegida\\_cuchillocura.pdf](http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2022/11/informe-final_arenaturalprotegida_cuchillocura.pdf)

BARREDO, S. P., GABRIELE, N. y Paparas, M. A. (2013). Nuevos aportes al conocimiento geoespeleológico del Sistema Cuchillo Curá. Salamanca 13: 23-43, Buenos Aires, Argentina.

CATINARI, J. M., GATICA, J., GURLEKIÁN BORRÁS, H., IURI, H., MAURINO, E., PAPARAS, M., REDONTE, G., SANTANA, N., SICILIA, S., TEDESCO, E y ZUNGRI, L. (2023). Estudios espeleológicos de base en el Sistema Cavernario Cuchillo Curá, Provincia del Neuquén, Argentina. CFI-CO-PADE. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2023/03/cfi-informe-final-cuchillo-cura-2022-1.pdf>

IURI H. & IGLESIAS M., 2022. The genus *Pseudocleobis* Pocock, 1900 (Solifugae: Ammotrechidae) in transitional Patagonia-Monte deserts, with descriptions of two new species. *Zootaxa* 5094 (3): 435–460.

PAPARÁS M. & REDONTE G. (2024). Cuchillo Curá: nuevos estudios y publicaciones en 2022. Expedición Internacional BioEspeleoSud 2023.

Boletín GEA N° 62, Mayo 2024. Grupo Espeleológico Argentino, págs. 7-11. Buenos Aires.

QUAGLIA P., FILIPPONI A., GATICA D. OROSCO W. & SALVO A. (1999). Los Trabajos Bioespeleológicos en las cavernas del Sistema Cuchillo Cura. P. 30-32. Salamanca 10, Grupo Espeleológico Argentino, agosto 1999, Buenos Aires.

SANTOS, J.C., IURI, H.A., HOCH, H. & FERREIRA, R.L. (2024). The enigmatic *Notolathrus sensitivus* Remes Lenicov, 1992 (Hemiptera; Fulgoromorpha: Cixiidae): supplementary description and conservation status. *Zootaxa* 5474 (4): 355–374.

# Desafios para operação de cavernas turísticas no Brasil

Gisele Cristina Sessegolo (1)

(1) GEEP- Açungui; Ecosystema Consultoria Ambiental; gisele.sessegolo@gmail.com

## Abstract

This summary highlights the challenges associated with the operation of touristic caves in Brazil, particularly those located on private properties. The lack of standardization among different Brazilian states results in varying procedural requirements, with some cases demanding extensive studies and significant investments, while others require minimal effort. Furthermore, in certain instances, the simplification of the licensing process for tourism activities may lead to the development of attractions without adequate preliminary studies. This study proposes a standardized regulatory framework to ensure uniform guidelines and procedures across the national territory.

## 1. Introduction

O Brasil conta com centenas de cavernas abertas à visitação pública, entre aquelas situadas em Unidades de Conservação - UCs das diferentes esferas públicas (nacional, estadual e municipal) e as situadas em propriedades privadas.

Mas os processos para sua viabilização são morosos e complexos. O processo de análise, estudos e projetos para implementação do manejo de cavernas em áreas públicas dependem além da viabilidade ambiental,

de recursos e de pessoal especializado nas agências governamentais

Mas o processo de regularização para a implementação de uso público em empreendimentos privados ainda apresenta inúmeros desafios adicionais.

No presente resumo serão apresentados aspectos relacionados a evolução desse processo, em relação ao uso público de cavernas no país.

## 2. Materials and methods

Foram levantados dados sobre cavernas turísticas no Brasil, entre bancos de dados, publicações, sites e relatórios técnicos. A plataforma ecaves ([www.ecavesbrasil.com.br](http://www.ecavesbrasil.com.br)), foi um dos referenciais utilizado (Fig.1). Importante ressaltar que não existe um banco de dados público que congregue informações sobre cavernas turísticas no país.



Figura 1: Logotipo da plataforma ecaves.

## 3. Results

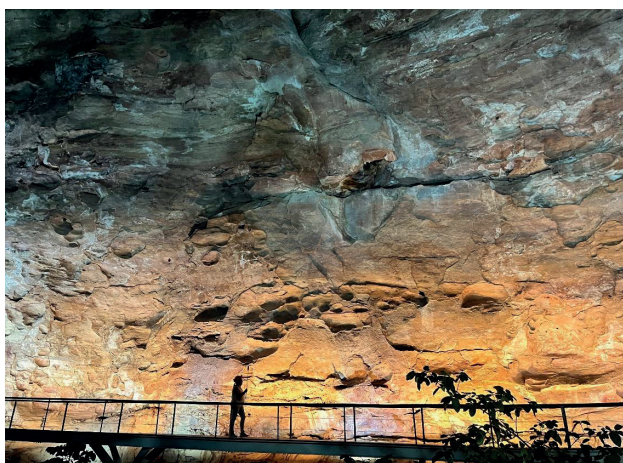
Verificando no Anuário Estatístico do CECAV, existem cerca de 249 dentre 2.902 UCs registradas no Brasil, as quais abrigam 33,15% das cavernas registradas no CANIE – Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (7.750). Contudo, das cavernas localizadas dentro de unidades de conservação, 56% delas (4.368) encontram-se em unidades de uso sustentável e 44% de proteção integral (3.382) (CECAV, 2023).

Ainda com base na mesma fonte, quanto à distribuição das 7.750 cavernas em unidades de conservação, segundo a Jurisdição Federal, Estadual e Municipal, das 4.607 (59%) cavernas dentro de UCs federais, 37% estão em unidades de uso sustentável e 23% de proteção integral; das 2.839 (37%) cavernas dentro de UCs estaduais, 17% estão em unidades de uso sustentável e 19% de proteção integral; das 304 (4%) cavernas dentro de UCs municipais, 2% estão em unidades de uso sustentável e

2% de proteção integral (CECAV, 2023).

Apesar do número elevado de cavernas situadas em UCs, poucas unidades possuem cavernas efetivamente abertas e preparadas para a visitação.

Por outro lado, dentre as cavernas hoje abertas à visitação, encontram-se conjuntos expressivos e de grande beleza em unidades de conservação federais e estaduais, como por exemplo no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, situado em Minas Gerais e no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), de São Paulo, no Parque Estadual de Terra Ronca, em Goiás e no Parque Estadual de Ibitipoca, em Minas Gerais, entre outros. Ou conjugado a um patrimônio arqueológico de notável expressão, como no Parque Nacional da Serra da Capivara, no estado do Piauí (Fig. 2).



*Figura 2: Aspecto da plataforma de observação da Gruta do Boqueirão da Onça, no Parque Nacional da Serra da Capivara, PI. Foto de Gisele C Sessegolo.*

No caso das UCs, em geral as cavidades foram objeto de planos de manejo, que integraram o patrimônio espeleológico em seu planejamento. Nesse caso foram definidas as zonas e respectivas normas, as infraestruturas adequadas a cada caso e o regramento da visitação. Muitos desses exemplos foram sintetizados em Sessegolo (2013).

Em geral o processo acaba dependendo do próprio órgão gestor da UC, que delibera sobre as demandas, potencialidades, aprova os usos, implementa e fica responsável pelo processo de gestão.

Um importante referencial para elaboração dos Planos de Manejo Espeleológicos-PME, tem sido um documento elaborado pelo CECAV denominado Planos de Manejo Espeleológico - Diretrizes e Orientações Técnicas (CECAV, 2023).

Como cita o nome, esse documento orientativo, visa embasar os estudos, conforme as características das cavernas a serem estudadas. Em um país com milhares de cavernas em tantas tipologias rochosas distintas e de extensões de poucos metros a quilométricas, o contexto dos estudos pode ser bastante variável.

Importante ressaltar que como não há uma normativa legal específica, da exigência do PME em todo o território nacional, e os estados que determinam o licenciamento dos atrativos turísticos, no caso das cavernas situadas em propriedades privadas, esse licenciador que define as exigências dentro do processo de licenciamento ambiental.

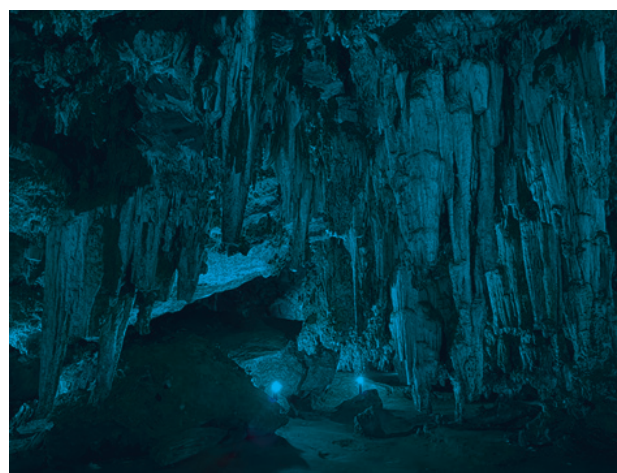
Dentre as exigências aos empreendimentos privados, há casos desde a liberação da realização de estudos específicos e de monitoramento ambiental, a casos de pedidos de atendimento ao inteiro teor do

documento orientativo do CECAV, além de diversos estudos adicionais, normalmente relacionados a empreendimentos de maior porte, tais como a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental e ainda, a definição da área de influência da caverna. O atendimento a todas essas demandas inviabiliza sua realização, ou pleno atendimento por grande parte dos pequenos proprietários, fazendo que boa parte prossiga suas operações de acordo com suas condições e sem regularizar o empreendimento de forma efetiva.

Por outro lado, há também casos de empreendedores que tem efetuado diversos estudos, ao longo dos anos, e a morosidade na sua análise e aprovação, os fazem manter as operações sob as condições iniciais, aguardando-se as deliberações do licenciador. Isso acaba travando a implementação de melhorias, seja em infraestrutura como em ações, bem como a execução de programas de educação e de monitoramento ambiental, enquanto a indefinição permanece. Também acaba resultando em um quadro de insegurança sobre a viabilidade do atrativo.

Não se pode esquecer ainda das cavernas com uso religioso, especialmente no nordeste do Brasil, as quais em muitos casos são administradas pela autoridade religiosa, as vezes com apoio da prefeitura do município (ex. Gruta das Mangabeiras, Fig. 3). Outro caso muito famoso, trata-se da Gruta de Bom Jesus da Lapa, na Bahia, a qual recebe um número elevado de romeiros, ao longo de todo o ano. Muitas dessas grutas recebem visitação ainda mais intensa em datas específicas e possuem infraestruturas de templos religiosos.

De qualquer modo, ainda há muito a se conhecer sobre esse cenário, das cavernas abertas à visitação no Brasil.



*Figura 3: Galeria visitada na Gruta das Mangabeiras, estado da Bahia. Foto de Gisele C Sessegolo.*

## 4. Discussion

Em um quadro de milhares de cavernas já registradas no Brasil, e das 7.750 cavernas inseridas em unidades de conservação, ao se considerar os dados do CECAV (2023), o número de cavernas abertas ao uso público ainda é reduzido.

Ha unidades de conservação que congregam sistemas de cavernas que ultrapassam centenas, e por vezes somente as cavernas mais fáceis e de maior beleza cênica são acessíveis ao grande público.

Em relação as cavernas situadas em propriedades privadas, pode-se afirmar que atualmente não devem passar de 50 as cavernas em processo de regularização, e/ou já abertas a visitação. Dentre essas estão cavernas da região da Chapada Diamantina, situada no estado da Bahia e da Chapada dos Guimarães, no estado do Mato Grosso.

Algumas regiões tiveram cavernas situadas em propriedades privadas objeto de PME, há mais de 20 anos, como no caso da Gruta de São Miguel, situada em Bonito/MS. Outras cavernas localizadas na mesma

região seguiram esses passos, como a Gruta São Mateus e a Gruta do Mimoso, mais recentemente.

Importante ressaltar que não há um banco de dados oficial, que congregue as informações das cavernas abertas ao turismo no país, especialmente devido ao fato de que o processo de licenciamento de uso das cavernas privadas foi delegado aos estados.

Importante iniciativa para ampliar a visibilidade das cavernas turísticas foi a criação da plataforma ecaves Brasil, onde essas são divulgadas, sejam em áreas protegidas ou em propriedades privadas. Cavernas que se encontram regulares ou em processo de regularização tem sido inseridas nessa plataforma, de modo a apoiar sua divulgação para os interessados no espeleoturismo.

Em meio a esse quadro, verifica-se a falta de padronização dos processos nos diferentes estados brasileiros, podendo representar requerimentos distintos, em alguns casos se requerendo estudos

complexos e investimentos consideráveis e em outros casos nem tanto. Diversas disparidades são produzidas por esse sistema, além da insegurança jurídica e dos riscos de inviabilidade econômica, especialmente

para as cavernas situadas em propriedades privadas, pertencentes a pequenos proprietários.

## Conclusion

Apesar dos avanços no conhecimento técnico científico, e de inúmeros exemplos de estudos bem sucedidos, há inúmeros desafios no processo de operação turística de cavernas no Brasil.

Dentre eles, se encontram o desconhecimento de algumas instituições públicas a nível estadual e municipal sobre o instrumento do Plano de Manejo Espeleológico. Já por outro lado, em alguns casos, a reprodução de toda a itemização das diretrizes do CECAV, para realização de estudos para pequenos proprietários, praticamente inviabiliza o empreendimento turístico, considerando a complexidade e os custos envolvidos. Muitos dos pequenos proprietários não possuem condições de arcar com essa demanda.

Ainda, para complicar mais o processo, a maior parte dos licenciadores não possuem equipe técnica especializada, em condições de avaliar os estudos mais detalhados ou avançados.

Mas há também casos, em alguns estados, da exigência de estudos mínimos. Por sua vez, a simplificação do processo de licenciamento ambiental, incluindo o auto licenciamento para atividades turísticas pode representar a implementação de atrativos sem os cuidados e requisitos adequados. Isso poderá causar ao longo do tempo impactos irreversíveis nas cavidades e colocar visitantes em risco de acidentes, entre outros impactos.

Para evitar esse quadro, inclusive de desregulação, ou de desequilíbrio entre os estudos efetuados e investimentos, recomenda-se o estudo de alternativas para a normatização do tema, de modo a padronizar as ações em todo o território nacional, resguardando nosso rico e valioso patrimônio e promovendo o uso responsável e seguro desses atrativos para os visitantes.

## References

CECAV. (2023) Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro. ICMBio, Brasília.

CECAV (2022). Planos de Manejo Espeleológico – diretrizes e orientações técnicas. Brasília.. Acessível em : <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/>

plano-de-manejo-espeleologico-1/pme-diretrizes-cecav-ed\_2022.pdf

SESSEGOLO, G. C. (2013). A conservação e o manejo de cavernas no Brasil: lacunas do conhecimento e prioridades para proteção. Tese de Doutorado – Curso de Geografia – UFPR. Curitiba.

# O processo de proteção da Gruta da Lancinha/PR: quatro décadas para sua efetivação?

Gisele C. Sessegolo (1), Luis Fernando Silva da Rocha (2), Kleber Makoto Mise (3)

(1)GEEP-Açungui ; Ecosistema Consultoria Ambiental Ltda, gisele.sessegolo@gmail.com

(2) GEEP- Açungui; luisfs.rocha@gmail.com

(3) GEEP- Açungui; klebermise@yahoo.com.br

## Abstract

The present study shows the results of the protection and management of Gruta da Lancinha, located at Rio Branco do Sul, metropolitan region of Curitiba, Paraná state (Brazil). This cave is one of the five largest in South Brazil, possessing rare formations, and endemic and rare species inside. The improvement of knowledge and the different steps and processes involved over the last 40 years are synthesized herein, to contribute to the record of the protection of this important speleological patrimony, which still awaits effective measures for its preservation and conservation.

## 1. Introduction

O presente trabalho visa apresentar e sintetizar os esforços e etapas relacionados a efetivação da proteção da Gruta da Lancinha, situada em Rio Branco do Sul/PR, na Região Metropolitana de Curitiba – PR (Fig. 1). A Gruta da Lancinha é uma das mais conhecidas cavernas do PR, com dados históricos que revelam que a caverna recebe visitantes há no mínimo 150 anos. Sua importância e expressividade estadual e nacional, dentro do contexto do patrimônio espeleológico, vem sendo apontada e discutida por diferentes pesquisadores e instituições. A

cavidade é umas das 5 maiores cavernas da região sul do Brasil com pouco mais de 2.000 m de desenvolvimento, apresenta considerável beleza cênica, espeleotemas raros, feições estromatolíticas, além de espécies raras, endêmicas e grande diversidade biológica. Ao longo das décadas, verificou-se a intensificação do uso e ocupação do solo no seu entorno e na sua bacia, bem como a ampliação da visitação da cavidade. Os impactos de todas essas atividades são percebidas no interior da caverna, sendo extremamente relevante a efetivação de sua proteção.

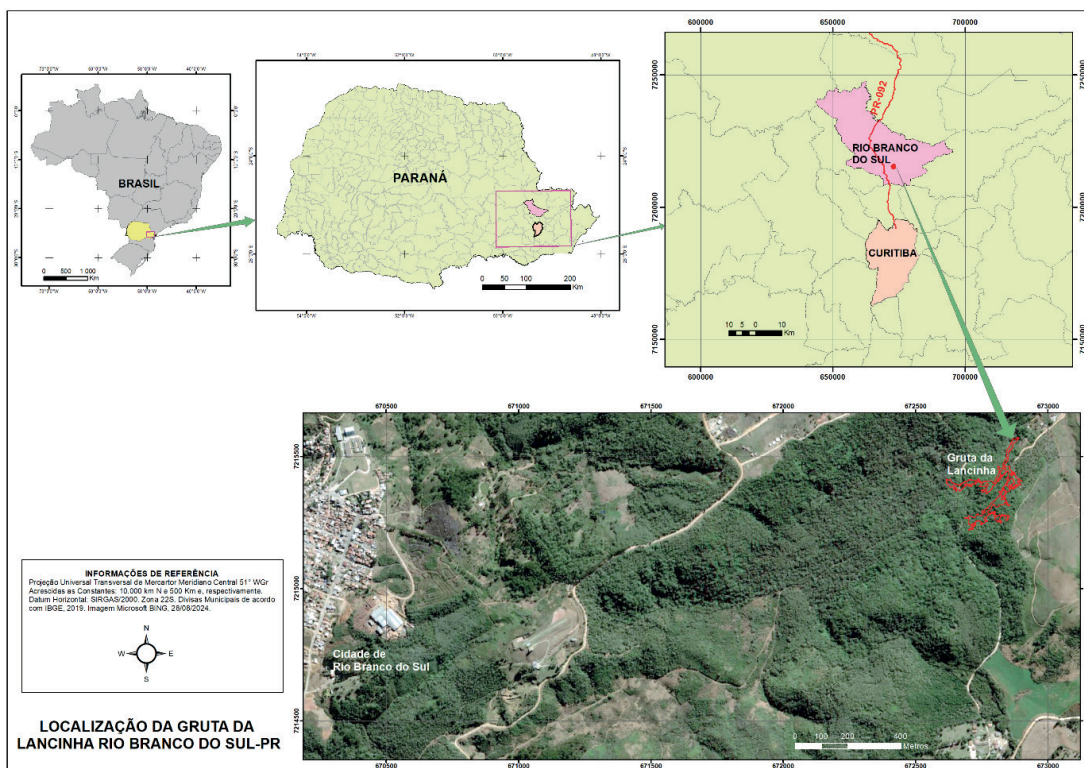


Figure 1 : Localização da Gruta da Lancinha.

## 2. Materials and methods

As diferentes etapas do processo de proteção foram levantados com base em documentos oficiais, trabalhos técnicos científicos e na experiência dos espeleólogos do Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná-Açungui (GEEP-Açungui).

## 3. Results

O processo de proteção da Gruta da Lancinha, permeia a história do GEEP-Açungui, desde sua fundação em 1986.

A caverna foi topografada nessa época, alcançando cerca de 1.800 m de desenvolvimento, e se tornando então a maior caverna do Estado do Paraná. Posteriormente este mapeamento foi atualizado com a inclusão de novas porções da cavidade e seu desenvolvimento ultrapassou os 2.000 m. A Gruta da Lancinha é basicamente caracterizada por dois ambientes, um deles é limitado entre o sumidouro e a ressurgência, representado basicamente pelo conduto onde circula o ribeirão da Lança (ativo) e um segundo ramo de condutos e salões, caracterizado como uma porção sem drenagem perene ativa.

Sua proximidade de Curitiba, a capital do Estado do Paraná e o relativo fácil acesso – cerca de 4 km do centro de Rio Branco do Sul, a transformou ao longo dos anos, na grutamais visitada da região Sul, por estudantes, acadêmicos e grupos de turistas. Foi palco de inúmeros tipos de manifestações em seu interior, especialmente na chamada Salão das Festas, para aniversários e festas temáticas.

Mas já quando da sua descoberta verificou-se a presença de diversas fontes de pressão, que poderiam representar grave ameaça da proteção daquele bem.

Especialmente a presença de uma mineração de calcário em sua ressurgência, e outras lavras em seu entorno. Ações foram tomadas pelos espeleólogos, junto aos órgãos ambientais e patrimoniais, visando sua proteção.

Entre as ações incluíam-se denúncias escritas, protocoladas nos respectivos departamentos, e até uma passeata de espeleólogos a caráter percorrendo toda a rua XV de Novembro (principal rua de pedestres de Curitiba), com carbureteiras e faixas, pela proteção da caverna, em 1987.

Por conta dos dados técnicos então produzidos e das ameaças identificadas, a Gruta da Lancinha foi objeto do Tombamento pelo Conselho Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (CEPHA), em 1988.

Diversos estudos foram efetuados na década de 90 na gruta e seu

Também foram considerados os decretos e portarias oficiais, emitidos pelo Governo do Estado do Paraná.

Estudos e projetos de diferentes épocas foram consultados, verificando-se a evolução do processo e as ameaças a proteção da caverna e seu entorno.

entorno, registrando a biodiversidade associada. A fauna da Lancinha é amplamente documentada, contando com 76 espécies, sendo a maioria delas troglófilas (representadas principalmente por invertebrados) (PINTO-DA-ROCHA, 1994, 1995, 1996a e 1996b).

Subsequentemente a cavidade foi objeto de estudos da fauna aquática (SOUZA et al. 2021; SANTOS et al. 2015) e de um levantamento de fauna de invertebrados e estado de conservação (GHEDIN & OLIVEIRA, 2018). Este último estudo verificou a ausência de vários táxons registrados na década de 90, possivelmente pela visitação desordenada no local.

Entre os troglóbios, são relevantes duas espécies ameaçadas de extinção: a *Ideononcus cavicola* – endêmica do Brasil e popularmente chamada de pseudoescorpião, considerada em perigo de extinção, e a *Arrhopalites paranaensis* – conhecida como colêmbolo ou pulga-de-jardim, que é endêmica e restrita à Gruta da Lancinha e considerada criticamente ameaçada (ICMBIO, 2018).

Tal diversidade é reflexo do desenvolvimento da caverna, da diversidade de ambientes, características das comunicações com o meio externo, aporte de energia e fatores históricos de colonização e extinção. Entretanto, muitas das espécies supracitadas sofrem pressão e desgaste oriundos das populações adjacentes e da atividade de visitação turística desordenada na caverna (pisoteamento da fauna, deposição de resíduos, alterações das poças de guano, entre outros).

Além disso foram feitas diversas propostas de manejo e proteção (REHME, 1993 ; GEEP-ACUNGUI, 1995, 1999, 2023 ; SESSEGOLO et al., 1996,2001, 2006, entre outros) visando embasar esse processo junto ao governo do estado do Paraná.

A criação do Monumento Natural da Gruta da Lancinha, ocorreu através do Decreto Estadual nº 6.538 de 03/05/2006, abrangendo 164,95 ha. O decreto de criação da UC indicou um prazo de 5 anos desde a data de publicação, para a elaboração do plano de manejo. Até o momento esse documento não foi elaborado.

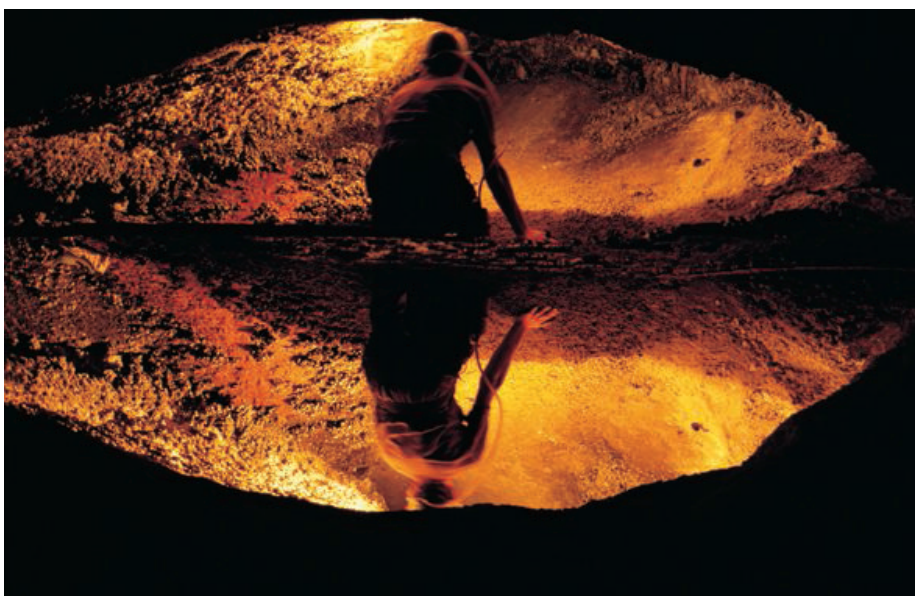


Figure 2 : Espeleólogo explorando a Gruta da Lancinha. Foto de Darci P. Zakrzewski – Acervo GEEP-Açungui.

## 4. Discussion

As iniciativas para proteção à Gruta da Lancinha, por parte de espeleólogos do GEEP-Açungui, iniciaram-se a partir da fundação do grupo, em março de 1986. Foram essas iniciativas que embasaram o Tombamento da Gruta da Lancinha em 1988, pelo Conselho Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico da Secretaria do Estado da Cultura.

Posteriormente estudos efetuados com apoio do MMA/FNMA, indicaram que para garantir a efetiva proteção deste patrimônio recomendava-se a adoção da categoria Parque Estadual, considerando para isso a bacia à montante do ribeirão da Lança, perfazendo 592 ha (GEEP-Açungui, 1995; ZAKRZEWSKI, et. al. 1996).

Novos estudos mais uma vez sugeriram a criação de uma unidade de conservação de proteção integral para a Gruta da Lancinha e entorno (GEEP-Açungui, 1999). Essa definição tomou como base ser fundamental a proteção da bacia à montante, pois a sobrevivência do ambiente cavernícola, nesse caso, estava diretamente ligada ao ribeirão da Lança, que percorre a caverna na sua maior extensão.

Segundo SESSEGOLO et al. (2001), os fatores de pressão ambiental sobre a Lancinha incluíam a mineração realizada sem o devido planejamento e controle ambiental, a poluição hídrica associada ao assoreamento e carreamento de sedimentos e poluentes para dentro da caverna, a expansão urbana e, o turismo desordenado.

O governo do estado do Paraná, quando decretou a criação do Monumento Natural da Gruta da Lancinha em 2006, protegeu uma poligonal contemplando 164,95 ha. Essa ação conduzida praticamente 20 anos após as primeiras iniciativas de proteção, representou uma grande conquista depois de anos de reivindicação de diversas instituições e pesquisadores, mesmo que não mais abrangendo toda a zona a montante da bacia relacionada (SESSEGOLO et al, 2006).

Nos estudos efetuados ao final da década de 90, chama a atenção que já se recomendava que não fossem utilizados veículos de carga em vias situadas sobre a caverna, considerando-se a possibilidade de uma possível desestabilização, devido as vibrações resultantes (SESSEGOLO et al, 2001). Esse aspecto foi de novo tema de oficina

participativa realizada com os órgãos públicos, pelo Projeto Lancinha à Vista (GEEP-Açungui, 2023).

O Projeto Lancinha à Vista atualizou informações acerca da visitação, sobre os visitantes e os moradores do entorno e indicou boas práticas de espeleoturismo. Verificou-se que a população do entorno aumentou consideravelmente nos últimos 20 anos e a ocorrência de conflitos legais com relação ao pertencimento de terra nas adjacências da cavidade. Decorrente do fluxo de visitantes é possível encontrar alterações antrópicas causadas em função da entrada sem rigor e muitas espécies de animais sofrem pressões oriundas das populações adjacentes e da atividade de visitação turística desordenada na caverna (GEEP-Açungui, 2023 ; BOCK et al, 2023a e b ; BUFF et al, 2023 ).

Além disso, o estudo de Nascimento et al. (2023) o qual utilizou sensoriamento remoto na identificação do avanço da mineração sobre o patrimônio espeleológico da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) verificou um crescimento acumulado de mais de 360% na área minerada, concluindo que a atividade é o maior desafio à preservação das cavernas na região, na qual a Gruta da Lancinha está inserida.

Avançando na gestão do patrimônio, a elaboração do Plano de Manejo Espeleológico encontra-se prevista em Termo de Parceria assinado ao final de 2023, entre a Cooperação Técnica Votorantim Cimentos, Sociedade Brasileira de Espeleologia e Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e o GEEP-Açungui.

Uma das demandas adicionais para efetivar a gestão adequada da área, depende da aquisição das terras onde se situa a cavidade e sua doação ao governo do estado. O acerto da questão fundiária representa um dos fatores determinantes para a regularização do manejo e do uso público da caverna, uma vez que a partir dessas confirmações, poderão ser definidos os locais mais adequados a gestão e controle do local.

O passo seguinte para efetivação da proteção, será a elaboração do Plano de Manejo do Monumento Natural, determinando as prioridades de infraestrutura e os acessos a serem utilizados pelos visitantes, entre outras demandas de proteção, gestão e monitoramento ambiental.

## 5. Conclusion

A história do processo de proteção da Gruta da Lancinha demonstra a importância dos diferentes estudos e iniciativas, subsidiando as diferentes esferas de governo, para a efetivação da proteção do patrimônio espeleológico.

O processo englobou diferentes etapas, congregando esforços da sociedade civil, população do entorno, iniciativa privada, grupos de espeleologia e instituições públicas.

Ainda assim muitos desafios ainda estão por vir, uma vez que foi iniciado através de medida compensatória o Plano de Manejo Espeleológico da Gruta da Lancinha. Os passos seguintes devem englobar a

regularização fundiária, a elaboração do Plano de Manejo do Monumento Natural, e a implementação das ações de manejo e gestão.

Espera-se que em mais alguns anos, a Gruta da Lancinha possa representar uma área segura para a visitação pública, que resguarde sua beleza estética, a biodiversidade e geodiversidade associadas, coroando os esforços de tantos pesquisadores e espeleólogos ao longo de quatro décadas.

Assim toda a sociedade ganha e o patrimônio espeleológico de fato estará protegido!

## 6. Acknowledgments

*Agradecemos a atuação e esforços de toda a comunidade espeleológica, especialmente de integrantes do GEEP-Açungui ao longo das décadas, como Darci P. Zakrzewski, Francisco C. Rehme, Almir Pontes Filho e Ricardo Pinto da Rocha, que tiveram papel fundamental através de seus estudos e*

*projetos, na documentação da relevância dessa cavidade. Agradecemos o apoio da Cooperação Técnica Votorantim Cimentos, Sociedade Brasileira de Espeleologia e Reserva da Biosfera da Mata Atlântica para elaboração do Plano de Manejo Espeleológico da Gruta da Lancinha, iniciado em 2023.*

## 7. References

BÖCK, M. C.; PAZ, O. L. de S. da; PAULA, E. V. de. (2023) Visitação desordenada e impactos ambientais em ambiente cavernícola: um estudo sobre o uso público da Gruta da Lancinha – Rio Branco do Sul/PR. *Ateliê Geográfico, Goiânia*, 17 (1): 274–304. DOI: 10.5216/ag.v17i1.73513.

BÖCK, M. C.; BUFF, R. T.; SESSEGOLO, G. C.. Monitoramento do uso público da Gruta da Lancinha: caracterização da visitação e dos visitantes. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. Anais... Campinas: SBE, 2023.

p.320-325. Disponível em: [https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2023/10/37cbe\\_320-325.pdf](https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2023/10/37cbe_320-325.pdf). Acesso em: 08/02/2025.

BUFF, R. T. C.; BÖCK, M. C.; SESSEGOLO, G. C.. Gruta da Lancinha (PR): utilização, potencialidades para a conservação e fatores de pressão advindos das comunidades adjacentes. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. Anais... Campinas: SBE, 2023. p.269-282. Disponível em: [https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2023/10/37cbe\\_269-282.pdf](https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2023/10/37cbe_269-282.pdf). Acesso em: 08/02/2025.

GHEDIN, G.; OLIVEIRA, E. Composição faunística de intertebrados e estado de conservação da Gruta da Lancinha, Rio Branco do Sul, Paraná. 17 f. Monografia de graduação (Ciências biológicas) - Universidade Positivo, Curitiba, 2018.

GRUPO DE ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS-AÇUNGUI. Estudo para implantação do Parque Estadual da Gruta da Lancinha: avaliação ambiental. Curitiba, 1995. (não publicado)

GRUPO DE ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS-AÇUNGUI. Proposta de plano de manejo da Gruta da Lancinha. Curitiba, 1999. Relatório Final apresentado ao Fundo Nacional do Meio Ambiente.

GRUPO DE ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS-AÇUNGUI. Relatório Final - Análise de Uso Público e Fatores de Pressão sobre a Gruta da Lancinha, como subsídios ao manejo adequado do Monumento Natural. Curitiba, 2023. (não publicado)

NASCIMENTO, E. R.; SESSEGOLO, G. C.; BERRA, E. F.; SILVEIRA, C. T. A mineração de rochas carbonáticas na Região Metropolitana de Curitiba (RMC): dados oficiais e de sensoriamento remoto na identificação do avanço da mineração sobre o patrimônio espeleológico regional (1980-2022). In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. Anais... Campinas: SBE, 2023. p.109-115. Disponível em: [https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2023/10/37cbe\\_109-115.pdf](https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2023/10/37cbe_109-115.pdf). Acesso em: 10/02/2025.

PINTO-DA-ROCHA, R. (1994) Invertebrados cavernícolas da porção meridional da Província Espeleológica do Vale do Ribeira, sul do Brasil. *Revta bras. Zool.*, 10( 2): 229-255.

\_\_\_\_\_. (1995) Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). *Papéis Av. Zool.*, 39 (6): 61-173.

\_\_\_\_\_. (1996a) A fauna das cavernas paranaenses da Província Espeleológica do Vale da Ribeira. In: SESSEGOLO, G.C.; ROCHA-DA-SILVA, L.F.; THEULEN, V. (Orgs). *Cavernas do Paraná - Dez anos de Espeleologia*. Curitiba: GEEP-Açungui.

\_\_\_\_\_. (1996b) Description of the Male of *Daguerreia inermis* Soares & Soares, with Biological Notes on Population size in the Gruta da Lancinha, Paraná, Brazil (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). *Revta bras. Zool.*, 13(4):833-842..

REHME, F. C. Gruta da Lancinha: impactos ambientais e uma proposta de unidade de conservação. Curitiba, 1993. Monografia (Especialização em Geografia Ambiental) - Setor de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, S.; BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M.; PÉREZ-LOSADA, M.; JARA, C.; CRANDALL, K. (2015). Three new species of Aeglidae ( AeglaLeach, 1820) from Paraná State, Brazil. *Journal of Crustacean Biology*. 35. 839-849. 10.1163/1937240X-00002376.

SESSEGOLO, G.C.;ZAKRZEWSKI, D.P.; THEULEN, V.; SILVA-DA-ROCHA, L.F. Degradação Ambiental de Cavernas na Região Metropolitana de Curitiba - PR. In: SESSEGOLO, G.C.; ROCHA-DA-SILVA, L.F.; THEULEN, V. (Orgs). *Cavernas do Paraná: Dez anos de Espeleologia*. Curitiba: GEEP-Açungui, 1996.

SESSEGOLO, G.C.; THEULEN, V.; SILVA-DA-ROCHA, L.F. PINTO DA ROCHA, R. Conservação e Manejo da Gruta da Lancinha, Rio Branco do Sul/Pr. In: SESSEGOLO, G.C.; ROCHA-DA-SILVA, L.F.; OLIVEIRA, K. L. (Orgs). *Conservando cavernas: Quinze anos de Espeleologia*. Curitiba: GEEP-Açungui, 2001.

SESSEGOLO, G. C.; SILVA DA ROCHA, L. F., LIMA, F. F. *Conhecendo Cavernas: Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba: 2006.

SOUZA, C. H. ; OLIVEIRA, E.; Ghedin G. S. . (2021) Biomonitoramento e Dinâmica Espacial e Temporal de Macroinvertebrados no Ribeirão da Lança: Trecho da Gruta da Lancinha, Rio Branco do Sul, Paraná. *Brazilian Journal Of Ecology (Impresso)*, 1: p. 62-80.

ZAKRZEWSKI, D. P. ; SESSEGOLO, G.C.; MOTTA, M.N.J.; THEULEN, V. BONATTO, F.; REHME, F.C. Proposta para implantação do Parque Estadual da Gruta da Lancinha, Rio Branco do Sul – PR. In: *Cavernas do Paraná: dez anos de espeleologia GEEP-Açungui*. Curitiba, 1996.

# Estratégias para o turismo sustentável: mapas de zoneamento espeleológico em Pains, MG

Giovana Batista Soares (1), Dr. Pedro Luiz Teixeira De Camargo (2), Dr. Marcos Santos Campello (3) & Juliana Nascimento Magno (4)

(1) Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí (IFMG), Grupo de Espeleologia de Pains (EPA), giovana.bio23@gmail.com

(2) Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí (IFMG), pedro.camargo@ifmg.edu.br

(3) Instituto de Geociências (IGC/UFMG), mscampello2005@yahoo.com.br

(4) Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Campus Ibitiré, julianamagno.bio@gmail.com

## Resumo

Pains, MG é o município reconhecido por suas numerosas cavidades naturais, enfrentando um dilema entre conservação e exploração. Objetivo deste artigo é propor o zoneamento espeleológico das cavernas (Tio Rafa I e II), visando à conscientização ambiental e o potencial para o geoturismo. Métodos, realizado saídas de campo para a obtenção de dados topográficos, geológicos e biológicos. Através do software ArcGIS, foi feito o georreferenciamento dos mapas e imagens de satélite. O zoneamento foi definido conforme o potencial espeleológico, culminando na geração de mapas com simbologia apropriada. Resultados, foram delineadas zonas, como: uso extensivo, preservação, uso restrito e intensivo, visando à gestão sustentável do turismo. Identificou áreas críticas para visitação, subsidiando a necessidade de um plano de manejo mais detalhado. Conclusão, fornecerá uma ferramenta essencial para a conservação dos ecossistemas cavernícolas e a segurança dos visitantes da área de pesquisa, minimizando os impactos das possíveis atividades turísticas que possam ocorrer.

## Abstract

Pains, MG is the municipality recognized for its numerous natural cavities, facing a dilemma between conservation and exploitation. The objective of this article is to propose the speleological zoning of the caves (Tio Rafa I and II), aiming at environmental awareness and the potential for geotourism. Methods involved field trips to obtain topographic, geological, and biological data. Through the ArcGIS software, maps and satellite images were georeferenced. Zoning was defined according to speleological potential, resulting in maps with appropriate symbology. Results delineated zones such as extensive use, preservation, restricted use, and intensive use, aiming at sustainable tourism management. Critical visitation areas were identified, supporting the need for a more detailed management plan. In conclusion, it will provide an essential tool for the conservation of cave ecosystems and the safety of visitors to the research area, minimizing the impacts of potential tourist activities.

## 1. Introdução

As cavidades e seus elementos, como fauna, flora e espeleotemas, são sensíveis ao ambiente epígeno e vulneráveis a alterações ambientais, ameaçando a integridade dos ecossistemas cavernícolas, CHAVES (2017). Desde o século XVI, atividades antrópicas, como a extração de salitre, impactaram essas áreas, e atualmente a exploração continua através de mineração e poluição, AULER & ZOGBI (2005). Para mitigar esses efeitos, a conservação da biodiversidade é crucial, embora as ações enfrentem resistência, GATTI (2020). Sendo assim, este artigo ambiciona, por meio dos mapas de zoneamento espeleológico, o início de um plano de manejo para que essas cavidades tenham uma perspectiva multidisciplinar, visando tornarem-se atrativos turísticos em uma área de estudo chave, no município de Pains, MG. Este está inserido em uma das áreas prioritárias para a conservação e pesquisa bioespeleológica em razão da sua elevada concentração de cavidades e diferencial biológico. Além disso, o município está localizado em uma

das províncias cársticas mais ricas do Brasil, a área cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis DRUMMOND et al., (2009).

O local possui cerca de 2.570 cavidades naturais subterrâneas cadastradas, conforme o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas, CANIE (2021). Contudo, abrange um emblemático impasse entre a preservação das cavidades e a exploração do calcário/dolomito pela atividade minerária, sendo a área mais ameaçada do estado, ZAMPAULO (2010). Para a elaboração de estratégias sustentáveis relacionadas à população e o ambiente cavernícola, tem-se o desenvolvimento de planos de manejo. O Plano de Manejo significa a elaboração e a compreensão de todas as ações necessárias para o manejo e uso sustentável dos recursos naturais em qualquer atividade dentro de uma área e seu entorno, de modo a conciliar, de forma adequada e em locais apropriados, os diversos tipos de usos com a conservação da biodiversidade BIOSFERA (2022).

## 2. Materiais e métodos

Diante dos aspectos elencados e perante a importância da região cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis, este artigo tem o intuito de gerar o zoneamento espeleológico em duas cavidades naturais no município de Pains. Além de propor a caracterização de atributos para um plano de manejo focado na conservação e conscientização acerca dos invertebrados cavernícolas e o geoturismo.

Pains é um município localizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, com uma população residente de 8.142 pessoas, conforme o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2022). A cidade possui uma área territorial de 421,862 km<sup>2</sup> e, segundo o IBGE (2022), é cortada pela rodovia MG-050, que liga Belo Horizonte a São Paulo. Situado a 728 metros de altitude, o local tem as seguintes coordenadas geográficas: UTM, 23K (7.748.320N, 429.500E) e (7.744.000N, 429.500E), FREITAS (2009).

Zoneamento espeleológico é um instrumento de ordenamento do

## 3. Resultados

As plantas baixas das cavidades, que representam os contornos do mapeamento das cavernas, foram disponibilizadas pela empresa Mineração Timburé LTDA, dona do domínio minerário onde se encontram a Tio Rafa I e Tio Rafa II. Em seguida, os contornos foram embasados nessas plantas baixas para gerar os dois mapas de zoneamento espeleológico. As duas cavidades foram analisadas durante as saídas de campo pela equipe de especialistas, onde verificaram zonas importantes para visitaçã e não visitaçã, sendo divididas da seguinte forma:

**Zona de Uso Extensivo:** Área destinada ao deslocamento dos visitantes ao longo das cavidades, minimizando interferências nos aspectos biológicos e físicos. Está identificada em verde claro no mapa.

**Zona de Preservação:** Na cavidade Tio Rafa II, há raízes no teto que tocam o solo, fornecendo nutrientes para invertebrados e para a biologia subterrânea. Na outra cavidade, há aspectos físicos frágeis, como o paleopiso e estalactites na entrada, além de canais de drenagem com muitas raízes que também contribuem para a nutrição biológica.

**Zona de Uso Restrito:** Na caverna Tio Rafa I, o acesso é difícil devido ao desnível e aos espeleotemas, exigindo cuidado. Na Tio Rafa II, o final da caverna requer experiência, pois há blocos de guano e morcegos *Desmodus rotundus*.

**Zona Restrita Temporária:** Delimitada pela presença de fragmentos de cerâmica, é necessário resgatar esses artefatos para preservação e estudo, podendo-se considerar um museu na Unidade de Conservação, em ambas.

**Zona Intensiva:** As entradas das cavidades são áreas de uso intensivo, comportando mais pessoas antes do percurso dentro das cavernas.

Os pontos de importância foram elaborados para que durante a visitaçã haja locais interessantes com diferentes ambientes e caracte-

terísticas que sintetiza os resultados obtidos nas etapas de mapeamento e avaliação da infraestrutura existente nas cavidades, propondo áreas para diferentes usos em função dos objetivos específicos a atingir. Este zoneamento espeleológico é de caráter preliminar e deve ser aprimorado através do manejo adaptativo proposto no plano de manejo.

A pesquisa utilizou essas duas cavidades de Pains para gerar os mapas. A metodologia contou com a coleta de dados topográficos, geológicos e biológicos da área de estudo, através de saída de campo de 6 dias com equipe composta por biólogos, geólogos e espeleólogos. Depois, foi feita a importação dos dados coletados para o software ArcGIS. Em seguida, o georreferenciamento de mapas e imagens de satélite foi realizado. A definição do zoneamento foi feita de acordo com o potencial espeleológico de cada cavidade. E, por fim, a geração de mapas utilizando simbologia adequada para diferenciar as diferentes zonas identificadas.

terísticas para que o visitante possa entender toda a dinâmica de um ambiente cavernícola. Os pontos da Tio Rafa I (Fig. 1) foram divididos :

P1: Início da visitaçã, onde os visitantes se ambientam à mudança de luz e temperatura, notando a transiçã para a penumbra.

P2: Ponto com muitos espeleotemas, paleopiso e estromatólitos nas paredes, tornando-o relevante no percurso turístico.

P3: Zona restrita, explicada aos visitantes pela presença de desnível e condutos baixos, que exigem cuidado para preservar espeleotemas e a biologia local.

P4: Área onde os visitantes percebem a vastidão dos salões e a maior escuridão, proporcionando uma experiência imersiva.

P5: Quarta entrada da cavidade, com uma estrutura física diferenciada, sendo ascendente, mais larga e com blocos.

P6: Último ponto, com estalactites diferentes das da entrada e a presença de morcegos voando.

Os pontos da Tio Rafa II (Fig. 2) também foram divididos:

P1: Início da visitaçã, onde os visitantes se ambientam à mudança de luz e temperatura. Apresenta um falhamento inverso, com rochas calcínicas e dolomíticas, estromatólitos nas paredes, e fragmentos de cerâmica que serão removidos antes das visitas.

P2: Ponto com o canal de drenagem, importante para o meio abiótico, com muitas raízes no piso e fluxo de água durante chuvas.

P3: Região com aglomerados de espeleotemas nas paredes, onde o canal de drenagem continua até o fim da cavidade.

P4: Área com muitas raízes saindo do teto, recurso vital para os invertebrados, tornando-se um ponto trófico importante. P5: Último ponto, com guano sob uma pequena colônia de morcegos *Desmodus rotundus* (morcego-vampiro), destacando uma característica única do ambiente.

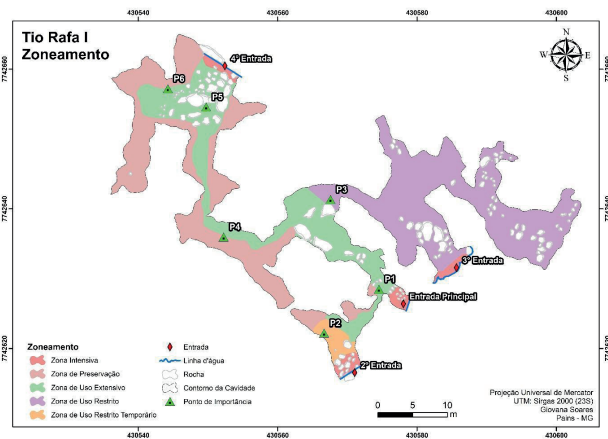


Figure 1: Zoneamento cavidade Tio Rafa I.

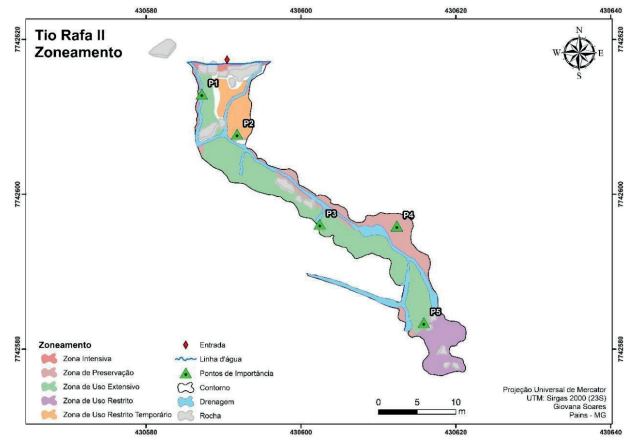


Figure 2: Zoneamento cavidade Tio Rafa II.

## 4. Conclusão

O zoneamento espeleológico das cavidades fornece uma ferramenta essencial para a criação de um plano de manejo turístico mais detalhado em ambientes cavernícolas. Ele permite identificar áreas de maior sensibilidade ambiental, como zonas de preservação e habitats de espécies

vulneráveis. Esses mapas garantem um manejo seguro, promovendo turismo sustentável, conservação dos pontos importantes e conscientização sobre o ambiente cavernícola da região cárstica de Pains, MG.

## Agradecimentos

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado, enriquecendo meu processo de aprendizado. Em especial, expresso minha gratidão ao Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo, meu orientador, e ao Dr. Marcos

Santos Campello, meu coorientador, pelo valioso apoio e orientação. Agradeço também ao IFMG Bambuí pela oportunidade e suporte ao longo dessa jornada, e ao grupo de espeleologia de Pains (EPA) pelo constante apoio e incentivo.

## Referências Bibliográficas

AULER, A.; ZOGBI, L. (2005) Espeleologia: noções básicas. 1a ed. São Paulo: Redespeleo Brasil.

BIOESFERA. (2023) Plano de Manejo. Disponível em: <https://www.biosferamg.com.br/arborizacao/plano-de-manejo/>. Acesso em: 23 abr.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV) Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), 2021. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 01 maio. 2023.

CHAVES, J.J da S. (2017) Estudo geomorfológico sobre as cavidades naturais da Paraíba. UFPB. João pessoa.

DRUMMOND, C. S. M. et al. (2009) Biota Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.

FREITAS, P. M. C. (2009) Estudo de intercomunicação hidráulica superficial – subterrânea no Carste da área periurbana de Pains/MG, utilizando-se traçador Rodamina WT.

GATTI, R.C. (2020) A institucionalização de “outras medidas efetivas de conservação baseadas em área” nas políticas públicas ambientais brasileiras: princípios e desafios para a implementação. ENAP. Brasília – DF.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pains. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/pains.html>. Acesso em: 7 out. 2023.

PANIAGO, R.C; PANIAGO, Y.C; STUMPF, C.F; LIMA, S de A. (2022) Registros de impactos ambientais em cavernas na região do projeto Unalândia, noroeste de Minas Gerais, Brazil. Anais do 36<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia Brasília/DF, 20-23 de abril – Sociedade Brasileira de Espeleologia.

ZAMPAULO, R. (2010) Diversidade de invertebrados cavernícolas na Província Espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, Lavras.

# Adjusted cave carrying capacity for cave managing: an example from Colombia

Nathalia Uasapud (1), Marion Weber (2) & Allan Calux (3)

(1) Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Medellín, Colombia, nvuasapu@unal.edu.co (corresponding author)

(2) Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Medellín, Colombia, mweber@unal.edu.co

(3) CARSTOGRAFICA Karst Applied Research Centre, Campinas, Brazil, calux@carstografica.science

## Abstract

This paper presents an exercise to calculate the carrying capacity of three caves (La Gruta Cave, Heider Cave, Marleny Cave) located in the Oriente Antioqueño Karst (KOA), Colombia, for which an adjustment based on sensitivity indices adapted to the characteristics of the caves is proposed. Local families already manage tourism in the area, and although it is now better organized, years of informal tourism have caused damage to the caves. The results show that La Gruta Cave and Marleny Cave are severely sensitive, while Heider is considerably sensitive, so tourism activities could seriously affect the underground environment. The carrying capacity without adjustment shows that the three caves could enter more than 100 people per day. This is like the time when informal tourism was carried out. Still, the adjustment of carrying capacity with sensitivity reduces this number by more than 65%, which is a number following the recommendations of the environmental authority and the existing technical standard, which allows better control of the groups and establishes better tourism practices.

## Resumen

Este trabajo presenta un ejercicio de cálculo de capacidad de carga de tres cavidades (La Gruta Cave, Heider Cave, Marleny Cave) ubicadas en el karst del Oriente Antioqueño (KOA), Colombia, para el cual se propone un ajuste basado en índices de sensibilidad adaptados a las características de las cavidades. En la zona ya se realiza un turismo manejado por las familias locales y aunque en la actualidad, está mejor organizado, años de turismo informal causaron daños en las cavidades. Los resultados arrojan que La Gruta Cave y Marleny Cave son severamente sensibles, mientras que Heider es considerablemente sensible por lo cual las actividades turísticas podrían afectar gravemente los entornos. La capacidad de carga sin ajuste muestra que en las tres cuevas podrían entrar más de 100 personas al día, cifra similar al tiempo del turismo informal, pero el ajuste de capacidad de carga con la sensibilidad reduce este número en más del 65% que es una cifra acorde a las recomendaciones de la autoridad ambiental y la norma técnica existente, que permiten controlar mejor a los grupos y establecer mejores prácticas turísticas.

## 1. Introduction

Cave tourism, or speleotourism, is a form of tourism that has become quite well-known in the last century (CHIARINI et al., 2022). However, the unique conditions of caves make them highly sensitive environments, making them susceptible to anthropogenic impacts (MAMMOLA et al., 2019). Tourism in caves produces impacts associated with damage to speleothems (HUPPERT et al., 1993), disturbance of fauna (PACHECO et al., 2020), alteration of the microclimate (CALAFORRA et al., 2003), and contamination, among others (ROTH, 1993), which can seriously affect the underground environment. Because of this, it is necessary that, when planning a tourist activity inside a cave, the required measures are taken to ensure the conservation of the subway environment (CIGNA, 2016; LOBO et al., 2013). The calculation of the carrying capacity is a tool for the management of show caves that helps to regulate the number of people entering a cavity, whose number is based on the physical space

and correction factors applied that seek to ensure less pressure from tourism on the system (LOBO, 2015).

The following work shows a pilot test on the tourist management of some caves based on applying an adjusted carrying capacity methodology with the cave sensitivity index (CSI) adapted to the area's conditions. The caves analyzed correspond to three touristic cavities: La Gruta cave, Heider cave, and Marleny cave, which are part of the La Danta karst system (SKLD), a small karst system within the protected area (DRMI Bosques, mármoles y Pantágoras) and is located at the south of the Oriente Antioqueño Karst (KOA) which is located in the east of the department of Antioquia, Colombia (Figure 1). This karst corresponds to a tropical marble stripe karst whose speleological development is mainly controlled by fluviokarstic systems tectonically controlled by the regional tectonic structures (UASAPUD, 2024).

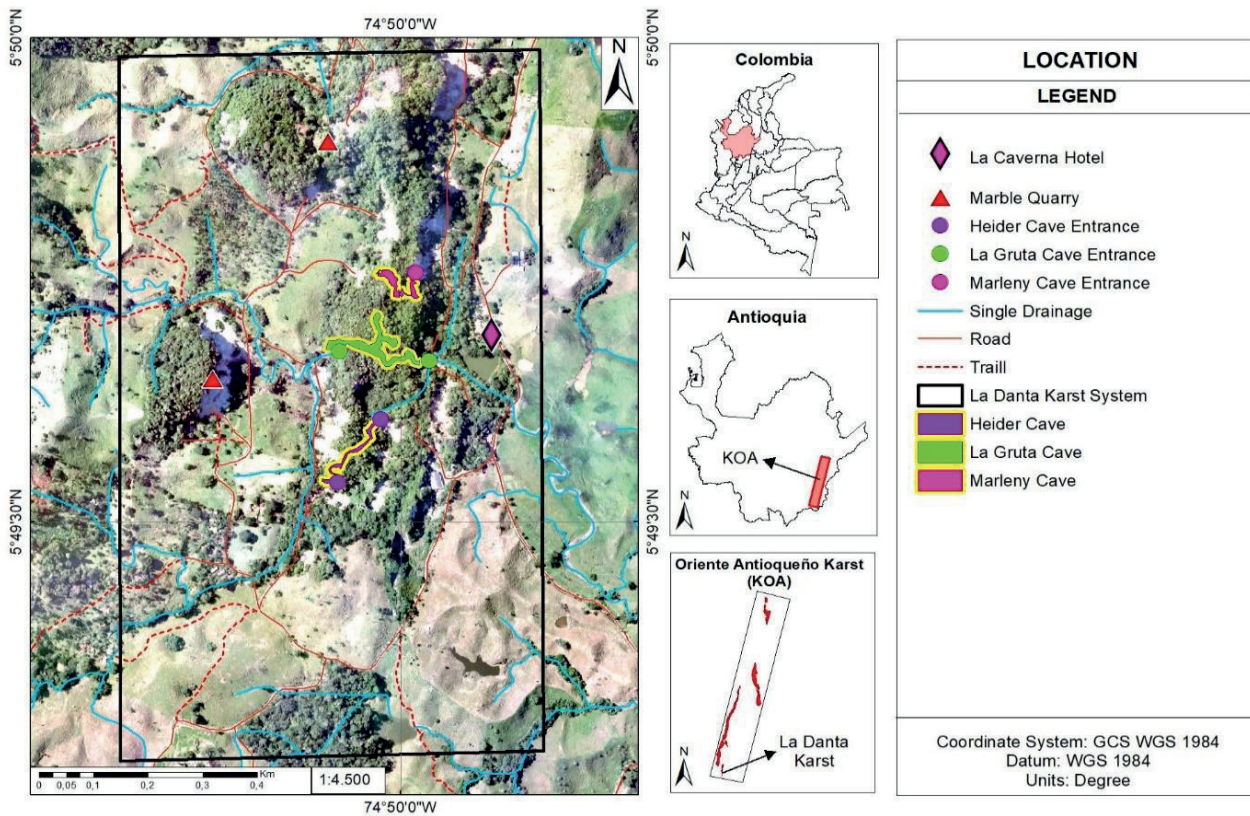


Figure 1: Location of the study area.

## 2. Materials and methods

To conduct this study, a geological, geomorphological, hydrological, and speleological baseline survey of the study area was carried out. This survey obtained vital information about the caves, such as their general sensitivity and degree of deterioration. From here, we began to define critical parameters for each of the three caves that could play an essential role in determining the number of tourists who can visit the cave. In addition to this, interviews and observations on tourist dynamics were also conducted.

For the caves' physical carrying capacity (PCC), the methodology of LOBO (2015) was applied, where the physical carrying capacity is first calculated based on the recovery time of the atmospheric parameters of the cavities. The methodology was chosen because the caves analyzed possess several narrow passages (bottlenecks). The adjustment to obtain a more realistic carrying capacity was made using the methodology and values of the Cave Sensitivity Index (CSI) proposed by HARLEY et al. (2011) (Figure 2) and whose matrices were adapted to the study area by UASAPUD (2024) (Figure 3). Thus, the adjusted carrying capacity (ACC) is obtained only by taking a percentage of the physical carrying capacity (PCC) according to the CSI, which limits the number of visitors to the caves as shown in the following equation:

$$ACC = (1 - CSI) * PCC$$

Donde:

- ACC: Adjusted Carrying Capacity
- CSI: Cave Sensitivity Index
- PCC: Physic Carrying Capacity

This method obtains a carrying capacity adapted to the cavities' conditions; the more sensitive the caves are, the lower the carrying capacity will be.

CSI value	Degree of sensitivity
0.81-1.00	CS: Critically Sensitive
0.71-0.8	SS: Severely sensitive
0.61-0.70	CoS: Considerably Sensitive
0.51-0.60	S: Sensitive
0.40-0.50	MS: Moderately Sensitive
0.20-0.39	SIS: Slightly sensitive
0.00-0.19	LS: Low sensitive

Figure 2: Values and degrees of cave sensitivity. Modified from HARLEY et al. (2011).

Variable	Value	Description
Biotic	3	Many individuals of one species or multiple individuals of many species.
		Pre sence of endangered or endemic species.
		Pre sence of new specie s.
	2	Several individuals of one or more species
	1	Few species of one or more species
	0	No resources
Atmospheric	3	Unventilated cavern, with most galleries corresponding to constant temperature zones
		No Information
	2	Cavern with easy temperature recovery ventilation regulated by internal factors
	1	Good ventilation without significant temperature change s
	0	Rocky shelter or short cavity with large inlets, internal temperature easily controlled with external temperature.
Hydrology	3	Direct connection to the aquifer
		Continuous or intermittent internal water flow
		Dripping, seepage, and the presence of pools and ponds.
	2	Dribs, leaks, and ponds in multiple areas
	1	Shortage of seepage, ponds, and localized drips
	0	No resources
Scenic beauty	3	Abundance of speleothems
	2	Speleothems in multiple areas
	1	Scarce or localized speleothems
	0	No resources
Mineralogy	3	Abundance of minerals or presence of new minerals
	2	Mineral coatings in multiple areas
	1	Shortage of mineral occurrences (mineral coatings)
	0	No resources
Soil	3	The entire cave has clay soil susceptible to compaction
	2	Clay soils in much of the cavity
	1	Clay soils in some sectors of the cave
	0	Rock floor or rocky alluvial deposit
Archeology	3	The cave was declared as an archaeological heritage site
	2	Cultural elements in multiple areas
	1	Scarcity or localized occurrences of cultural elements
	0	No resources
Legislation	3	A cavity in a protected area
		Cave without previous studies
	2	Cavity in buffer zone
	1	Cavern already intervened
	0	Deteriorated cave

Figure 3: Sensitivity cave index calculation parameters were adjusted for the caves in the area.



Figure 5: Heider Cave's eastern entrance.

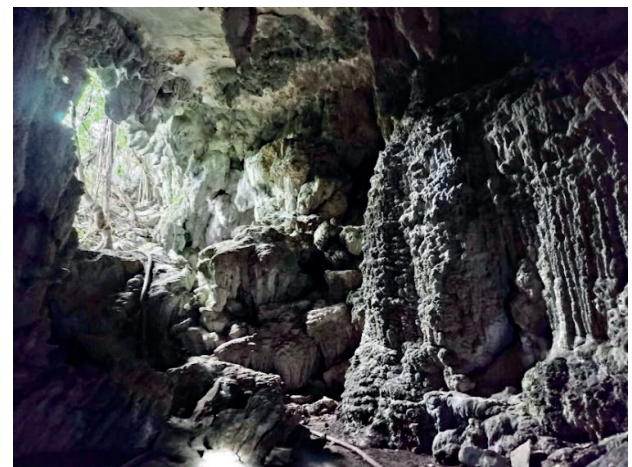


Figure 6: Marleny Cave.

### 3. Results

#### 3.1. General information about the caves

La Gruta cave: This is the main active cave of the system with an extension of 350 m. Its galleries are distributed in three sub-horizontal levels with abundant zenithal and parietal speleothems, like stalactites, pillars, popcorn, rock flow, and curtains. Karren forms are visible on the walls and floors of all levels, being more abundant in the active level of the cave, evidencing its fluviokarstic origin (Figure 4). This cave is home to a large colony of oil birds in its main saloon, which also contains colonies of bats, fish, amphibians, reptiles, and arthropods. This cave also has archeological elements in its eastern and western entrances, including petroglyphs, pictographs, and ceramic material distributed on its three levels and adjacent shelters.

Unfortunately, this cave has suffered impacts associated with vandalism of speleothems and archaeological relics and severe damage from informal mining several years ago in the sector.

Heider Cave: This fossil cave is associated with a gallery of La Gruta cave. It currently has a length of 280 m of galleries and bottlenecks; however, from previous studies (UASAPUD & WEBER, 2021), it is known that this cave was a more extensive gallery that connected directly with La Gruta cave. However, that connection was destroyed by mining activities. This cave has two marked sub-horizontal levels, where the presence of zenithal and parietal speleothems such as stalactites, rock flow, curtains, and popcorn predominate and cover most of the walls and ceilings of the cave (Figure 5). Karren forms are scarce since they are covered. However, those visible show the fluviokarstic origin of the cavity. Cemented alluvial deposits are found in this cavity; the soil is mainly clayey. Heider Cave has different colonies of bats, amblypygids, spiders, and crickets.

This cave is the most deteriorated because excessive tourism has compacted the soil along the entire route. Vandalism and graffiti on the walls damaged most of the cave.

Marleny Cave: This is another fossil cave of the system. It has a length of 200 m distributed in 5 sub-horizontal levels of galleries, halls, and bottlenecks. Marleny is the best-decorated cave in the system, with zenithal, parietal, and pavement speleothems such as stalactites, stalagmites, pillars, gours, curtains, lava flows, coralloids, and popcorn, among others (Figure 6). In some cave sectors, karren remnants show the fluviokarst origin of the cavity. The soil in Marleny is mainly clay. The cave contains colonies of bats, amblypygi, crickets, and spiders. Marleny is the best-preserved tourist cave in the system.

#### 3.2. Touristic dynamics

Tourism in the caves is mainly managed by the families that own the lands. Visits to the caves are sporadic, with a more significant influx of tourists on weekends and vacations (December-January, June-July). The caves do not have any internal infrastructure installed for tourism, so the tour is done through the cave galleries, mainly following a circuit where you first visit Marleny Cave and then follow a trail over the top of the hill, then visit Heider Cave, and finally pass through La Gruta Cave, which is the most visited cave in the entire sector.

Currently, property owners control tourism in La Gruta and Marleny caves more. They were trained and certified in speleotouristics, and they also improved the facilities outside the cave with a visitor cottage, trails, and sanitary infrastructure to receive visitors. A mining company owns Heider Cave land, which is currently abandoned, and lets visitors do whatever they want in this cave.

#### 3.3. Physical carrying capacity (PCC)

Figure 7 shows the physical carrying capacity for the three studied caves.

Variables	Unit	La Gruta	Heider	Marleny
Available time for visitation	Minutes	500	510	520
Total time for visitation	Minutes	540	540	540
Duration of the visitation	Minutes	40	30	20
Time-lapse between groups	Minutes	60	60	60
Number of groups of visitors per day	Groups	8,33	8,50	8,67
Size of visitors' groups	Visitors	17	17	8
daily limit of visitation	Visitors per day	141,67	144,50	69,33
Pause time	Minutes	15	20	20
Total recovery time	Minutes	300	60	120
Maximum possible time to the atmosphere to recover	Minutes	900	900	900
Maximum time of stay accepted for a particular area inside a cave	Minutes	45	300	150

Figure 7: Physical carrying capacity (PCC) for the studied caves.

#### 3.4. Cave sensitivity index (CSI)

Variable\Cave	La Gruta	Heider	Marleny
Biotic	3	2	2
Atmospheric	1	2	2
Hydrology	3	1	2
Scenic beauty	3	2	3
Mineralogy	2	2	2
Soil	1	3	3
Cultural or historical	3	0	0
Legislative	3	3	3
<b>CSI</b>	<b>0,79</b>	<b>0,63</b>	<b>0,71</b>
<b>Sensitivity degree</b>	<b>SS</b>	<b>CoS</b>	<b>SS</b>

Figure 8: shows the cave sensitivity index for the three studied caves.

### 3.5. Adjusted carrying capacity (ACC)

	La Gruta	Heider	Marleny
<b>PCC</b>	141,67	144,50	69,33
<b>CSI</b>	0,79	0,63	0,71
<b>ACC</b>	<b>29,75</b>	<b>53,47</b>	<b>20,11</b>

Figure 9: shows the adjusted carrying capacity for the three studied caves.

## 4. Discussion

The results of the cave sensitivity index show that La Gruta cave has the most fragile elements in its interior, consistent with its hydrological, biotic, and archaeological elements. In contrast, the other two caves are characterized by their outstanding scenic beauty. All these factors make these three caves highly sensitive. It is also important to highlight that the area has suffered degradation due to mining and tourism, whose effects are visible inside the caves (RESTREPO, 2007; UASAPUD, 2018; UASAPUD & WEBER, 2021; UASAPUD, 2024), affecting the conditions of the caves, especially Heider cave.

On the other hand, the adjusted carrying capacity shows that the modification of the methodology limits the number of visitors considerably and differentially for each of the caves, leaving a daily number of visitors of 29 people for La Gruta Cave, 53 people for Heider Cave, and 20 people for Marleny Cave. This number is much lower than that yielded

by the physical carrying capacity (141 people per day for La Gruta cave, 144 for Heider cave, and 69 for Marleny cave). Reducing the number of people in the groups visiting the caves is much more beneficial because it is possible to have more control over the activities carried out and more personalized attention can be given during the tour.

Given this new data on carrying capacity, it is possible to propose fewer daily tours, with only four tours with 7 people for La Gruta Cave, four tours with 13 people for Heider Cave, and four tours with 5 people for Marleny Cave. All these new tours will take place every two hours. In the case of taking the Heider Cave and La Gruta Cave circuit, the guide must use the smallest carrying capacity, which in this case would be La Gruta Cave. This number of tourists per cave complies with the only regulation in force in the country (NTC AV012 2008).

## 5. Conclusion

Methodologies for calculating carrying capacity in caves are valuable tools to guide tourist cave managers and decision-makers in the tourist management of caves. However, the application of these methodologies should be supported by previous baseline studies that allow an understanding of the particularities of the caves to adapt key parameters of the methodologies to obtain more accurate and realistic results when applying each one.

There are significant differences between the number of daily visitors for the three caves analyzed before and after applying the CSI adjustment. The percentages of reduction in carrying capacity were more than 65% for the three caves. This reduction allows tourism to be managed in fewer groups per day, leaving much more time between visits, which mainly benefits the fauna and the microclimate of the caves. Even so, it is crucial to insist on installing infrastructure such as walkways to the fossil caves and restricting access to La Gruta Cave during the Oilbirds'

nesting period to mitigate the effects of tourism a little more. Concerning the Heider Cave situation, it is recommended that the cave be closed to the public until adequate infrastructure is implemented in the cave, in addition to plans for the recovery of the cave, which is mainly affected by soil compaction and mud graffiti.

Finally, continuous follow-up and monitoring of the tourist activities are recommended to record changes in the different variables, improve the sensitivity matrix, and take much more personalized management measures and decisions regarding the different elements of the caves.

This exercise is one of the few examples of carrying capacity calculation applied in Colombia and can serve as an example for the already existing speleological heritage protection law (Law 2237 of 2022), which is being regulated by the Colombian state and will include within its sections the regulation of tourist activities for Colombian caves.

## Acknowledgments

This project was partially funded by the Minciencias project 80740-111-2019, "Paleoecological and paleoclimatic reconstruction of the karst system of La Danta, Magdalena Medio—A basis for sustainability and conservation of the natural resource in Colombia." It is part of Nathalia Uasapud's Ph.D. thesis, supported by the Becas de Excelencia Doctoral

del Bicentenario Program. The authors thank the Research Group in Applied Mineralogy and Bioprocesses (GMAB) of the Universidad Nacional de Colombia for hosting this research project and the Quintero family's accompaniment and support during the field trips.

## References

- CALAFORRA, J.M., FERNANDEZ-CORTES, A., SANCHEZ-MARTOS, F., GISBERT, J., PULIDO-BOSCH, A. (2003). Environmental control for determining human impact and permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use. *Environmental Conservation*, 30,160–167.
- CHIARINI, V., DUCKECK, J. DE WAELE, J. (2022). A Global Perspective on Sustainable Show Cave Tourism. *Geoheritage*, 14, 82 (2022).
- CIGNA, A. (2016). Tourism and show caves. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*, 60, 217-233

- HARLEY, G. L., POLK, J. S., NORTH, L. A., & REEDER, P. P. (2011). Application of a cave inventory system to stimulate development of management strategies: the case of west-central Florida, USA. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2547–57
- HUPPERT, G., BURRI, E. FORTI, P. (1993). Effects of tourist development on caves and karst. *Catena*, 25, 251–268.
- LOBO, H. A. S. (2015). Tourist carrying capacity of Santana cave (PETAR-SP, Brazil): A new method based on a critical atmospheric parameter. *Tourism Management Perspectives*. 16. 67-75.
- LOBO, H.A.S., TRAJANO, E., MARINHO, M. DE A., BICHUETTE, M.E., SCALEANTE, J.A.B., SCALEANTE, O.A.F. (2013). Projection of tourist scenarios onto fragility maps: Framework for determination of provisional tourist carrying capacity in a Brazilian show cave. *Tourism Management*, 35 (2), 34–243.
- MAMMOLA S. (2019). Finding answers in the dark: caves as models in Ecology fifty years after Poulson and White. *Ecography*, 42(7), 1331–1351.
- PACHECO, G., OLIVEIRA, M.P., CANO, E., SOUZA-SILVA, M. FERREIRA, R. (2020). Tourism effects on the subterranean fauna in a Central American cave. *Insect Conservation and Diversity*. 14.
- RESTREPO, C. (2007). El deterioro del sistema kárstico de La Danta. En: *Patrimonio Geológico, Arqueológico e Mineiro em Reioes Cársicas*. Batalha ed. 47 – 53.
- UASAPUD, N. (2024). Estudios de sistemas kársticos en mármol – La Danta, Magdalena Medio Colombia, contribución a la geoconservación y el uso sostenible.. Universidad Nacional de Colombia.
- UASAPUD, N., WEBER, M. (2021). Impactos de la actividad minera en áreas kársticas y la importancia del reporte espeleológico: Caso de estudio, sistema kárstico de La Danta. *Memorias del II Congreso Colombiano de Espeleología*.
- UASAPUD, N.V. (2018). Aplicación de índices ambientales para conocer el estado y las prioridades de conservación de algunos elementos del karst del oriente antioqueño. Universidad Nacional de Colombia. D47.



Session 08

**CAVE AND KARST PROTECTION  
AND MANAGEMENT**

---

08.3 : Environmental Education



# Application of the CGI approach to assess the stability of natural caves

Abdelmadjid Benrabah (1), Luis Jorda Bordehore (1), Ahmed Al Malabeh (2), Iuri Viana Brandi (3) & Marcelo Roberto Barbosa (4)

(1) ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/Prof. Aranguren, s/n, 28040 Madrid, Spain. Abdelmadjid.benrabah@alumnos.upm.es, l.jorda@upm.es (corresponding author),

(2) Department of Earth and Environmental Science, P.O.Box 150459, 13115 – Zarka / Jordan, am@hu.edu.jo

(3) Vale S.A Estrada Raimundo Mascarenhas S/N, Núcleo de Carajás, Parauapebas, Pará, Brasil, iuri.brandi@vale.com

(4) MB Consultoria Mineral, Av. Alt. Avel. Soares, 1110/2, Belo Horizonte, MG, Brasil, marcelo.barbosa@mbcm.com.br

## Abstract

Since the 1970s, geomechanical classifications like RMR and Q have been widely applied to tunnels, mines, and caverns, generating extensive data across various lithologies and regions. However, their use in natural caves remains limited, with the recently developed Cave Geomechanical Index (CGI) being the only method specifically designed for this purpose.

Cave stability is a critical yet underexplored issue, especially given the rise in cave tourism and the renewed interest in underground habitats, such as cave houses and subterranean hotels. This study compares the application of CGI and Q-Span methods for a preliminary stability assessment of several natural caves in Spain, Portugal, Jordan and in the Galapagos and Canary Islands.

## 1. Introduction

The stability of caves and subterranean spaces is a significant concern in the field of engineering, as these environments can present considerable environmental dangers. Due to their inherent complexity and unpredictability, caves and underground areas can pose serious risks to both human safety and the surrounding ecosystems. Therefore, it is crucial to thoroughly assess and investigate their stability in order to identify potentially hazardous regions and mitigate the risk of accidents. Such assessments are essential not only for safeguarding people but also for preventing costly disasters and minimizing long-term environmental impact (Jorda, 2017). Furthermore, restrictive environmental legislation, such as in Brazil, imposes protection areas around caves and requires robust structural studies before authorizing any intervention in their surroundings, leading to blockages of mineral reserves in mining areas. A key approach to initially assessing the stability of caves is through empirical analysis using geomechanical classifications. These methods offer a standardized way to evaluate the condition of rock masses and identify potential risks within caves. Prominent examples include Barton's Q index (Barton, 1974) and Bieniawski's Rock Mass Rating (RMR) (Bieniawski, 1989), both of which are commonly used in the analysis of underground spaces such as tunnels and mines. These classification systems help assess the quality of the rock mass by considering factors such as rock strength, the orientation of fractures, and groundwater conditions, all of which play a critical role in determining cave stability.

In addition to these well-established methods, the Cave Geomechanical Index (CGI) (Brandi et al, 2021) was specifically developed for assessing the stability of natural caves, particularly in the iron mines of Brazil. The CGI relies on several key factors to determine cave stability, including the Rock Mass Rating (RMR), ceiling thickness, ceiling shape, and the hydraulic radius of the cave. These parameters help evaluate the cave's overall structural integrity, considering aspects such as the thickness and shape of the cave ceiling, which influence the potential for collapse, as well as the hydraulic radius. CGI provides a more tailored and accurate evaluation for managing cave safety, offering a useful tool for assessing and preserving cave systems. This study examines the stability of several natural caves located in Spain, Portugal, Jordan, and the Galapagos and Canary Islands. We selected a variety of caves with different lithologies that our research team has been investigating over the past decade (Jorda et al., 2016; Jorda and Toulkeridis, 2016; Bastidas et al., 2022; Rodríguez et al., 2023; Benrabah et al., 2024; Jorda et al., 2024), while also including data from more recent projects. Our analysis focused on the stability evaluation and rock mass quality assessment of 25 caves and volcanic tunnels, some of which comprised multiple stations or chambers. Geomechanical stations and geotechnical observation points were established to assess the rock mass quality and record key cave measurements, such as width, height, and length, whenever possible.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Rock mass characterization: Q index

The stability of underground spaces is often initially assessed using rock mass classification systems, with two of the most prominent being the Q index (Barton, 1974) and the Rock Mass Rating (RMR) system (Bieniawski, 1989).

The Q index, developed by the Norwegian Geotechnical Institute

in 1974, evaluates rock mass quality by assigning a numerical value to various domains of the rock mass, where higher values indicate better quality. This index is calculated using the formula:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Where RQD (in %) is the Rock Quality Designation index,  $J_n$  is the

joint number coefficient,  $J_r$  refers to the joint roughness coefficient,  $J_a$  stands for the joint alteration number,  $J_w$  is the water reduction factor, and SRF represents the Stress Reduction Factor, which depends on the stress conditions in the surrounding rock. Over the years, the Q index has been applied to assess the stability of caves, with contributions from several researchers (Barton, 1976; Waltham, 2002). Waltham and Fookes (2003) suggested that a cave could be considered stable if its roof thickness exceeds 70% of the cave's width. However, Waltham's (2002) approach is broader, considering external support factors, and it adapts the Q-Span stability graph initially introduced by Barton (1976).

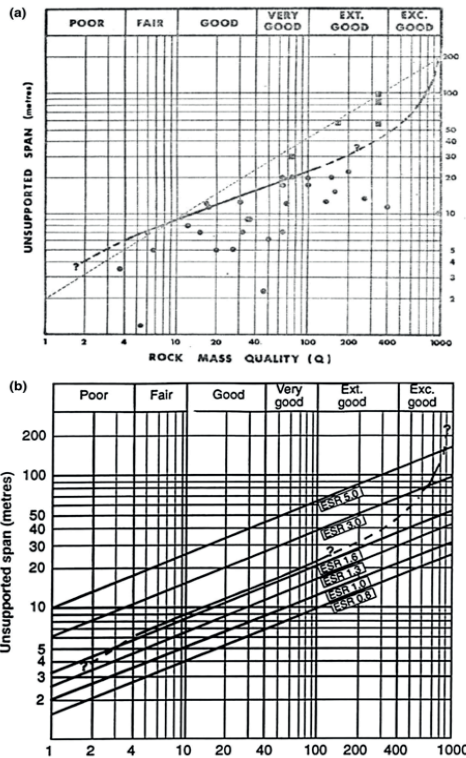


Figure 1: Figure 5a: Opening width vs. rock mass quality (Q index). Circles represent unsupported man-made excavations, and squares represent natural spaces (Carlsbad caves, New Mexico). The curved envelope shows the maximum opening for man-made excavations, with the dotted line including natural caves (Barton, 1976). Figure 5b: ESR method for adjusting span (Barton, 1976).

In 2017, Jorda Bordehore proposed a graph specifically tailored for evaluating the stability of caves. This graph categorized caves into three stability conditions, although the caves studied were grouped into only two categories: transition and stable. The methodology used for cave stability was calibrated with data from more than a hundred caves in diverse lithologies, and the results consistently fell within the transition and stable categories.

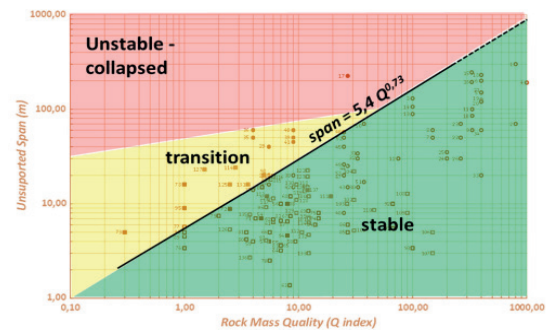


Figure 2: Q-span chart presented by Jorda (2017).

## 2.2. Cave Geomechanical Index CGI

The Cave Geomechanical Index (CGI) is a newly developed key parameter by Brandi and his team, specifically created for the iron caves of Brazil (Brandi et al, 2021). It stands as the first geomechanical classification system focused on cave rock masses. The CGI value ranges from 0 to 100, where higher values indicate reduced susceptibility to structural instability. The CGI can be calculated using the following equation:

$$CGI = \alpha RMR + \beta HR + \gamma CS + \delta CT$$

where  $\alpha RMR$  is the assigned value to the rock mass classification,  $\beta HR$  corresponds to the hydraulic radius,  $\gamma CS$  to the roof shape and  $\delta CT$  to the roof thickness.

$\alpha RMR$ , based on Bieniawski's classification, offers a method for evaluating rock mass quality. It assigns numerical weights to key variables, which play a crucial role in a thorough geomechanical analysis. This system divides rock mass quality into five categories, and these values are essential parameters in the geotechnical index for cavities, as shown in Figure 3.

RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Class	Very good	Good	Fair	Poor	Very poor
Rating ( $\alpha RMR$ )	60	45	30	15	0

Figure 3: Values of  $\alpha RMR$  assigned to Rock mass rating (RMR) used in the CGI. Adapted from (Brandi et al, 2021).

The hydraulic radius, a parameter calculated as the ratio of a cave's area to its perimeter, is detailed in Figure 4. Initially used in fluid dynamics, this parameter has been incorporated into the stability analysis of underground structures since 1977, when it was introduced by DH Laubscher.

Hydraulic Radius	0.00-0.91 m	0.92-1.82 m	1.83-3.0 m
Class	Small	Regular	Large
Rating ( $\beta HR$ )	25	15	0

Figure 4: Hydraulic radius from CGI. Adapted from (Brandi et al, 2021).

Ceiling shape (CS) is a qualitative parameter used to evaluate whether the roof geometry of cave openings favors or hinders the potential for block formation (due to joint intersections) and the downward movement of underground wedges. CS is categorized into three distinct types: arch, planar, and inverted arch, as shown in Figure 5.

Ceiling Shape	Inverted Arch	Planar	Arch
Shape			
Rating ( $\gamma CS$ )	0	4	10

Figure 5: Table 5. Type sections of the three classes of the ceiling shape. Adapted from (Brandi et al, 2021).

Ceiling thickness (CT) is a geotechnical parameter representing the vertical distance from the cave floor to its ceiling. The values assigned to this parameter are categorized according to Figure 6.

Ceiling Thickness	0.00–3.31 m	3.32–7.64 m	7.65–10 m
Class	Small	Regular	Large
Rating ( $\delta$ CT)	0	2	5

Figure 6: Ceiling thickness. Adapted from (Brandi et al, 2021).

The CGI ranges from 0, representing the lowest rock quality, to 100, indicating excellent rock quality. It defines five categories based

### 3. Results

#### 3.1. Q index determination

Table 1 summarizes the Q index results for each analyzed cave, derived from our preliminary assessment. Key parameters, including Rock Quality Designation (RQD%), Joint set number (Jn), Joint roughness

on the susceptibility of the spans to structural instability, as outlined in Figure 7.

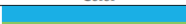




CGI	Instability of Cave Span	Color
81–100	Very Low	
61–80	Low	
41–60	Moderate	
21–40	High	
0–20	Very High	

Figure 7: CGI types and their levels of susceptibility to structural instability. Adapted from (Brandi et al, 2021).

number (Jr), Joint alteration number (Ja), Joint water reduction factor (Jw), and Stress Reduction Factor (SRF), are detailed in the table. To determine the minimum and maximum Q index values, the Rock Quality Designation (RQD%) was calculated using the number of joints per meter of scan line ( $\lambda$ ) and the volumetric joint count (Jv)

Location		Dimensions			Rock Mass Quality Q index							Type	Visual Assessment	Code	
Country	Cave	Width (m)	Span Length	Ceiling Thickness	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	RMR			
Lanzarote	Cueva de los verdes GS2	23	100	4	92	9	3	1	1	2.5	12.2	81	V	Stable	1
	Jameo de La puerta falsa GS9	19.5	50	3.5	90	9	3	1	1	5	6	66	V	Minor Unstabilities	2
	Jameos del agua GS12	16	20	2	75	9	3	2	1	5	2.5	60	V	Unstable	3
	Jameos del agua GS13	11	50	8.5	72	9	3	1	1	2.5	9.6	61	V	Minor Unstabilities	4
	Jameo hundido Auditorio GS15	15	23	2	75	15	3	2	1	5	1.5	55	V	Unstable	5
	Auditorio GS15	16	43	2-10	72	12	3	1	1	2.5	3.6	60	V	Unstable	6
Spain	Maltravieso Cave GS1	9	5	2-3	90	9	3	2	1	5	3	75	K	Stable	7
	Maltravieso Cave GS2	8.6	10.7	5-8	75	9	3	2	0.66	5	1.65	60	K	Stable	8
	Maltravieso Cave GS3	12.8	19	5-8	100	1	1.5	0.75	0.66	5	26.4	68	K	Stable	9
	Reguerillo Cave GS1	3.4	5	4	80	2x15	3	3	1	5	0.53	71	K	Minor Unstabilities	10
	Molino shelter, Segovia	5.5	3	1.5	35	2x15	3	3	1	5	0.53	61	K	Stable	11
	Badajo Cave, Segovia	22	20	8	76	12	1.5	3	0.66	5	0.25	48	K	Minor Unstabilities	12
	Castañar Entrance	20	20	12	66	12	2	2	1	1	5.3	47	K	Stable	13
	Castañar Nevada room	16	40	12	66	12	2	3	1	1	3.7	56	K	Stable	14
	Cova dos Mauros GS1	6	20	6	30	2x15	3	3-2	1	5	0.3	51	K	Minor Unstabilities	15
	Cova dos Mauros GS2	4.5	20	6	50	9	3	2	1	5	1.7	39	K	Minor Unstabilities	16
	Fuentes de León GS1	10	12	10	87	12	3	2	1	1	11	57	K	Stable	17
	Fuentes de León GS2	5	9	15	65	9	2	3	1	1	4.8	46	K	Stable	18
	Fuentes de León GS3	5.6	20	5	90	6	3	6	1	2.5	3	56	K	Stable	19
	Fuentes de León GS4	6.5	10	4	80	9x2	3	3	1	2.5	3.6	51	K	stable	20
Fuentes de León GS5	5	6	5	90	9x2	3	2	1	5	1.5	70	K	stable	21	
Fuentes de León GS6	3	10	6	75	15	3	2	1	5	3	55	K	stable	22	
Portugal	Foz Coa, Poço Torto	5.1	2.2	6	90	2x9	1	1	2	2.5	1	62	K	stable	23
	Foz Coa, Riberinha	3	3	6	90	2x12	1.5	1	2	2.5	1.1	76	K	stable	24
Jordan	Al Badia Cave GS1	16	90	8	80	9	3	4	1	2.5	2.7	49	V	stable	25
	Al Badia Cave GS2	16	120	5	95	15	3	2	1	5	1.9	58	V	stable	26
	Al Badia Cave GS3	16	120	4	80	9	3	2	1	5	2.7	60	V	Unstable	27
	Dhadal cave	8.8	16	1	95	9	3	1	1	5	6.4	66	V	Unstable	28
	Azzam cave GS1 entrance	5.5	10	1.5	95	2x9	3	1	1	5	3.2	73	V	stable	29
	Azzam cave GS2	8	15	2	95	9	3	1	1	5	6.4	71	V	stable	30
Galapagos, Ecuador	Mirador GS-M-01	6.4	19	1	78	2x9	3	2	1	5	1.3	57	V	Stable	31
	Mirador GS-M-02	6.3	19	3.6	50	2x9	3	2	1	5	0.83	64	V	Stable	32
	Mirador GS-M-04	8.4	24.8	1.5	90	2x9	3	2	1	5	1.5	62	V	Stable	33
	Mirador GS-M-05	7	48	1	80	2x9	3	2	1	5	1.78	53	V	Stable	34
	Gallardo GS-G-05	5	47	10	75	9	3	4	1	1	6.25	43	V	Stable	35
	Gallardo GS-G-10	8.5	55	5.6	100	9	3	4	1	1	1.67	50	V	Unstable	36
	Gallardo GS-G-12	4.8	40	5.6	100	9	3	4	1	5	3.33	52	V	Stable	37
	Gallardo GS-G-14	6.5	80	5.3	95	9	3	4	1	2.5	3.17	57	V	Stable	38
	Gallardo GS-G-15	7	40	2	95	2x9	3	2	1	5	1.58	61	V	Minor Unstabilities	39
	Gallardo GS-G-12b	6	40	5.6	100	9	3	4	1	2.5	3.33	52	V	Stable	40
	Galla-Zoila GS-GZ-01	4.3	40	14.6	85	9	3	2	1	1	14.2	59	V	Stable	41
	Galla-Zoila GS-GZ-02	4.8	40	14.7	80	9	3	2	1	1	13.3	59	V	Stable	42
	Galla-Zoila GS-GZ-03	2.7	40	18.8	75	9	3	2	1	1	12.5	58	V	Stable	43
	Galla-Zoila GS-GZ-04	3.2	40	15.2	75	9	3	2	1	1	12.5	62	V	Stable	44
	Galla-Zoila GS-GZ-08	4.5	40	13.1	100	9	3	1	1	1	33.3	56	V	Minor Unstabilities	45
	Galla-Zoila GS-GZ-11	3.7	10	9.9	75	9	3	3	1	1	8.33	53	V	Minor Unstabilities	46
Galla-Zoila GS-GZ-13	3.6	30	11.4	100	9	3	2	1	1	17	69	V	Stable	47	
Galla-Zoila GS-GZ-15	3.1	40	2.6	100	9	3	2	1	1	7	69	V	Stable	48	
Galla-Zoila GS-GZ-16	2.57	40	3.5	50	2x9	3	4	1	2.5	0.83	46	V	Stable	49	
University, Main Room	8	7.5	2	74	3x6	1	1	1	5	2	55	V	Unstable	50	

Figure 8: Geomechanical characteristic parameters of the Q index and dimensions of the caves. (K= karst. V=Volcanic).

#### 3.2. CGI determination

Table 2 displays the CGI outcomes for each cave examined during our preliminary evaluation. The parameters are defined as follows:  $\alpha$

RMR, denoting the value assigned to the rock mass classification;  $\beta$  HR, representing the hydraulic radius; CS, describing the ceiling shape; and  $\delta$  CT, indicating the ceiling thickness.

Location		Dimensions			Cave Geomechanical Index					Type	Visual Assessment	Code
Country	Cave	Width (m)	Span Length	Ceiling Thickness	$\alpha$ RMR	HR	CS	CT	CGI			
Lanzarote Canarias, Spain	Cueva de los verdes GS2	23	100	4	60	0	10	2	72	V	Stable	1
	Jameo de La puerta falsa GS9	19.5	50	3.5	45	0	10	2	57	V	Minor Unstabilities	2
	Jameos del agua GS12	16	20	2	30	0	10	0	40	V	Unstable	3
	Jameos del agua GS13	11	50	8.5	45	0	10	5	45	V	Minor Unstabilities	4
	Jameo hundido	15	23	2	30	0	10	0	40	V	Unstable	5
	Auditorio GS15	16	43	2-10	45	0	10	2	47	V	Unstable	6
Spain	Maltravieso Cave GS1	9	5	2-3	45	15	4	0	64	K	Stable	7
	Maltravieso Cave GS2	8.6	10.7	5-8	30	0	10	2	42	K	Stable	8
	Maltravieso Cave GS3	12.8	19	5-8	45	0	10	2	47	K	Stable	9
	Reguerillo Cave GS1	3.4	5	4	45	15	4	2	66	K	Minor Unstabilities	10
	Molino shelter, Segovia	5.5	3	1.5	45	15	10	0	70	K	Stable	11
	Badajo Cave, Segovia	22	20	8	30	0	10	2	42	K	Minor Unstabilities	12
	Castañar Entrance	20	20	12	30	0	10	5	45	K	Stable	13
	Castañar Nevada room	16	40	12	30	0	4	5	39	K	Stable	14
	Cova dos Mauros GS1	6	20	6	30	0	10	2	27	K	Minor Unstabilities	15
	Cova dos Mauros GS2	4.5	20	6	15	0	10	2	37	K	Minor Unstabilities	16
	Fuentes de León GS1	10	12	10	30	0	4	5	39	K	Stable	17
	Fuentes de León GS2	5	9	15	30	15	4	5	54	K	Stable	18
	Fuentes de León GS3	5.6	20	5	30	0	10	2	42	K	Stable	19
	Fuentes de León GS4	6.5	9	4	30	15	4	2	51	K	stable	20
	Fuentes de León GS5	5	6	5	45	15	4	2	66	K	stable	21
	Fuentes de León GS6	3	10	6	30	15	10	5	60	K	stable	22
Portugal	Foz Coa, Poço Torto	5.1	2.2	6	45	25	4	2	76	K	stable	23
	Foz Coa, Riberinha	3	3	6	45	25	4	2	76	K	stable	24
Jordan	Al Badia Cave GS1	16	90	8	30	0	10	5	45	V	stable	25
	Al Badia Cave GS2	16	120	5	30	0	10	2	42	V	stable	26
	Al Badia Cave GS3	16	120	4	30	0	10	2	42	V	Unstable	27
	Dhadal cave	8.8	16	1	45	0	10	0	45	V	Unstable	28
	Azzam cave GS1 entrance	5.5	10	1.5	45	0	10	0	45	V	stable	29
	Azzam cave GS2	8	15	2	45	0	10	0	45	V	stable	30
Galápagos, Ecuador	Mirador GS-M-01	6.4	19	1	30	0	4	0	34	V	Stable	31
	Mirador GS-M-02	6.3	19	3.6	45	0	4	2	51	V	Stable	32
	Mirador GS-M-04	8.4	24.8	1.5	45	0	10	0	55	V	Stable	33
	Mirador GS-M-05	7	48	1	45	0	4	0	49	V	Stable	34
	Gallardo GS-G-05	5	47	10	30	0	4	5	39	V	Stable	35
	Gallardo GS-G-10	8.5	55	5.6	30	0	4	2	36	V	Unstable	36
	Gallardo GS-G-12	4.8	40	5.6	30	0	10	2	42	V	Stable	37
	Gallardo GS-G-14	6.5	80	5.3	30	0	10	2	42	V	Stable	38
	Gallardo GS-G-15	7	40	2	45	0	10	0	55	V	Minor Unstabilities	39
	Gallardo GS-G-12b	6	40	5.6	30	0	10	2	42	V	Stable	40
	Galla-Zoila GS-GZ-01	4.3	40	14.6	30	0	10	5	45	V	Stable	41
	Galla-Zoila GS-GZ-02	4.8	40	14.7	30	0	10	5	45	V	Stable	42
	Galla-Zoila GS-GZ-03	2.7	40	18.8	30	15	10	5	60	V	Stable	43
	Galla-Zoila GS-GZ-04	3.2	40	15.2	45	15	10	5	75	V	Stable	44
	Galla-Zoila GS-GZ-08	4.5	40	13.1	30	15	10	5	60	V	Minor Unstabilities	45
	Galla-Zoila GS-GZ-11	3.7	10	9.9	30	15	10	5	60	V	Minor Unstabilities	46
Galla-Zoila GS-GZ-13	3.6	30	11.4	45	15	4	5	69	V	Stable	47	
Galla-Zoila GS-GZ-15	3.1	40	2.6	45	15	10	0	70	V	Stable	48	
Galla-Zoila GS-GZ-16	2.57	40	3.5	30	15	10	2	57	V	Stable	49	
University, Main Room		8	7.5	2	30	0	10	0	40	V	Unstable	50

Figure 9: Cave Geomechanical Index determination and dimensions of the caves. (K= karst. V=Volcanic)

The stability of the analyzed caves was assessed by plotting the results of the Q index and the CGI, as shown in Figure 9. The Q graph categorizes the caves into three stability conditions, each represented by a different color, while the CGI classifies the caves into five conditions, with each condition assigned a corresponding color.

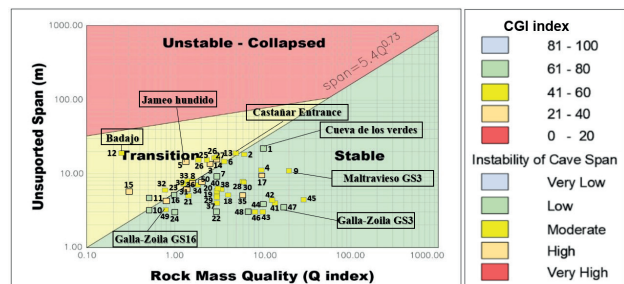


Figure 10: Results of the stability of the caves, plotted on Q chart Adapted and modified from Jorda (2017).

## 4. Discussion

The results of the Cave Geomechanical Index (CGI) and the Q-system show a high level of consistency across various caves. These indices often agree on stability evaluations, particularly in karst caves like Foz Coa and Ribeirinha, where high CGI and Q values consistently indicate strong geomechanical conditions, reinforcing their classification as stable.

Spanish caves, such as Maltravieso (GS1) and Fuentes de León (GS5 and GS6), also show high values for both CGI and Q, which align with their classification as “stable.” From Figure 10, it’s clear that most caves in the stable zone have a CGI greater than 50, suggesting at least moderate stability. Caves with lower CGI values are near the “transition” zone, indicating fewer stable conditions.

Volcanic caves follow similar patterns. Caves like 1, 22, 24, 40, 44, 47, and 48 show high CGI and Q values, corresponding with their observed stability. However, other volcanic caves with moderate CGI values are closer to the “transition” zone in Figure 10, suggesting that their stability may depend more on local conditions.

Despite the general alignment between CGI and Q indices, some discrepancies occur, highlighting the differences in how each index

evaluates stability. These differences underline the importance of using both indices together for a more complete understanding of cave stability.

It is important to note that these empirical methods, based on rock mass classifications, provide an initial assessment. They give a rough idea of stability and help raise awareness among authorities about potential risks. While a cave classified as stable in the graph suggests that a major collapse or rockfall is unlikely, minor rock or slab detachments could still pose significant safety risks to the public.

In all cases, especially in caves with tourist access, designing a safe pathway is essential. A detailed evaluation should be done to identify and address unstable slabs, either by removing or reinforcing them with bolts or resin. However, these actions are outside the scope of these empirical methods. Each cave should undergo a thorough evaluation, followed by a stabilization and safety plan to ensure long-term security.

Additionally, it is important to note that the CGI method was initially developed for iron mines, which have distinct lithological properties. Therefore, its application to different geological environments, such as caves, may require modifications and supplementary analyses.

## 5. Conclusion

This study compares the Cave Geomechanical Index (CGI) and the Q-Span method for assessing the stability of natural caves. We have examined several caves from different parts of the world, including Spain, Portugal, Jordan, and the Galapagos and Canary Islands. The results show consistency between the two indices, with both generally agreeing on the stability of the caves. The CGI and Q values usually align with the visual classification of caves as stable or unstable, offering valuable insights into cave geomechanics. However, some differences between the indices highlight their limitations, emphasizing the importance of using both methods together for a more comprehensive assessment.

We believe future research should focus on improving these geomechanical classifications. The CGI, originally developed for iron mines, was designed for a specific type of cave with delicate, shallow iron rock formations and small openings. Expanding the CGI database to include caves with various rock types, particularly volcanic and limestone caves, would be beneficial, as noted in this study. Similarly, the Q-Span method, based on the tunneling Q index, has a transition zone that is too broad, particularly in the lower ranges of quality ( $Q < 2$ ) and span (width  $< 20\text{m}$ ). This could be improved by incorporating more data from both stable and collapsed caves to better define the boundary in the Q-Span equation.

## References

- Al-Malabeh, A. 1994. Geochemistry of Two Volcanic Cones from the Intra- continental plateau Basalt of Harra El-Jabban, NE-Jordan. In Basaltic rocks of Various Tectonic Setting, Special Issue of the Geochemical Journal. 28: 542-558, Japan.
- Al-Malabeh, A., Frehat, M., Henschel, H.-V. & Kempe, S., (2006) Al-Fahda Cave (Jordan): the longest lava cave yet reported from the Arabian Plate. - Proc. 12th Intern. Symp. on Vulcanospeleology, Tepoztlán, Mexico, 2-7 July, 2006, Assoc. for Mexican Cave Studies, Bull. 19 and Sociadad Mexicana de Exploraciones Subterráneas Bol. 7: 201-208.
- Al-Malabeh, A., & Kempe, S., (2012) Jordanian lava caves, an overview. 15TH International Symposium on Vulcanospeleology, Zarka – Jordan, 15-22 March. P. 38-42.
- Al-Malabeh, A, Hamed, R. 2020. Enrichment of radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) concentration in Remah volcano, NE-Jordan. Iraqi Geological Journal Vol.53, No. 2B, 58-70.
- Barton, N., 1974. Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support.
- Barton, N., 1976. Unsupported underground openings. Rock Mechanics Discussion Meeting. Befo, Swedish Rock Mechanics Research Foundation, Stockholm, p. 61–94.
- Barton, N., 2008. RMR and Q - Setting records. Tunnels & Tunnelling International, pp. 26-28.
- Bieniawski, Z.T. Engineering Rock Mass Classification; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 1989. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-64994-7>.
- Bastidas, G.; Soria, O.; Mulas, M.; Loaiza, S.; Bordehore, L.J. Stability Analysis of Lava Tunnels on Santa Cruz Island (Galapagos Islands, Ecuador) Using Rock Mass Classifications: Empirical Approach and Numerical Modeling. *Geosciences* 2022, 12, 380. <https://doi.org/10.3390/geosciences12100380>
- Benrabah, A.; Senent Domínguez, S.; Carrera-Ramírez, F.; Álvarez-Alonso, D.; de Andrés-Herrero, M.; Jorda Bordehore, L. Structural and Geomechanical Analysis of Natural Caves and Rock Shelters: Comparison between Manual and Remote Sensing Discontinuity Data Gathering. *Remote Sens.* 2024, 16, 72. <https://doi.org/10.3390/rs16010072>
- Benrabah, A., Jorda-Bordehore, L., & Senent, S. (2023, October). A review of the application of empirical methodologies for preliminary analysis of natural caves. In *ISRM Congress (pp. ISRM-15CONGRESS)*. ISRM.
- Benrabah, A.; Senent Domínguez, S.; Collado Giraldo, H.; Chaves Rodríguez, C.; Jorda Bordehore, L. Stability Assessment of the Maltravieso Cave (Caceres, Spain) Through Engineering Rock Mass Classification, Empirical, Numerical and Remote Techniques. *Remote Sens.* 2024, 16, 3883. <https://doi.org/10.3390/rs16203883>
- Benrabah, A.; Domínguez, S.S.; Bordehore, L.J.; Alonzo, D.A.; Herrero, A.D.; de Andrés Herrero, M. Preliminary Assessment of Badajo Cave (Segovia, Spain) Stability Using Empirical, Numerical and Remote Techniques. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2024, 1295, 012011.
- Benrabah, A., S. Senent, and L. Jorda-Bordehore. “Application of the scaled span method for stability analysis of volcanic caves.” *New Challenges in Rock Mechanics and Rock Engineering*. CRC Press, 2024. 388-394.
- Brandi, I.V.; Barbosa, M.R.; Barata, A.; de Paula, R.G.; Correa, T.; Mota, H.; Lima, D.; Osborne, R.A.; Vale, S.A.; Lima, N.; et al. Cave Geomechanical Index (CGI). Classification and Contribution to the Conservation of Natural Caves in the Iron Mines. *Geoconserv. Res.* 2021,3,134–161. <https://doi.org/10.30486/gcr.2021.1908888.1033>.

Jordá Bordehore, I. y otros, 2016. Stability assessment of volcanic lava tubes in the Galápagos using engineering rock mass classifications and an empirical approach. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, p. 89:55-67.

Jorda Bordehore, L., 2017. Stability Assessment of Natural Caves Using Empirical. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, pp. DOI 10.1007/s00603-017-1216-0.

Rodríguez, G.; Mulas, M.; Loaiza, S.; Del Pilar Villalta Echeverría, M.; Yanez Vinuesa, A.A.; Larreta, E.; Jordá Bordehore, L. Stability Analysis of

the Volcanic Cave El Mirador (Galápagos Islands, Ecuador) Combining Numerical, Empirical and Remote Techniques. *Remote Sens.* 2023, 15, 732. <https://doi.org/10.3390/rs15030732>

Waltham, A. C. & Fookes, P. G., 2003. Engineering Classification of Karst Ground Conditions. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* 36, pp. 101-118.

Waltham, T., 2002. The Engineering Classification Of Karst With Respect To The Role And Influence Of Caves. *International Journal of Speleology* 31 (1/4), pp. 19-3.

# The CaveMAB Network: working to understand and protect caves and karst resources within the UNESCO World Network of Biosphere Reserves

Lee Anne Bledsoe (1), Clayton Lino (2), and Darja Kranjc(3)

(1) Western Kentucky University, Bowling Green, Kentucky, USA, lee.bledsoe@wku.edu

(2) National Council of Mata Atlântica Biosphere Reserve, Brazil, claytonflino@gmail.com

(3) Professional Services, Skocjan Caves Park, Slovenia, darja.kranjc@psj.si

## Abstract

There are more than 150 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Biosphere Reserves (BRs) around the world that have caves and/or karst resources, including regions of pseudokarst. In collaboration with other international science programs, the CaveMAB Network has developed a global to better understand and support cave and karst BRs, as well as recognize the extent of cave and karst resources within the UNESCO Man and the Biosphere Program. In developing a Geographic Information System (GIS) database, we evaluated if the BR is karst or non-karst using the World Karst Aquifer Map (Chen et al. 2017) and literature reviews as well as climatic environments for cave and karst BRs using the Köppen-Geiger climate classification system (Beck et al. 2018). We present a map of all 182 identified cave and karst BRs across 71 countries with the type of karst (164 karst and 18 pseudokarst sites), current observed climatic conditions, and generalized trends based on future climate projections. These efforts are ultimately to inform sustainable development planning as well as implications to sensitive biota and water resources in the fragile cave and karst ecosystems found in the UNESCO World Network of Biosphere Reserves.

## 1. Introduction

Of all the UNESCO Biosphere Reserves (BRs) around the world that have caves and/or karst resources, including regions of pseudokarst, some have been inscribed with an emphasis on these features, while caves and karst features are present in others but apparently without such a specific focus. Regardless, cave and karst BRs are home to diverse, and often endemic and endangered, biota due to localized and unique conditions found in a range of surface and subsurface environments. Cave fauna can also play a critical role in surface food webs. Not only are these places biodiversity hotspots and ecologically sensitive, but these cave and karst BRs also preserve our cultural heritage and support modern livelihoods.

UNESCO BRs are designated as such under the Man and the Biosphere Program (MAB), created in 1971 to address sustainable development and resource management through local participatory governance with the goal to protect both cultural and biological diversity. Recognizing the importance of geologic context in conservation and sustainable development in fragile cave and karst landscapes, the CaveMAB Network ([www.cavemab.com](http://www.cavemab.com)) was formed in 2018. The CaveMAB Network

connects people working in cave and karst biosphere reserves around the globe and focuses on the intersection of sustainability, biodiversity, and geo-heritage. Initial web-based surveys, conference calls, and a virtual workshop in 2020 revealed common challenges and concerns of BR members and partner organizations, which led the network to develop approaches and evaluate solutions to address those. Over the past six years, the CaveMAB Network has made much progress in building connections through website development, online questionnaires, in-person exchanges, webinars on water resources and sustainable tourism, related publications, and shared educational materials. Herein, we present our initial assessment of the cave and karst resources of the UNESCO World Network of Biosphere Reserves. Specifically, the CaveMAB Network has developed a global database to better understand and support cave and karst BRs, as well as recognize the extent of cave and karst resources within the UNESCO Man and the Biosphere Program. Climatic environments for cave and karst BRs using the Köppen-Geiger climate classification system were also evaluated to inform sustainable development planning and resource management.

## 2. Materials and methods

### Karst Analysis

To develop a global database of cave and karst BRs, the BRs were mapped on the World Karst Aquifer Map (WOKAM) (Chen et al. 2017) using ESRI ArcGIS Pro software. Geographic coordinates for each BR were gathered from UNESCO webpages and verified using ESRI world maps. Mapped locations represent the core area or an approximate central location in the BR. As BR locations were analyzed as point data, some

points did not plot within a karst region; in those cases, the extent of the BR was considered and then the BR was categorized as karst or non-karst based on observed overlap with or proximity to a mapped karst aquifer. For non-karst locations, BR webpages, geologic maps, and scientific literature were searched for evidence of karst, caves, and/or pseudokarst features. If no evidence was found via available online resources, the BR was removed from the list and subsequent climatic analysis.

### Climatic Analysis

Currently, partners from Karst and Reka River BR in Slovenia are working on a cultural heritage database that focuses on using traditional knowledge to inform modern environmental solutions, particularly regarding climate change resiliency. To support these efforts and address climate change more broadly, we evaluated the climatic environments of the 182 cave and karst BRs using the Köppen-Geiger climate classification system, which is based on the annual and monthly averages of temperature and precipitation. The Köppen-Geiger climate classification system subdivides climates, or terrestrial biomes, into five major categories, Tropical, Dry, Temperate, Continental, and Polar, represented by A, B, C, D, and E, respectively (Arnfield 2020). These categories are further subdivided but for this preliminary evaluation we look only at the major climate types. Below are the definitions offered by the National Oceanic and Atmospheric Administration (2022):

- A: Tropical. In this hot and humid zone, the average temperatures

are greater than 18°C year-round and there are more than 1500 millimeters of precipitation each year.

- B: Dry. These climate zones are so dry because moisture rapidly evaporates from the air and there is very little precipitation.
- C: Temperate. In this zone, there are typically warm and humid summers with thunderstorms and mild winters.
- D: Continental. These regions have warm to cool summers and very cold winters. In the winter, this zone can experience snowstorms, strong winds, and very cold temperatures—sometimes falling below negative 30°C.
- E: Polar. In the polar climate zones, it's extremely cold. Even in summer, the temperatures here rarely to never go higher than 10°C.

## 3. Results

In our spatial analysis using the WOKAM and subsequent research of individual BRs, we identified a total of 182 BRs of interest - 164 BRs contain some carbonates, evaporites, and/or use karst groundwater and there are 18 with pseudokarst features, primarily volcanic and littoral caves (Figure 1). As this assessment started with only BRs that self-described as having caves or karst, and not all 759 BRs were mapped and/or investigated, it is possible that additional BRs with karst or pseudokarst were not included. However, this study does contribute additional evidence to the extent of cave and karst resources in the MAB program.

By mapping all 182 BRs on the global map by Beck et al. (2018) of the Köppen-Geiger climate classification for current (1980–2016) climates, 40% (72) are in Temperate climates, 22% (40) Tropical, 19% (35) Continental, followed closely by Dry climates at 16% (30) and only 3% (5) in Polar regions (Figure 2). These results are based on point location representing the core area or approximate center of the BR and there are certainly many BRs that include a wide range of temperature and precipitation conditions. This is the case, for example, of Mata Atlantica BR, in Brazil, which, although represented by a point on the map, has

a surface of about 90 million hectares, with 6,800 caves registered in different climate conditions.

When plotted on the future map (2071-2100), derived from an ensemble of 32 climate model projections (scenario RCP8.5), we find a shift to warmer climates in almost 35% (63) of the BRs. A shift to a warmer climate for this evaluation is represented by the classification moving from Polar (E) toward Tropical (A) except for predictions within Dry (B) climates as that classification weighs more heavily on precipitation, whereas the others are related to temperature (Arnfield 2020). Of the BRs predicted to shift to warmer climates, nine are predicted to have increased rainfall with increasing temperatures, with only four indicated to have decreased rainfall with increasing temperature. In the case of a shift to a drier climate zone, we found 23 BRs are predicted to have drier climates, with seven BRs moving into both cooler and drier conditions. Further assessment is needed to identify the specific predicted effect(s) (less days below freezing, shifts to more seasonal precipitation, etc.) and the implications of those changes per BR location as well as the global network.

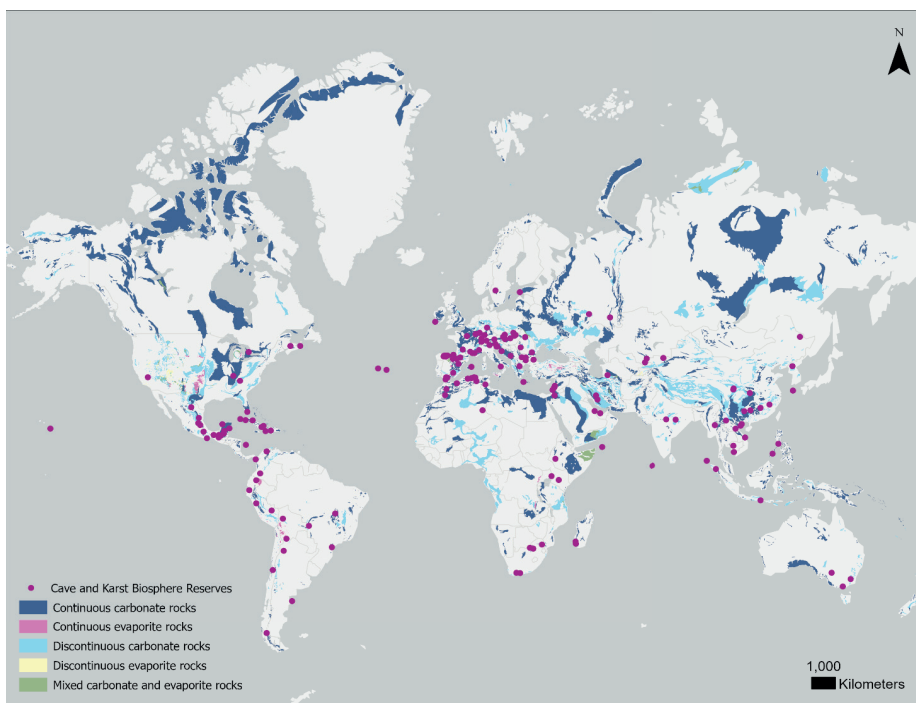
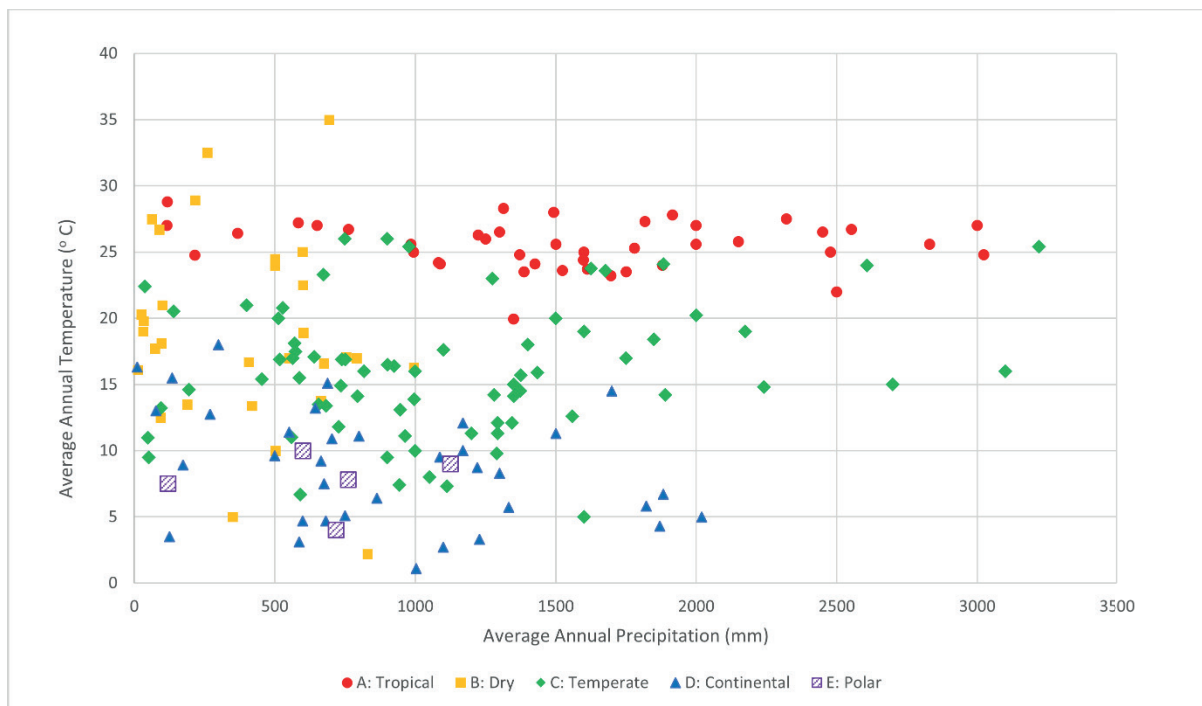


Figure 1: The geographical distribution of cave and karst BRs on the World Karst Aquifer Map.



**Figure 2:** The climatic context of cave and karst biosphere reserves in the UNESCO World Network of Biosphere Reserves. Positions only represent one climate classification though several BRs certainly include a wide range of climate conditions, most often related to range of altitude.

## 4. Discussion

This preliminary assessment identifies BRs that include caves of any lithology and/or karst regions. Throughout 2018-2024, the Network in collaboration with the International Union of Conservation for Nature's (IUCN) World Commission on Protected Areas Cave and Karst Working Group and other international science programs developed a list of BRs that contain caves and or karst landscapes. Gunn (2021) presented a list of BRs in which karst groundwater is likely and stated, "The evidence base for [karst] BRs is less robust and it is possible that sites containing karst have been missed and that some of the sites listed do not contain karst." This study expands upon prior work and has verified the presence of caves, karst, and or pseudokarst in the included BRs.

Recognizing there are caves in other geologic settings that contain important natural resources and are culturally significant, our list and subsequent analysis includes BRs where pseudokarst is present. Pseudokarst is karst-like landforms produced by processes other than dissolution. Examples include volcanic caves (lava tubes), sea caves, and cavities formed in lithologies other than carbonates and evaporites. One significant example is the thousands of caves developed in ferruginous rocks (iron ore) in Brazil, many of which are located in CaveMAB Network member BRs, Mata Atlântica and Serra do Espinhaço. Like karst caves, these features house outstanding biological and cultural diversity as well as geologic rarities (Holler 2019). The lava tubes of the Hawaiian Islands BR, USA, is another such example, which also highlights how pseudokarst is often developed for tourism and that BRs with significant pseudokarst face many of the same challenges as karst BRs regarding resource impact, water quality vulnerabilities, and supporting sustainable gateway communities.

By mapping these BRs and plotting mean annual temperature and rainfall, we can also consider if there are climates where cave and karst resources are not being recognized, sustainably developed and managed, or globally protected. For the MAB program this consideration of course would need to include human demographics as local governance and participation is a key element of a BR designation.

Consideration of potential climate change is critical to our future on this planet. It is not surprising that our analysis shows a greater shift to warmer and drier conditions. In fact, according to Beck et al.'s (2018) future climate predictions, there will be only one cave and karst BR, Torres del Paine BR, Chile, located in projected polar regions. Spatial analysis using the full surface area of each BR has the potential to yield different results. Comparison to future climate predictions is already occurring at individual BRs around the globe using various regional to global models, such as in Sierra de las Nieves BR in southern Spain where researchers considering the 2071–2100 most pessimistic [CO<sub>2</sub>] emission scenario expect,

"that there will be, on average, a 27% reduction in precipitation and a 19% increase in temperature. This is a dangerous combination that will dramatically decrease recharge and will require new local adaptation measures, in addition to global mitigation measures, to prevent the area's resources, biodiversity, and geodiversity from being drastically diminished." (Pardo-Igúzquiza et al. 2019). Similarly in South Africa, in the Limpopo Basin of the Marico BR, climate trajectories show "significant warming.... with increasing droughts and more frequent dry spells." (Midgley et al. 2013) and in Austria's Wienerwald Biosphere Reserve, one of the biggest continuous areas of deciduous forest in Central Europe, researchers using the 2017-2100 projections indicated decreased water availability and potential vegetation shifts due to increased evaporation related to increased temperature as well as more seasonality to rainfall patterns that could also affect biodiversity (Reiter and Gartner 2013). Likewise, the IPCC 2021 Report points to major changes in temperatures, precipitation and other climatic phenomena in different regions of the planet for different scenarios of global temperature increases in the coming decades.

## 5. Conclusion

We anticipate using these data to assist in climate change resiliency studies and practical land management planning via the CaveMAB Network as we share approaches to climate change through lessons learned in current climate conditions and adapt those approaches to BRs that are predicted to transition to warmer and drier conditions. Like researchers in the Karst and Reka River BR in exploring cultural influence, studies in other BRs, karst and non-karst, are also examining traditional sources of ecological knowledge for sustainable solutions and adaptive strategies (Kupika et al. 2019, Southern Appalachian Man and the Biosphere 2022).

Our assessment identifies potential CaveMAB Network partners within the UNESCO World Network of Biosphere Reserves. We also

strengthen the evidence for the extent of cave and karst resources within the MAB program and highlight the importance of these environments to global biodiversity and human well-being. In evaluating current and future climatic conditions of cave and karst resources we can begin to address current environmental challenges and prepare for inevitable climate changes. BRs are to be models for learning through research and cooperation and collectively as a world network to find sustainable options for all beings living on fragile cave and karst landscapes. Ultimately, this information and the resulting database may help to inform sustainable development planning as well as implications to sensitive biota, water resources, and the ecosystem services that our well-being and livelihoods depend on.

## Acknowledgments

We gratefully thank all our CaveMAB Network members for their participation and contributions to the various events and creation of printed and web materials that led to this work. The authors also want to recognize the leadership and staff of the Mammoth Cave Biosphere Region, Mata Atlantica Biosphere Reserve, and the Karst and Reka River

Biosphere Reserve. We want to give special acknowledgement to Vanja Debevec for inspiring the formation of the CaveMAB Network as well as John Gunn, Chris Groves, and Keegan Congleton for your support, advice and assistance in data collection and verification.

## References

- ARNFIELD, J.A. (2020) Köppen climate classification. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>
- BECK, H.E., ZIMMERMANN N.E., MCVICAR T.R., VERGOPOLAN N., BERG A., WOOD E.F. (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* 5, 180214 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- CHEN, Z., GOLDSCHIEDER, N., AULER, A., BAKALOWICZ, M. (2017). World Karst Aquifer Map, 1: 25 000 000. [https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps\\_Data/Wokam/wokam\\_node\\_en.html](https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps_Data/Wokam/wokam_node_en.html)
- GUNN, J. (2021) Karst groundwater in UNESCO protected areas: a global overview. *Hydrogeology Journal*, 29(1), 297-314.
- HOLLER, C. (2019) Pseudokarst. In White WB, Culver DC, and Pipan T (eds) *Encyclopedia of Caves*. Academic Press, pp. 836-849.
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021: The Physical Science Basis | Climate Change 2021: The Physical Science Basis.*
- KUPIKA, O.L., GANDIWA E., NHAMO G., AND KATIVU S. (2019) Local ecological knowledge on climate change and ecosystem-based adaptation strategies promote resilience in the Middle Zambezi Biosphere Reserve, Zimbabwe. *Scientifica*.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ASSOCIATION. (2022) Weather Forecasting. <https://scijinks.gov/climate-zones/>
- PARDO-IGÚZQUIZA, E., COLLADOS-LARA, A.J., AND PULIDO-VELAZQUEZ, D. (2019) Potential future impact of climate change on recharge in the Sierra de las Nieves (southern Spain) high-relief karst aquifer using regional climate models and statistical corrections. *Environmental Earth Sciences*, 78(20), 1-12.
- REITER, R. AND GARTNER, K. (2013) Soil inventory in forests of the Biosphere Reserve Wienerwald. 5th Symposium Conference Volume for Research in Protected Areas. [https://www.zobodat.at/pdf/NP-Hohe-Tauern-Conference\\_5\\_0647-0652.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/NP-Hohe-Tauern-Conference_5_0647-0652.pdf)
- SOUTHERN APPALACHIAN MAN AND THE BIOSPHERE. (2022) Sustainability and Community Initiative. <https://www.samab.org/initiatives/>
- WILLIAMS, P. (2008) *World Heritage Caves and Karst*. Gland, Switzerland: IUCN.

# Educação Ambiental como Extensão Universitária para a Proteção do Patrimônio Espeleológico da APA Nascentes do Rio Vermelho, Mambaí (GO)

Ananda Andrade Cordovil (1), João Pedro Pinheiro Faria (1), Samila Neres Farias da Silva (2), Daphne Heloisa de Freitas Muniz (3), Érica Martins de Oliveira (4), Raoni Japiassu Merisse (4), Sandro Raphael Borges (4), Carlos José Sousa Passos (2)

(1) Instituto de Geociências, Campus Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. anandageologia@gmail.com (autora correspondente), joaoppinheirofaria@gmail.com

(2) Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Área Universitária, n. 1, Vila Nossa Senhora de Fátima - Planaltina, DF, Brasil, samilanere@gmail.com, cjpassos@unb.br

(3) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Pesquisa Agropecuária do Cerrado Embrapa Cerrados, BR 020 Km 18 - Planaltina, DF, Brasil, daphne.muniz@embrapa.br

(4) Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Av. Castelo Branco, Quadra 31, Lotes 10/11 - Setor Central - Mambaí, GO, Brasil, erica.oliveira@icmbio.gov.br, raoni.merisse@icmbio.gov.br, sandro.borges@icmbio.gov.br.

## Resumo

A educação ambiental se destaca como uma ferramenta para aproximar os achados da investigação científica da sociedade. Para tanto, pesquisadores do projeto intitulado “Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais na Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho, na região de Mambaí, Goiás”, realizaram apresentações em escolas de ensino fundamental e médio da região de estudo, com a adaptação de informações sobre o patrimônio espeleológico para o Projeto Político Pedagógico das escolas. Cerca de duzentos e oitenta e um alunos participaram dessas atividades, e a interação desses alunos com as apresentações foi participativa e satisfatória de acordo com sua faixa etária. Além disso, na mesma atividade, os participantes foram convidados a visitar o laboratório do ICMBio em Mambaí, onde todos puderam visualizar as coleções de material espeleológico da região. Essas apresentações destacaram como a educação ambiental integra a teoria científica à realidade local.

## Abstract

Environmental education stands out as a tool for bringing the findings of scientific inquiry closer to society. For this purpose, researchers from the project entitled “Assessment of the Quality of Surface Waters in the Environmental Protection Area of the Springs of Rio Vermelho, in the region of Mambaí, Goiás”, conducted presentations in elementary and high schools of the study region, with the adaptation of information about the speleological heritage for the schools’ Political and Pedagogical Project. Around two hundred and eighty-one students participated in these activities, and these students’ interaction with the presentations was participatory and satisfactory according to their age group. Furthermore, in the same activity, the participants were invited to visit the ICMBio laboratory in Mambaí where they could all visualize the collections of speleological material from the region. These presentations highlighted how environmental education integrates scientific theory with local reality.

## Résumé

L'éducation relative à l'environnement se distingue comme un outil permettant de rapprocher les résultats de la recherche scientifique de la société. À cet effet, les chercheurs du projet intitulé « Évaluation de la qualité des eaux de surface dans la zone de protection environnementale des sources du Rio Vermelho, dans la région de Mambaí, Goiás », ont réalisé des présentations dans les écoles primaires et secondaires de la région d'étude, tout en adaptant les informations sur le patrimoine spéléologique au projet politique et pédagogique des écoles. Environ deux cent quatre-vingt-un élèves ont participé à ces activités, et l'interaction de ces élèves avec les présentations a été participative et satisfaisante selon leur groupe d'âge. De plus, dans le cadre de la même activité, les participants ont été invités à visiter le laboratoire ICMBio de Mambaí où ils ont pu visualiser les collections de matériel spéléologique de la région. Ces présentations ont mis en évidence la manière dont l'éducation relative à l'environnement intègre la théorie scientifique à la réalité locale.

## 1. Introdução

A Educação Ambiental se compreende como um processo que busca conscientizar a população sobre questões ambientais, promovendo conhecimento, habilidades e atitudes para solucionar e prevenir problemas ecológicos, de forma individual e coletiva MARCATTO (2002). LAYRARGUES (2020), no Manifesto por uma Educação Ambiental Indisciplinada, defende uma abordagem que rompe com fronteiras disciplinares rígidas, promovendo práticas educativas mais integradas e críticas. O Projeto intitulado “Avaliação da Qualidade de Águas Superficiais na Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho em Mambaí, Goiás” conduz estudos relacionados aos recursos hídricos, à proteção do patrimônio espeleológico e a possíveis contaminações por resíduos de agrotóxicos e/ou metais potencialmente tóxicos, além de englobar atividades que visam conscientizar a população sobre a importância da APA na conservação da biodiversidade bem como na proteção do rico patrimônio espeleológico contido naquela região SILVA & PASSOS (2024).

A Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho (APANRV) engloba os municípios goianos de Buritinópolis, Damianópolis, Mambaí e Posse BRASIL (2001). A APANRV contém um importante

patrimônio espeleológico, possuindo cerca de 180 cavidades registradas SBE (2025).

Nesse contexto de pesquisa, as atividades de extensão universitária se tornam importantes para a difusão do conhecimento científico desenvolvido nas Universidades e Centros de Pesquisa para a sociedade. Em vista disso, um dos compromissos assumidos pelo Projeto foi o de produzir materiais que pudessem ser utilizados em atividades extensionistas para estudantes de escolas públicas, com o intuito de promover o aprendizado multidisciplinar entre as ciências envolvidas, explorando ambientes cársticos a fim de estimular o ensino espeleológico a estudantes das escolas da região da APANRV. Ademais, busca-se conscientizar sobre a conservação ambiental dentro e no entorno da unidade de conservação, incentivando-se a aplicação dos conhecimentos e habilidades analíticas de compreensão do mundo natural.

Em face disso, essas atividades extensionistas surgem como alternativas primordiais para o desenvolvimento humano relacionado à educação e ao meio ambiente como ferramenta de conservação dos recursos hídricos e de proteção do patrimônio espeleológico.

## 2. Materiais e métodos

De posse dos primeiros achados científicos do projeto, a primeira atividade de extensão foi organizada em duas etapas: prévia e apresentação. A etapa prévia consistiu na formulação do material didático a ser empregado e na verificação de aspectos logísticos das escolas contempladas. A etapa de apresentação foi realizada entre os dias 25 e 28 de agosto de 2024.

Dessa forma, foi possível conduzir a apresentação de acordo com o Plano Político e Pedagógico (PPP) de cada escola, aliando informações sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) com

assuntos voltados aos recursos hídricos e à proteção do patrimônio espeleológico contido na APA, todos aspectos abordados na pesquisa desenvolvida na APANRV SILVA et al. (2024).

Na apresentação foram percorridos slides com mapas, tabelas e fotografias das atividades executadas durante a pesquisa, bem como a demonstração dos parâmetros considerados na escolha das áreas de pesquisa e o método científico e os materiais utilizados na coleta de água. Além disso, foi recorrida a abordagem lúdica e descomplicada, apresentando exemplos pertinentes ao contexto dos alunos SILVA et al. (2024).

## 3. Resultados

Durante as apresentações, participaram 281 aluno(a)s de escolas de Mambaí, na região nordeste de Goiás. Dentre estes, 178 aluno(a)s do Colégio Sebastião, distribuídos em cinco turmas, e 103 aluno(a)s da Escola Valter, organizados em três turmas. Foi notado que a interação da(o)s aluna(o)s com a exposição variou em função da faixa etária.

Em geral, todos se mostraram participativos, tirando dúvidas e contribuindo para uma troca de saberes (Fig. 1). Ao final, todos os alunos foram convidados a visitar o laboratório montado na sede do ICMBio em Mambaí, onde as amostras são preparadas para a avaliação SILVA et al. (2024).



Figura 1: Apresentação com estudantes do Ensino Médio da escola Colégio Estadual Sebastião Moreira da Silveira SILVA et al. (2024).

## 4. Discussão

Essas atividades extensionistas promovidas pelas Universidades e Centros de Pesquisas buscam conscientizar sobre a conservação ambiental dos recursos hídricos e a proteção de patrimônios espeleológicos, convidando a sociedade a reconhecer o território no qual se insere e todas as suas características naturais.

São beneficiados por essas atividades não somente os alunos mas, também, educadores e toda a comunidade contemplada pela pesquisa desenvolvida. Conforme DIAS (2004), a educação ambiental deve ser um processo contínuo e participativo, formando cidadãos críticos e

comprometidos com a sustentabilidade. A interação dos alunos com o conteúdo científico, aliada a uma abordagem lúdica, reforçou a importância de iniciativas que conectem a comunidade ao meio ambiente, como destacado por LOUREIRO (2006).

Outro recurso interessante para a educação ambiental, nesse cenário, se apresenta com a proximidade da sede do ICMBio em relação às escolas que foi um fator determinante para o sucesso da atividade, isso resultou em um ambiente de aprendizado animado e motivador.

## 5. Conclusões

A educação ambiental se revelou uma ferramenta essencial para a atividade de extensão universitária visando a conservação da biodiversidade e a proteção do patrimônio espeleológico na Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho (APANRV). As atividades extensionistas realizadas em Mambaí com estudantes de escolas públicas evidenciaram a eficácia de práticas educativas que integram teoria e realidade local, promovendo a conscientização ambiental e o

aprendizado multidisciplinar.

A proximidade da sede do ICMBio com as escolas de Mambaí foi crucial para o sucesso das atividades, criando um ambiente de aprendizado dinâmico. Essa integração entre pesquisa científica e extensão universitária envolvendo a comunidade se demonstra vital para a conservação ambiental, reforçando a educação como um instrumento transformador e essencial para o desenvolvimento sustentável.

## Agradecimentos

Às colaborações técnico-científicas da Universidade de Brasília (UnB), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Cerrados, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS), Vale do Rio Doce e Organização Mundial da Saúde (OMS), e também o apoio

acadêmico e financeiro do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua/UnB). Um agradecimento às profas Luciana e Melyssa, que aceitaram com muito carinho a proposta de atividade que estaria em acordo com o Projeto Político Pedagógico dos currículos escolares.

## Referências

BRASIL (2001). Decreto Federal s/n de 27 de setembro de 2001. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.

DIAS, G. F. (2004). Educação Ambiental: Princípios e Práticas. 9<sup>a</sup> ed. São Paulo: Gaia.

LOUREIRO, C. F. B. (2006). Educação Ambiental Transformadora. In: LAYRARGUES, P. P. (Org.). Identidades da Educação Ambiental Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

MARCATTO, C. (2002) Educação ambiental: conceitos e princípios. Belo Horizonte: FEAM, 64p.

SBE (2025) CNC – Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil. Cavernas do Estado de Goiás. Disponível em: <https://sbecnc.org.br/Regions.aspx#GO>

SILVA S. N. F., PASSOS, C. J. S. (2024). Avaliação da Qualidade de Águas Superficiais na Área De Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho em Mambaí, Nordeste De Goiás. Relatório Técnico de Iniciação Científica, 18 p. Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, Distrito Federal.

SILVA S. N. F., BORGES S. R., MERISSE R. J. (2024). Relatório de Atividades de Educação Ambiental – Mambaí, GO (25 a 28 de agosto de 2024).

# Cavernas, mineração e comunidades da Amazônia: a Caverna Labirinto de Máfica e o caso da Vila na Racha Placa em Canaã dos Carajás/PA

Genival Crescencio (1), Pâmela Lima do Carmo Saviato (2), Maria de Jesus Santos Almeida (3), Mário Junior Saviato (4)

(1) Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), Rua São Caetano, São Felix 2, Marabá PA, Brasil, genivalculturamaraba@gmail.com

(2) Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), Rua Costa Rica, Imigrantes, Timbó SC, Brasil, pamelacarmo25@gmail.com

(3) Fundação Casa da Cultura de Marabá, Nova Marabá, Marabá PA, Brasil, mariah\_almeida@outlook.pt

(4)- Saviato Ambiental, Jaraguá Esquerdo, Jaragua do Sul-SC, Brasil, mariojr@saviatoambiental.com.br

## Resumo

O presente trabalho revela a situação conflituosa da mineração e a comunidade da Vila Racha Placa em Canaã dos Carajás/PA, área do Projeto Grande Carajás no interior da Amazônia, que está provocando intensas alterações ambientais, socioeconômicas e culturais na região, ameaçando a caverna Labirinto de Máfica (GEM - 1614) inserida na litologia ferricrete, uma das maiores cavernas do Brasil e a maior da Serra dos Carajás, com 1.546 metros de projeção horizontal.

## Abstract

The current study reveals the conflicting situation between the mining and the community from “Racha Placa Ville” in Canaã dos Carajás/PA, area from the Project “Grande Carajás” into Amazônia (Amazon Rainforest). It is causing severe environmental, socioeconomic and cultural changes in the region, threatening the cave “Labirinto da Máfica” (GEM - 1614) inserted in the ferricrete lithology, it is one the biggest caves from Brazil and the biggest cave from “Serra dos Carajás” (Carajás Mountain), with 1.5546 meters of horizontal projection.

## Résumé

Este trabajo revela la situación conflictiva de la minería y de la comunidad de Vila Racha Placa en Canaã dos Carajás/PA, área del Proyecto Grande Carajás en el interior de la Amazonia, que está provocando intensos cambios ambientales, socioeconómicos y culturales en la región, amenazando la cueva del Labirinto de Máfica (GEM - 1614) insertada en la litología de ferricrete, una de las mayores cuevas de Brasil y la mayor de la Serra dos Carajás, con 1.546 metros de proyección horizontal.

## 1. Introdução

Nunca se descobriu tantas cavidades naturais em tão curto espaço de tempo, como vêm atualmente ocorrendo no interior Amazônia. Desde 2004 integrantes do Grupo Espeleológico de Marabá – GEM - estão realizando prospecção – varreduras em minas que estão em operações e outras que deverão entrar em breve – e mapeamento que tem a participação de outros grupos do sudeste do Brasil, na maior província mineral do planeta, conhecida como Serra dos Carajás, situadas em diversos municípios paraenses, com destaque para Parauapebas e Canaã dos Carajás onde estão as principais minas. Acredita-se que esta é uma das áreas que mais “empregou” espeleólogos nos últimos anos, afinal a mineração necessita dos estudos relacionados a espeleologia para a elaboração dos Estudos de Impactos Ambientais e para os Relatórios de Impactos Ambientais. Contudo, sabemos que nos anos 80 foram destruídas centenas de cavernas sem se tenha realizado qualquer estudo. As primeiras cavidades naturais subterrâneas documentadas no Município de Canaã dos Carajás têm registros a partir da prospecção no Bloco D da Serra Sul, realizada pela equipe

do Grupo Espeleológico de Marabá – GEM em 2004, e logo foram descobertas centenas de cavernas, espalhadas por vários platôs (SILVA JR., et al, 2007). Em 2005 foram descobertas e mapeadas cavernas na Mina do Níquel do Vermelho nas proximidades da sede do município. A descoberta mais significativa no município foi a caverna Labirinto de Máfica, que no momento de sua descoberta foi constatada como a maior caverna do Brasil na formação em ferricrete, classificada pela legislação atual de Máxima relevância.

A caverna foi descoberta em abril de 2007, com a façanha de ser a maior descoberta do grupo de Marabá no sudeste do Pará, e está próxima da área onde será a instalada a Pêra Ferroviária da usina de beneficiamento do minério de ferro do S11 D na Serra Sul. Para a futura exploração do minério de ferro, e para sua viabilização, houve a necessidade da aquisição das fazendas próximas à vila pela empresa vale. A implantação do projeto influenciou diretamente na vida das famílias que possuíam vínculos empregatícios e renda com estas propriedades. A vila do Racha Placa está localizada a 2 km aproxi-

madamente da área destinada implantação do projeto S11D da Vale, sua população é formada, em sua maioria, por famílias de colonos que trabalham nas fazendas do seu entorno. É também a vila mais distante do centro urbano de Canaã, localizando-se a 65 km da sede municipal. Até o início da intervenção da empresa, a vila possuía algo entorno de 600 habitantes, atualmente esse número foi reduzido pela expropriação da mesma.

Este trabalho é fruto de uma excursão que participamos a convite de várias instituições de Marabá e região que estudam os impactos da mineração no sudeste paraense.

## 1.1. Localização

Partindo de Marabá seguimos 100 km pela Rodovia BR-155 sentido Marabá/Redenção até o município de Eldorado dos Carajás, dali seguir pela PA-275 por 60 km até sede do município de Parauapebas, na entrada da cidade no viaduto percorrer 40 km pela PA-160 até a vila Novo Planalto, dali seguir pela VS 14 em estrada de terra por mais 65 km até a vila de Racha Placa/Mozartinópolis, que está localizada no extremo oeste do município de Canaã dos Carajás no sudeste Paraense, próxima ao limite com o município de Água Azul do Norte. A Vila possui acesso por estradas rurais (VS-14, VP-21, VP-20, VS-80, VS-77 e VP- 12) e é cercada pela Serra Sul, formação situada na unidade de conservação da Floresta Nacional de Carajás – FLONACA (Figura 1).

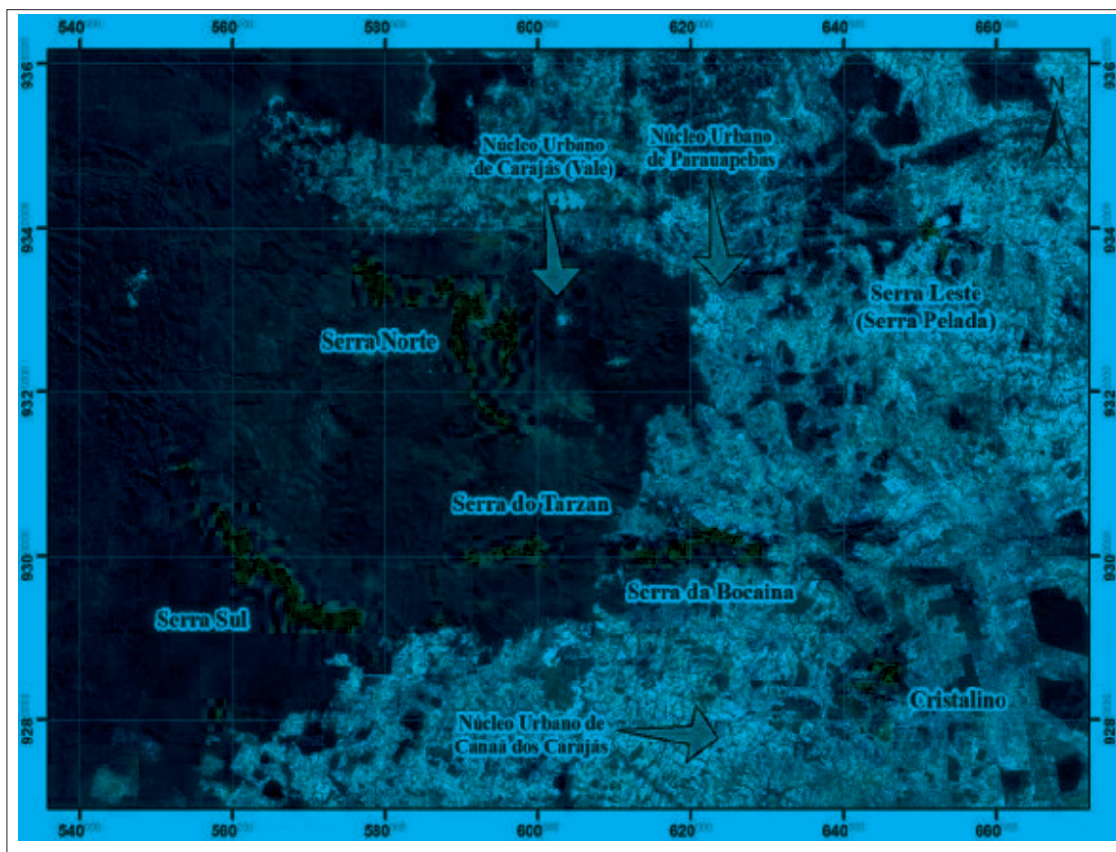


Figure 1: Mapa da região do Projeto Grande Carajás, com destaque para as principais reservas minerais.

## 2. Materiais e Métodos

Segundo REIS (2011) A vila de Racha Placa/Mozartinópolis é uma vila rural situada no município de Canaã dos Carajás/PA, que surgiu em 1978, em decorrência de uma ocupação de fazendeiros e pequenos proprietários na região próxima a atual área ocupada. A Vila já teve o nome de Bom Jardim do Pará, entretanto através do consenso de alguns moradores, mudaram o nome da localidade, o nome escolhido advém de uma homenagem ao um antigo funcionário da Vale conhecido por Mozart, que prestava “favores” a comunidade. Contudo a vila é conhecida por Racha Placa, pois no início de sua fundação a Vale colocou uma placa proibindo as atividades de caça e pesca no caminho – uma picada – que dava acesso ao local, o que para os moradores da região era algo bem complicado, visto que se tratava de uma vila rural, onde as pessoas, tinha em sua cultura a pesca e caça, sendo esta uma prática comum entre os camponeses, já que havia uma fauna diversificada e abundante. Portanto, a população revoltada rachou a placa com um machado.

A comunidade possui uma organização social bastante ativa com suas festas tradicionais, práticas religiosas, esportivas envolvendo principalmente a juventude do local. Algumas mulheres produziam peças artesanais, que com um grupo de agricultores levavam sua produção, para ser comercializada na feira da cidade de Canaã dos Carajás.

A realidade atual como constatamos é extremamente preocupante com um clima de total insegurança. A convite das entidades Centro de Educação, Pesquisa e Assessoria Sindical e Popular - CEPASP, Movimento Debate e Ação - MDA e de um grupo de professores da Universidade Federal do Pará – UFPA, participamos da Expedição a Vila de Mozartinópolis, conhecida popularmente como Racha Placa, no município de Canaã dos Carajás/PA, na região do sudeste paraense que nos últimos anos está em litígio com a mineradora Vale, que aos poucos está destruindo completamente a comunidade como verificamos in loco. O principal motivo é o fato da proximidade da vila com o projeto S11D que está lo-

calizado na parte Sul da Floresta Nacional de Carajás - FLONACA, situada nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás, este projeto faz parte do complexo minerário da Serra Sul, formado por uma cadeia de montanhas de 120 Km de extensão, com jazidas a serem exploradas. O S11D é uma das jazidas do S11 que possui quatro blocos: A, B, C e D, é considerado até agora o maior projeto da mineradora Vale nos cinco continentes onde atua e está previsto seu início de extração a partir de 2014. A vila está dentro da FLONACA, ao lado da futura usina de beneficiamento do minério de ferro e da p $\hat{e}$ ra ferroviária, o que está provocando intensas alterações socioeconômicas e culturais, como a especulação fundiária, êxodo rural, poluição ambiental e visual na região. A mineradora ao comprar as fazendas da área, que também incluía a residência ou estabelecimento comercial na vila, exige automaticamente a destruição das edificações.

Nesta atividade de campo desenvolvemos uma palestra para moradores da vila sobre a Espeleologia na região de Carajás, com destaques para o município de Canaã dos Carajás, participamos de reuniões com a comunidade e guiamos uma visita a Caverna Labirinto de Máfica - N $^{\circ}$  GEM 1614 - possivelmente a maior caverna do Brasil formada em ferricrete.

A expedição ocorreu no período de 07 a 09 de setembro de 2012, e foi composta por: Angelina Martins - Engenheira Agrônoma/CEPASP, Antonia Borges - Mov. Debate Ação/UFPA, Beatriz Ribeiro - Geógrafa/UFPA, Bruno Malheiro - Geógrafo/UFPA, Daiane de Jesus Santos - Canaã dos Carajás, Edileuza Miranda Feitosa - Mov. Debate Ação/UFPA, Genival Crescencio - Historiador/Espeleólogo, Haroldo de Souza - Agrônomo/UFPA, Iara Fernandes Reis - Mov. Debate Ação/UFPA, Jane Martins Santos - Mov. Debate Ação/UFPA, José Araújo - Motorista/CPT, Luciana Barbosa - Pedagoga/UFPA, Marcelo Melo - Mov. Debate Ação/UFPA, Marcos Alexandre Pimentel - Geógrafo/UFPA, Marzinho da Conceição - Canaã dos Carajás, Paulo Diniz - CPT/Xinguara, Raimundo Martins Cruz Neto - Sociólogo/CEPASP, e Rosemeire Bezerra - Socióloga/CPT, Simone Alves Martins - Mov. Debate Ação/UFPA, Tatiane Costa - Geógrafa/UFPA, Thiago Martins - Sociólogo/ Mov. Debate Ação, Vancevagner Evangelista - Estudante Canaã dos Carajás e Weliton Pereira Marçal - Eldorado dos Carajás.

### 3. Resultados

Com base no Decreto Federal n $^{\circ}$  6.640/08, as cavidades naturais subterrâneas deverão ser classificadas segundo quatro graus de relevância: máximo, alto, médio e baixo, determinados pela análise de atributos geológicos, hidrológicos, ecológicos, biológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos. Os parâmetros que definem o grau máximo de relevância encontram-se esboçados no referido decreto, que prevê conservação integral da cavidade inserida neste contexto. Os critérios para definição dos graus de relevância alto, médio e baixo, por sua vez, estão definidos na Instrução Normativa MMA 2/09. As cavidades classificadas como de relevância média e alta poderão ser impactadas parcial ou integralmente mediante compensação ambiental a ser definida pelo órgão ambiental. Cavidades de baixa relevância poderão ser impactadas sem compensação. Qualquer impacto em cavernas somente poderá ocorrer mediante o processo de licenciamento ambiental (Art. 4 do Decreto n $^{\circ}$  6.640/08). De acordo com Relatório de Impacto Ambiental (ARCADIS tetraplan, 2011), a caverna Labirinto de Máfica possui os seguintes atributos:

#### a) Bioespeleologia:

Na fauna cavernícola da caverna Labirinto de Máfica - S11-07 (GEM-1614) destaca-se a ocorrência de larvas bioluminescentes do besouro Elateridae (tribo Pyrophorini) em diferentes condutos da caverna, em zonas de penumbra e afótica. Situam-se em fendas no substrato argiloso, ocorrendo em piso e paredes. Emitem luz esverdeada, responsável pela atração de diferentes presas, sendo observadas a predação de formigas, especialmente Solenopsis sp. e opiliões Escadabiidae durante os estudos de campo; a ocorrência

### 2.1. Visita a Caverna Labirinto de Máfica

Na manhã do dia 08/09/2012 - sábado, devido ao reduzido espaço de tempo visitamos apenas a principal caverna que está localizada nas terras do senhor Valdivino Moreira Braga, que foi vendida para a VALE, chama a atenção esta ação principalmente pelo fato da área esta inserida no território da FLONA de Carajás, o que faz da mesma terra pública. Como havia um número grande de pessoas, dividimos a equipe em três grupos, que foram alternando na visita, com passeio pelos condutos e corredores da caverna, onde conheceram a litologia da mesma, que é ferricrete, algumas espécies da fauna cavernícola como morcego, amblypiggy, grilos, rã dente outros. Os visitantes foram contemplados com a visualização da larva bioluminescente de besouro, que na ausência de luz emite uma luz verde tipo neon, o único registro no Brasil até o momento que temos conhecimento é nesta caverna.



Figure 2: Entrada principal da Caverna Labirinto de Máfica, com equipe da expedição (foto: Tiago Martins).

de restos de exoesqueletos de presas na superfície lateralmente à fenda é comum. Adultos não foram registrados, indicando a possibilidade de uso da cavidade em apenas uma fase do ciclo de vida (trogloxenos).

O registro de sua ocorrência nos dois períodos de campo e anteriormente, durante topografia, em 2008, indica o estabelecimento e uso da cavidade de forma prolongada. O registro é único para cavidades do país. Foram registradas ao menos 110 espécies na cavidade GEM-1614. Considerando os inventários faunísticos nos diferentes períodos sazonais, foram registradas 85 espécies na campanha úmida e 78 na campanha seca, sendo 53 espécies comuns às duas campanhas.



Figure 3: Ao centro da imagem, exemplar de larva bioluminescente do besouro Elateridae (tribo Pyrophorini) (foto: Marcelo Melo).

**b) Geoespeleologia :**

A caverna GEM-1614 está inserida na baixa vertente, em uma área aplainada, recoberta por uma couraça ferruginosa, nas proximidades do sopé da Serra Sul. A cavidade está na margem esquerda de uma drenagem perene e pode ser acessada por duas entradas relativamente próximas e posicionadas em sua extremidade leste. Ocorrem outras duas entradas mais estreitas e baixas, a sul e a norte das já citadas. As entradas estão na base de uma pequena escarpa (0,8 m de altura), gerada pela ruptura da couraça ferruginosa. Esta cobertura se estende por uma grande área nas duas margens da drenagem sobre uma superfície bastante aplainada, cuja monotonia é quebrada apenas pelo vale entalhado pela drenagem. Matações depositados na rampa entre as entradas e a drenagem testemunham o processo de erosão remontante. O desnível entre o topo da escarpa e o talvegue é de aproximadamente 7 m. A vegetação de entorno foi suprimida, dando lugar à pastagem com árvores de médio porte e palmeiras esparsas.

**c) Dimensão :**

Os dados espeleométricos indicam que se trata da maior cavidade em ferricrete até o momento conhecida no Brasil. A projeção horizontal é de 1.546 m, com base no princípio da descontinuidade, ou seja, essa dimensão representa apenas o comprimento dos condutos, sendo, portanto, desconsideradas as medidas laterais nos cruzamentos entre condutos. O desnível da caverna é de 5,3 m, com as entradas posicionadas na parte mais alta da cavidade. O nível de base se encontra na área centro-sudeste da caverna, ponto para o qual, vários condutos convergem. A área é de 4.224 m<sup>2</sup> e o volume aproximado é de 4.340 m<sup>3</sup>. Esses valores são relativamente baixos se comparados à projeção horizontal, o que se deve à predominância de condutos estreitos e baixos, em média 2,7 m e 1 m, respectivamente.

**d) Morfologia:**

A cavidade, de aspecto labiríntico, se caracteriza pela ocorrência de longos condutos curvilíneos a localmente retilíneos de seção transversal semicircular. O teto, com altura média de 1 m, apresenta frequentes rebaixamentos, em geral associados ao acúmulo de material clástico no

piso. Vários condutos se entrecruzam em diversos pontos da caverna, formando uma rede labiríntica que não denota um controle estrutural claro. É de se esperar a ausência de controle estrutural em uma caverna desenvolvida em rocha formada por material de origem coluvionar. A direção dos condutos é variada, e não indica um eixo preferencial. No entanto, observa-se uma discreta tendência para as direções N30/60W e N30/50E.

**e) Litologia:**

A caverna está inserida em ferricrete. O ferricrete foi aqui definido como uma rocha argilosa, de origem coluvionar, que foi ferruginizada (e não laterizada) por transferência lateral de soluções ricas em Fe<sup>2+</sup>, originadas de rochas ultramáficas ou ferríferas posicionadas em porções mais elevadas da paisagem. Essas soluções, já locadas em seus sítios deposicionais, sofreram posterior oxidação e precipitaram novamente como óxidos de ferro (particularmente goethita e hematita), cimentando e endurecendo parcialmente o material coluvionar. A rocha apresenta uma matriz argilosa, ferruginosa, de porosidade elevada e coloração vermelha a localmente amarela.

**f) Hidrologia:**

Foram registradas duas surgências temporárias na cavidade GEM-1614. Tais surgências constituem pequenas drenagens, cujo fluxo é direcionado ao setor centro-sudeste (zona mais rebaixada). O escoamento tem início na extremidade de dois condutos. Uma das surgências estava ativa durante o mapeamento e foi registrada no mapa. A outra foi observada durante os estudos geoespeleológicos e flui a partir do conduto isolado na extremidade norte. Informações de membros do grupo GEM, responsável pela identificação da caverna, dão conta de que o nível d'água no interior pode atingir cerca de 80 cm no período chuvoso, alagando grande parte da área central. Poças ocorrem ao longo do curso d'água e abaixo de gotejamentos. Esses últimos são frequentes nas "cúpulas". Pequenas depressões são observadas no piso abaixo desses gotejamentos. Furos de gotejamento no sedimento foram registrados em diversos pontos da caverna.

## 4. Discussões

A inserção de grandes projetos na Amazônia já causaram prejuízos incalculáveis para as populações – barragens, mineração, ferrovias e em breve a hidrovía – principalmente no que diz respeito a fauna e flora. No contexto atual a mineração é a que tem provocado mudanças mais alarmantes, iniciando pelo social, e afetando de maneira depredadora o meio ambiente, como é o caso da bacia hidrográfica do Rio Tocantins, da vegetação que é suprimida para a abertura de estradas e exploração de minas de minérios. Porém o que chama a atenção atualmente é quantidade de cavernas que estão a caminho da extinção, pois sabemos que agora é só apenas uma questão de tempo, já que no país e principalmente no norte, meio ambiente não é levado muito a sério.

No exato momento em que se redigiu o texto para este artigo ressoou o apito do trem – lotado com minério de Carajás - que acabava de passar pela cidade Marabá e nos perguntamos? Quantas cavernas ele carrega para o porto de Itaqui no Maranhão nesta viagem? As informações sobre as cavernas de Carajás são reduzidíssimas, os órgãos que deveriam fiscalizar praticamente, não sabem onde estão localizadas as cavernas e também não faz muito empenho de “comprar” briga com a poderosa empresa de mineração. Ouvi relatos que a localização da futura mina sofreu alteração em virtude da descoberta da Caverna Labirinto de Máfica, os estudos apontam que ela está na distância aceitável pela legislação, mas ocorre que haverá um trânsito infernal de minério na ferrovia, são milhões de toneladas que serão transportadas por dia, o que deve abalar

as estruturas da caverna de grande significância para a ciência, que poderá “desaparecer” de vez como tantas outras que não temos nenhum registro. Outra situação alarmante e o que acontece na Vila Racha Placa, na visita que realizamos pelas ruas da vila a impressão que temos é que passou um tsunami pela comunidade, casas que poderiam ser definidas como as melhores e mais suntuosas, foram completamente ou estão parcialmente destruídas, causando uma horrível poluição visual, com uma sensação futurística caminhando para a extinção da vila, como nos informaram, até a igreja católica foi vendida pelo padre da comunidade a mineradora e logo também estará no chão. Como observamos na reunião que tivemos com alguns moradores o quadro é de desolação total, já perderam a identidade, a esperança de continuarem em suas casas na vila e com as pequenas propriedades, a mineradora está deixando a comunidade assombrada sem nenhuma perspectiva, sem um norte. O clima de insegurança impera na vila. Com o tempo, a caverna foi identificada como uma paleotoca, formando uma rede labiríntica com mais de 1.500 metros de extensão. A classificação da Labirinto de Máfica como paleotoca sugere que ela pode ter sido escavada por grandes mamíferos da megafauna, como preguiças-gigantes ou tatus-gigantes, que habitavam a região há milhares de anos. Essas estruturas são de grande interesse científico, pois fornecem insights sobre o comportamento e a ecologia desses animais pré-históricos.

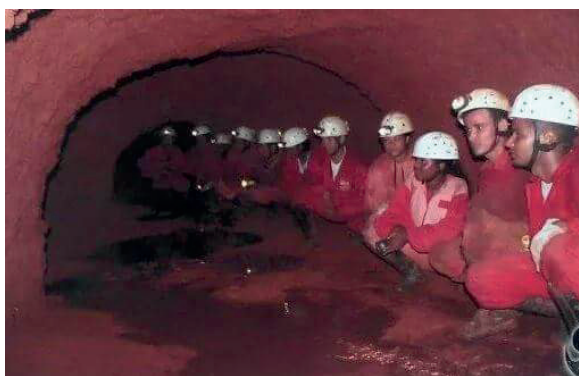


Figura 4: caverna Labirinto de Máfica - GEM 1614. (Foto GEM).

## 5. Conclusão

Considerando o total de 175 cavidades estudadas apenas no Projeto S11D (a área ainda engloba os corpos A, B e C) os estudos de análises de relevância das cavernas, integrando os atributos físicos/histórico-culturais e biológicos, apontaram que 16 cavernas foram classificadas como de relevância máxima, o que praticamente inviabiliza o projeto, sabemos que na prática isto não irá funcionar, já que se trata

da maior mina que entrará em exploração em alguns anos, levando a extinção das cavidades naturais subterrâneas, a fauna, a flora e a vila do Racha Placa. Aqui na Amazônia é assim, o progresso é sinônimo de destruição, de extinção, e quem dá as cartas neste exato momento é a produção mineral.

## Agradecimentos

Agradecemos de forma especial a Universidade Federal do Pará – UFPA, a Comissão Pastoral da Terra – CPT – que cederam veículos para transportar a equipe até a vila Mozartinópolis, ao Centro de Educação, Pesquisa e Assessoria Sindical e Popular – CEPASP – pelo apoio financeiro destinado a alimentação, ao Pastor Dimas Andrade Miranda e a Assembléia de Deus pelo apoio logístico nos cedendo o salão da igreja para nossa hospedagem, a Raimundo Gomes Cruz Neto pelo convite para fazer parte desta expedição; ao jovem Solenir Anastácio Braga morador da vila que nos guiou até a caverna Labirinto de Máfica. Agradecemos também a Thiago Martins, Marcelo Melo por nos ceder gentilmente as

fotografias da expedição, e a todos que participaram deste trabalho.

E expressar nossa profunda gratidão ao Grupo Espeleológico de Marabá (GEM) que foi nosso amado grupo e pelo apoio fundamental durante as expedições e estudos na caverna, bem como pelo compromisso com a pesquisa e conservação do patrimônio espeleológico.

Agradecemos especialmente ao Mestre Nóe Von Atzingen pela valiosa orientação e incentivo, que enriqueceram imensamente nosso aprendizado e compreensão sobre os ecossistemas cavernícolas. Seu conhecimento e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento dos trabalhos cavernícola

## Referências

ARCADIS TETRAPLAN. Estudo de Impacto Ambiental Ramal Ferroviário do Sudeste do Pará. São Paulo, Vale. 2011.

ATZINGEN, N. C. B. & CRESCENCIO, G. Estudos Espeleológicos em Serra Pelada, Curionópolis - PA. Boletim informativo da Fundação Casa da Cultura de Marabá. Marabá: Líder, 1999, p. 63-69.

ATZINGEN, N. C. B. Relatório de prospecção e documentação básica de cavidades naturais em Carajás - Serra Norte/ Mina de N4E. Parauapebas - PA, 2006.

AULER, Augusto & PILÓ, Luis B. Introdução as Cavernas em Minério de Ferro e Canga. O Carst, volume 17 n.º. 3, junho/2005, p. 70 – 72.

CECAV/IBAMA. Termo de referência para elaboração de Estudos Espeleológicos vinculados ao EIA/RIMA, 2004.

CUNHA JR, W.R, ATZINGEN, N. C. B. & CRESCENCIO, G. Estudos espeleológicos na Serra dos Carajás, município de Parauapebas - Pa. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 29, 2007, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto, MG: SBE/SEE/Escola de Minas. 2007, p. 101 – 107

FIGUEIREDO, L. A. V. RASTEIRO, M. A. & RODRIGUES, P. C. Legislação para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro: mudanças, conflitos e o papel da sociedade civil. Espeleo-Tema. v. 21, n. 1, Bol. Inf. da SBE Campinas – SP, 2010, p. 49-65.

Sociedade Brasileira de Espeleologia. (2020). SBE Notícias, nº 412. Disponível em: [https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2020/10/SBE\\_Noticias\\_412.pdf](https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2020/10/SBE_Noticias_412.pdf)

# Relatorio final do II Seminário Appaneano Florada no Carste do Alto São Francisco

Flávio Nasser Drumond (1), Paulo José de Oliveira (2), Emerson Rodrigues Pimentel (3), Bruno Machado Kraemer (4) & Bárbara da Silva Santiago (5)

(1) Instituto Federal de Minas Gerais campus Formiga, Rua Padre Alberico, nº 440, bairro São Luiz Formiga – MG, Brasil, CEP: 35577-020. flavio.drumond@ifmg.edu.br (autor correspondente)

(2) Associação Ambientalista e Espeleológica Pró Pouso Alegre - APPA, rua Marinha Gertrudes, 55, bairro Novo Horizonte Formiga-MG, Brasil, CEP : 35.570-000. pajo121@yahoo.com.br

(3) Instituto Federal de Minas Gerais campus Bambuí, Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - Bambuí – MG, Brasil, CEP: 38.900-000. emerson.pimentel@ifmg.edu.br

(4) Associação Ambientalista e Espeleológica Pró Pouso Alegre - APPA, rua Marinha Gertrudes, 55, bairro Novo Horizonte Formiga-MG, Brasil, CEP : 35.570-000. bmkraemer@gmail.com

(5) Instituto Federal de Minas Gerais campus Bambuí, Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - Bambuí – MG, Brasil, CEP: 38.900-000. barbara.santiago@ifmg.edu.br

## Resumo

O II Seminário Appaneano Florada no Carste do Alto São Francisco foi um evento de grande importância, reunindo pesquisadores, estudantes e a comunidade local para discutir a preservação e conservação da província cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis. A região, rica em biodiversidade e geodiversidade, enfrenta diversas ameaças, que justificaram o projeto, que teve como objetivos principais: a sensibilização da comunidade sobre a importância da preservação do patrimônio natural e cultural da região; fortalecer parcerias entre instituições de ensino, pesquisa, governo e sociedade civil; promover a troca de conhecimento através de palestras, oficinas e visitas técnicas e sugerir ações concretas para a proteção e conservação da região cárstica de Pains. O evento obteve grande sucesso, com um número expressivo de participantes e o estabelecimento de importantes parcerias. Como legado, o seminário contribuiu para a divulgação de informações científicas sobre a região, fortalecendo as redes de pesquisa e ação conjunta em prol da preservação do Carste do Alto São Francisco. Sua terceira edição está prevista para ocorrer na cidade de Arcos-MG, em setembro de 2025.

## Abstract

The II Seminario Florada no Carste do Alto São Francisco (Blooming in the Karst of Upper São Francisco River), was a significant event, bringing together researchers, students, and the local community to discuss the preservation and conservation of the Arcos-Pains-Doresópolis karst province. This region, rich in biodiversity and geodiversity, faces numerous threats, which justified the project. The main objectives of the project were: to raise community awareness about the importance of preserving the region's natural and cultural heritage; to strengthen partnerships between educational institutions, research institutions, government, and civil society; to promote knowledge exchange through lectures, workshops, and field trips; and to define concrete actions for the protection and conservation of the Pains karst region. The event was a great success, with a large number of participants and the establishment of important partnerships. As a legacy, the seminar contributed to the dissemination of scientific information about the region, strengthening research networks and joint actions in favor of the preservation of the Upper São Francisco Karst. Its third edition is scheduled to take place in the city of Arcos-MG, in September 2025.

## Resumen

El II Seminario Appaneano Florada en el Carste del Alto São Francisco fue un evento de gran relevancia que reunió a investigadores, estudiantes y a la comunidad local para discutir la preservación y conservación de la provincia cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis. Esta región, rica en biodiversidad y geodiversidad, enfrenta diversas amenazas, lo que justificó el proyecto, que tuvo como objetivos principales: sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de preservar el patrimonio natural y cultural de la región; fortalecer las alianzas entre instituciones de educación, investigación, gobierno y sociedad civil; promover el intercambio de conocimiento a través de conferencias, talleres y visitas técnicas; y definir acciones concretas para la protección y conservación de la región cárstica de Pains. El evento tuvo un gran éxito, con una gran cantidad de participantes y el establecimiento de importantes alianzas. Como legado, el seminario contribuyó a la difusión de información científica sobre la región, fortaleciendo las redes de investigación y acción conjunta en favor de la preservación del Carste del Alto São Francisco. La tercera edición está prevista para ocurrir en la ciudad de Arcos-MG, en septiembre de 2025.

## 1. Introdução

Localizada na região Centro-oeste do estado de Minas Gerais, a Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, além das cidades citadas no trinômio, abrange áreas dos municípios de Bambuí, Formiga, Iguatama, Piumhi e Pimenta. De reconhecida beleza cênica, diversidade biológica e riqueza mineralógica, em decorrência da geologia calcária, há tempos essa área tem sido alvo de estudos técnicos e científicos, nas mais diferentes áreas do conhecimento: antropologia, biologia, espeleologia, geologia, geografia, hidrologia, história e paleontologia. Dezenas de pesquisas nesses temas foram compiladas e apresentadas no livro: *A Região Cárstica de Pains*, (CECAV, 2022). No Brasil, o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, vinculado ao Instituto Chico Mendes para a Conservação e Biodiversidade (CECAV/ICMBio), contém informações cadastrais de mais de 2.500 cavernas na região cárstica de Pains. Tal número a coloca em primeiro lugar nacional e sulamericano em quantidade de cavernas carbonáticas (SOARES, 2024). Entretanto, destaca-se que, apesar da grande importância, a Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis e seu entorno estão sob forte pressão ambiental (CECAV, 2022; SOARES, 2024; TIMO, 2019). Por isso, justifica-se o investimento humano e material para realizar diagnósticos, debater questões, propor soluções criativas, almejando avançar na direção de uma gestão ambiental eficiente, que envolva os setores público, empresarial e a comunidade, fomentando o desenvolvimento sustentável, com boas práticas socioeconômicas, em uma das regiões cársticas mais importantes do Brasil (SOARES, 2024).

Os levantamentos do patrimônio ambiental e cultural realizados por trabalhos técnicos e acadêmicos (CECAV, 2022; KOOLE, 2014; SOARES, 2024 e TIMO, 2019), indicam que, até o momento, já são conhecidas, nessa localidade relevantes sítios espeleológicos, arqueológicos e paleontológicos. Para além da exuberância das cavidades e espeleotemas

## 2. Materiais e Métodos

A priori, essa proposta foi estruturada na busca por atender os incisos da resolução nº 38/2018 do IFMG, ao se inserir, de forma transversal, nas áreas temáticas meio ambiente e educação, através das linhas: Desenvolvimento regional, Desenvolvimento urbano, Educação profissional, Empreendedorismo, Espaços de ciência, Gestão pública, Organizações da sociedade civil e movimentos sociais e populares, Patrimônio cultural, histórico, natural e imaterial, Questões ambientais, Recursos hídricos e Turismo e desenvolvimento sustentável. Além do que, levando-se em conta os temas debatidos, o projeto coaduna com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS – Agenda 2030), da Organização das Nações Unidas (ONU): Objetivo 4 - Educação de qualidade, Objetivo 6 - Água potável e saneamento, Objetivo 11 - Cidades e comunidades sustentáveis, Objetivo 12 - Consumo e produção responsáveis, Objetivo 13 - Ação contra a mudança global do clima, Objetivo 15 - Vida terrestre e Objetivo 17 - Parcerias e meios de implementação.

De forma pioneira, o projeto desse Seminário fomentou parcerias importantes na composição da comissão organizadora do evento, que contou com quadro pessoal advindo da academia e de instituições

## 3. Resultados

Como fruto exitoso da parceria firmada entre a APPA e a estrutura multicampi do Instituto Federal de Minas Gerais, através dos campi Bambuí e Formiga, foi realizado entre os dias 17 e 19 de outubro de 2024, no auditorio do IFMG Campus Bambuí, “II Seminário Appaneano Forada no Carste do Alto São Francisco”, com o apoio e participação do MPSTA, da SBE/eBRe, do IEF, da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM-SEMAD-SISEMA), do MAC, do CRBio 04 e do EPA.

do endocarste, no cenário do exocarste Timo(2019) destaca o “Conjunto Paisagístico Pedra do Cálice”, com 532 m<sup>2</sup>. Trata-se de uma formação rochosa, com 60 milhões de anos, com aproximadamente 10 metros de altura, que se torna um ponto notável de rara beleza cênica que simboliza a importância da geodiversidade da Província geológica do Carste do Alto São Francisco. Formando um conjunto geopatrimonial com o “Cálice”, a autora classificou os ainda os “Afloramentos Carbonáticos na Região de Posse Grande” e o “Cânion do Alto São Francisco” como pontos que apresentam aspectos da paisagem com “relevância internacional”.

Diante de tanto potencial, com o intuito de incentivar a preservação desse patrimônio, de forma pioneira, em setembro de 2023, a Associação Ambientalista e Espeleológica Pró Pousos Alegres (APPA), realizou, em Formiga-MG, o seminário regional “Florada no Carste do Alto São Francisco”, que apresentou projetos quanto a preservação ambiental da região. O evento reuniu representantes de Organizações não Governamentais (ONGs), estudantes, professores, pesquisadores e demais profissionais da área de meio ambiente e espeleologia (APPA, 2024). Como legado dessa primeira edição os docentes de geografia dos campi Bambuí e Formiga do IFMG, apoiados pelo programa de mestrado profissional em sustentabilidade e tecnologias ambientais (MPSTA), se propuseram, para o ano de 2024, apresentar o projeto de evento de extensão multicampi, para abrigar a próxima edição do Seminário. Esse abrigo consistiu na participação dos professores numa ação em rede, juntamente com os coordenadores da APPA, Museu Arqueológico do Carste do Alto São Francisco (MAC), Instituto Estadual de Florestas (IEF-Sisema), Espeleogrupos Pains (EPA), Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e da sua Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe) e Conselho Regional de Biologia (CRBio-04), na organização e execução do II Seminário Appaneano Florada no Carste do Alto São Francisco, em outubro de 2024, nas dependências do IFMG campus Bambuí.

que lidam com a técnica, representada por membros de vários setores da sociedade. A programação foi elaborada a partir de sistemáticas e frequentes reuniões da comissão organizadora (19 ao todo), durante a fase de planejamento. Essa exaustiva jornada culminou num rol com uma sorte de 16 atividades, tais como: mostra da produção técnico científica do programa de mestrado profissional em Sustentabilidade e Tecnologias Ambientais do IFMG, exposição fotográfica sobre a biodiversidade do Cerrado, palestras com debates abertos ao público e visitas técnicas com oficinas de vivência ambiental e cultural.

Essas atividades difundiram o conhecimento dos aspectos geográficos, históricos, culturais e ecológicos da região e permitiram ao público saber e/ou se atualizar sobre as informações sistematizadas a respeito da fauna, flora, espeleologia, sítios arqueológicos e demais riquezas naturais e culturais, que compõe o acervo do patrimônio geoambiental da província geológica de Pains, discutindo e

apontando propostas para a recuperação, melhoria e desenvolvimento de práticas sustentáveis, preservacionistas e conservacionistas da região do Carste do Alto São Francisco, no Centro Oeste Mineiro.

Os indicadores evidenciaram que os objetivos iniciais do projeto de extensão foram alcançados, ao aproximar as instituições de ensino e pesquisa, agentes públicos, empresas de consultoria e gestão ambiental e sociedade civil organizada, da região do Carste do Alto São Francisco, para a criação de uma rede de troca de informações e conhecimento, funcionando como um canal de comunicação entre pesquisadores, professores, estudantes, gestores e demais atores, direcionado às comunidades

acadêmicas e ao público em geral. A reunião de autoridades regionais junto com especialistas dos mais diversos campos do conhecimento ambiental, com caráter multidisciplinar, e ONGs de preservação que lutam pela proteção de suas paisagens e da cultura dos povos locais, aumentou sobremaneira a relevância técnico científica da paisagem cárstica do Alto São Francisco e adjacências, uma vez que o número de inscritos bateu no teto estipulado em 140 participantes (figura 01 A). Com o Seminário os temas: meio ambiente, recursos hídricos, rochas carbonáticas e sustentabilidade se tornaram alvo permanente de debate pela sociedade, que pode e deve ser dotada de condições para avaliar o papel das políticas cunho ambientalistas voltadas à proteção das paisagens cársticas as quais estão inseridas. O evento deu palco e voz às iniciativas públicas e privadas acerca da preservação e conservação ambiental da região do Carste do Alto São Francisco e promoveu o trabalho em parceria entre os campi do IFMG e a sociedade civil. Destaca-se ainda que os estudantes (do nível médio à pós graduação) e a comunidade externa do IFMG puderam vivenciar discussões associadas a conteúdos específicos da região onde vivem e do espaço que historicamente ocupam.

No último dia de evento, às 07:00 horas, os participantes, divididos em dois grupos, partiram do IFMG Campus Bambuí, para realizarem as visitas técnicas.

O primeiro grupo de participantes, tutelados pelos profissionais: Bruno Machado Kraemer (APPA), Flávio Nasser Drumond (IFMG), Robson de Almeida Zampaulo (Rzampaulo Consultoria e Espeleologia), Bárbara Silva Santiago (IFMG) e Lucélio Nativo Assunção (EPA), foi conduzido à comunidade São Leão, situado no Cânion do Alto Rio São Francisco (figura 01 B), onde está localizado o Santuário Natural do São Francisco, (APPA, 2024). Às 09 :00 horas foi celebrada a “IX Missa Ecológica”, promovida pelo EPA e celebrada pelo Padre Edson Augusto Teixeira. Na ocasião, o

presidente do Espeleogrupo, professor Lucélio, falou da importância da celebração e dos trabalhos ali implantados pela ONG, em prol da preservação e valorização das riquezas naturais locais, seguido por uma fala sobre a “Vivência Ambiental no Carste do Alto São Francisco”, explanada pelo professor Flávio.

O segundo grupo de participantes foi para a cidade de Pains, tutelado pelos profissionais: Paulo José de Oliveira (APPA), Fabiana Amsler (APPA), Emerson Rodrigues Pimentel (IFMG), e Juliana Lopes Lellis (IFMG), conduzidos pelo Arqueólogo do MAC, Adriano Batista de Carvalho que acompanhou os alunos na visita técnica ao Museu do Carste do Alto São Francisco (figura 01 C) e no percurso da trilha ecológica Interpretativa instalada no Parque Municipal D. Ziza. Em seguida, aberta também aos estudantes da rede pública de Pains/MG, aconteceu a “Oficina de Divulgação Patrimonial”, da SBE/eBRE, ministrada pela Espeleóloga e Engenheira Ambiental Mariana Barbosa Timo (Spelayon Consultoria). Durante as duas visitas técnicas foi oferecido um farto lanche aos presentes, que junto com a logística (transportes e hospedagens) e o material de expediente (blocos, canetas, crachás e outros) foram viabilizados graças aos patrocinadores e apoiadores, todos destacados no banner do evento.

Dessa forma, ressalta-se que o Il Florada, com sua programação de palestras, oficinas, exposições e mostras, joga luz sobre uma das questões ambientais mais importantes da região Centro Oeste mineira, a proteção e conservação do ecossistema e do patrimônio espeleológico, arqueológico e paleontológico do Carste do Alto São Francisco. Uma área de paisagem única, com rica biodiversidade, presença de espécies endêmicas e geodiversidade de notável beleza cênica, que está sob constantes ameaças impostas pela presença da cadeia produtiva do calcário, das atividades agrícolas e do turismo desordenado.



**Figura 1:** (A) Foto da palestra : Estação Ecológica de Corumbá: uma Unidade de Conservação Estadual no Carste do Alto São Francisco, proferida por Yustane Lerrissa Veiga Lopes (EEO/IEF-MG). (B) Foto da visita técnica ao Cânion do Alto São Francisco, onde ocorreu a missa do Santuário das Águas e a experiência de vivência ambiental. (C) Foto da visita técnica ao Museu Arqueológico do Carste do Alto São Francisco e oficina da eBRE/SBE.

## 4. Discussão

De forma pioneira, o projeto desse Seminário fomentou parcerias importantes na composição da comissão organizadora do evento, que contou com quadro pessoal advindo da academia e de instituições que lidam com a técnica, representada por membros de vários setores da sociedade. Aproximou as instituições de ensino e pesquisa, gestão ambiental e sociedade civil organizada da região do Carste do Alto São Francisco, na intenção de criar uma rede de troca de informações e conhecimento, funcionando como um canal de comunicação entre pesquisadores, professores, estudantes, gestores e demais atores. Portanto, ressalta-se a importante contribuição, como um projeto de pesquisa e extensão multicampi, promovido pelos setores de pós graduação, pesquisa e extensão das unidades Bambuí e Formiga do IFMG, em parceria com a ONG APPA e o MAC. Com a consolidação do evento evidenciou-se a relevância técnico científica da paisagem cárstica do Alto Rio São Francisco e adjacências, uma vez que os debates ocorridos em

torno dos temas, meio ambiente, sustentabilidade e preservação dos patrimônios ambiental e cultural regional sejam alvos permanentes de interesse pela sociedade. Durante as atividades foi possível avaliar o papel das políticas voltadas à proteção desses patrimônios e dar palco e voz às iniciativas públicas e privadas acerca da preservação ambiental da região do Carste do Alto São Francisco.

O evento proporcionou aos estudantes do IFMG e à comunidade externa a convivência com discussões associadas aos aspectos geográficos e históricos da região onde habitam e do lugar que ocupam. As palestras explanaram e fomentaram os debates acerca das riquezas (fauna, flora, cavernas e sítios arqueológicos) e problemas socioambientais que envolvem a região, discutindo e apontando propostas para a recuperação, melhoria e desenvolvimento de práticas preservacionistas para o Carste do Alto São Francisco, no Centro Oeste Mineiro.

## 5. Conclusão

Pela descrição supra indicada pode-se concluir que a realização do II Seminário Appaneano Florada no Carste do Alto São Francisco foi um evento que reuniu pesquisadores, estudantes e a comunidade local para discutir a preservação e conservação da região cárstica. A partir disso indica-se que o Seminário atingiu um número expressivo de participantes e estabeleceu parcerias importantes. No âmbito da divulgação do conhecimento, o evento contribuiu para a circulação de informações científicas e técnicas sobre a região cárstica, com a intenção de sensibilizar a comunidade para a importância da preservação ambiental. Como legado o II Florada promoveu o fortalecimento das redes de pesquisa e ação conjunta dos atores na região.

O assunto é muito amplo para ser sintetizado em apenas um seminário, por isso, é importante que ele seja abordado em novas edições. Portanto, em 2025, na terceira edição, o evento passará a contar com novas atividades em sua programação, aberta a toda a comunidade, e um seminário presencial, no IFMG campus Arcos-MG, com acesso restrito, mediante inscrição prévia, através de plataforma digital, que terá palestras, painéis, vídeo com depoimentos, roda de conversa, lançamento e sorteio de livros, definição de propostas/encaminhamentos, dentre outras. O público-alvo estimado é de cento e cinquenta (150) pessoas, com emissão de certificados aos que participarem de, no mínimo, setenta por cento da carga horária prevista na programação do seminário.

## Agradecimentos

Agradecemos sinceramente aos servidores do IFMG, da reitoria e dos campi Bambuí e Formiga, que atuaram na operacionalização do projeto. À coordenação do programa de pós graduação em Sustentabilidade e Tecnologias Ambientais do IFMG campus Bambuí, pela parceria na execução do projeto e infraestrutura disponibilizada. Aos

voluntários, membros da APPA, e estudantes dos campi Bambuí e Formiga, que atuaram na equipe operacional do Seminário. E, por fim, aos palestrantes, patrocinadores e apoiadores, descritos no banner de divulgação do evento.

## Referências

APPA. 1<sup>a</sup> ed. Formiga: Revista resumo do seminário appaneano do Carste do Alto São Francisco. Associação Pró Pouso Alegre (APPA), 2024.

CECAV - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas., CRUZ, J. (Org.) ; Piló, Luis B. (Org.) A região cárstica de Pains. 1. ed. Brasília: IABS, 2022. v. 1. 276p .

KOOLE, E. Pré-história da província cárstica do alto São Francisco, Minas Gerais: a indústria lítica dos caçadores-coletores arcaicos. Dissertação de Mestrado, MAE/USP. 2007.

SOARES, G. B. Plano de ação: recomendações técnicas para elaboração de plano de manejo espeleológico com ênfase no turismo na região cárstica de Pains - MG Dissertação apresentada ao programa de mestrado profissional do IFMG campus Bambuí. Bambuí, 2024. 112 f.

TIMO, M. B. Identificação, caracterização e zoneamento do patrimônio geomorfológico da região cárstica Arcos-Pains, Minas Gerais. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG 2019.

# The experience of the introduction to speleology class during the pioneer course of specialization in speleological heritage in Brazil

Luiz Afonso V. Figueiredo (1)

(1) Invited Professor (Universidade de Passo Fundo-UPF). Postdoctoral researcher of Federal University of the State of Rio de Janeiro (UNIRIO). Coordinator of History of Brazilian Speleology Project (PROHEB-SHE-SBE). Coordinator of the Pedagogical Commission of Brazilian School of Speleology (eBR-SBE), lafonso.figueiredo@gmail.com

## Abstract

The objective of this work was to report the experience of preparing and carrying out the Introduction to Speleology course for two classes of students from the Specialization Course in Speleological Heritage (UPF/FCCM), a pioneer in Brazil, held in the first and second semesters of 2023. There were 37 students in Group 1 and 23 in Group 2, totaling 60 students. The course had a workload of 24 hours/class, part of which was synchronous and part was distance tutoring. For research purposes, documents produced in the discipline were used to carry out a reflective and propositional analysis. The general proposal of the discipline was to put participants in initial contact with the theme of speleology and the vision of caves as cultural and natural heritage. And identify key concepts, in order to promote the interchange of experiences between participants and their vision of caves, taking advantage of the diversity in the profile of postgraduate students. In order to reflect on the development of this area, it was necessary to identify aspects of its historical trajectory in the world and in Brazil, both from a technical and scientific point of view. The results demonstrated a high degree of interest and learning among students, in addition to indicating aspects for improving the discipline. The Specialization course achieved a good final result for the training processes of Brazilian speleologists in a course format appropriate for those who already carry out professional activities in Speleology.

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue relatar la experiencia de preparación e impartición del curso de Introducción a la Espeleología para dos clases de alumnos del Curso de Especialización en Patrimonio Espeleológico (UPF/FCCM), pionero en Brasil, realizado en el primero y segundo semestres de 2023. Los participantes fueron 37 estudiantes de Grupo 1 y 23 en el Grupo 2, con un total de 60 estudiantes. El curso tuvo una carga horaria de 24 horas/clase, parte de las cuales fueron sincrónicas o tutorías remotas. Para los fines de la investigación se utilizaron documentos producidos en la disciplina para realizar un análisis reflexivo y proposicional. La propuesta general de la disciplina fue poner a los participantes en contacto inicial con la temática de la espeleología y la visión de las cuevas como patrimonio cultural y natural. E identificar conceptos clave, con el fin de promover el intercambio de experiencias entre los participantes y su visión de las cuevas, aprovechando la diversidad en el perfil de los estudiantes de posgrado. Para reflexionar sobre el desarrollo de esta área, fue necesario identificar aspectos de su trayectoria histórica en el mundo y en Brasil, ya sea desde el punto de vista técnico o científico. Los resultados demostraron un alto grado de interés y aprendizaje entre los estudiantes, además de indicar aspectos para mejorar la asignatura. El curso de Especialización logró un buen resultado final para los procesos de formación de los espeleólogos brasileños en un formato de curso adecuado para quienes ya ejercen actividades profesionales en Espeleología.

## Resumo

O objetivo do trabalho foi relatar a experiência de elaboração e realização da disciplina *Introdução à Espeleologia* para duas turmas de estudantes do Curso de Especialização em Patrimônio Espeleológico (UPF/FCCM), pioneiro no Brasil, realizadas no primeiro e segundo semestre de 2023. Foram envolvidos 37 alunos na Turma 1 e 23 na Turma 2, totalizando 60 acadêmicos. A disciplina tinha uma carga horária de 24 horas/aula, sendo parte síncrona e outra em tutoria à distância. Para fins de pesquisa foram utilizados documentos produzidos na disciplina para realizar uma análise reflexiva e propositiva. A proposta geral da disciplina era colocar os participantes em contato inicial com a temática da espeleologia e a visão das cavernas como patrimônio cultural e natural. E identificar os conceitos-chave, de modo a promover a troca de experiências entre os participantes e sua visão de cavernas, aproveitando a diversidade no perfil dos pós-graduandos. A fim de refletir sobre o desenvolvimento dessa área foi necessário identificar aspectos da sua trajetória histórica no mundo e no Brasil, seja do ponto de vista técnico ou científico. Os resultados demonstraram um alto grau de interesse e aprendizagem dos alunos, além de indicar aspectos para melhoria da disciplina. O curso de Especialização conseguiu um bom resultado final para processos formativos dos espeleólogos brasileiros em um formato de curso apropriado para aqueles que já realizam atividades profissionais em Espeleologia.

## 1. Introdução

A criação de um programa nacional de formação espeleológica no Brasil vem sendo sugerido desde 1978 (COLLET, 1978), e mais intensamente quando ocorreu a implantação da Seção de Educação Ambiental como órgão da Sociedade Brasileira (SBE) em 1992, ao mesmo tempo, fortalecia-se a ideia de um curso de pós-graduação em Espeleologia, visando atender a demanda dos acadêmicos interessados no assunto, visto que não havia espaço para todos em nível de mestrado e doutorado. Essa proposta surgiu em 1993, com mais ênfase a partir de 1997, incluindo uma sugestão de estrutura de curso (FIGUEIREDO, 1997, FIGUEIREDO, 2009; FIGUEIREDO & SILVA-JUNIOR, 2019).

Somente em 2022 começa a ocorrer a estruturação de um curso pioneiro de Especialização em Patrimônio Espeleológico, o primeiro no Brasil, criado a partir de um convênio entre a Fundação Casa da Cultura de Marabá (FCCM), Núcleo de Espeleologia, que se encontra no estado do Pará (Amazônia Brasileira) e o Núcleo de Pré-História e Arqueologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH) da Universidade de Passo Fundo (UPF), uma instituição universitária de caráter comunitário e multicampi, localizada na região Sul do Brasil.

“Este curso foi pensado de forma a atender tal necessidade, capacitando a gerenciar projetos, relatórios de pesquisa, prospecção e demais trabalhos associados a cavernas, bem como na emissão de laudos e pareceres sobre Patrimônio Espeleológico e na coordenação de equipes multidisciplinares” (UPF & FCCM, 2022)

## 2. Procedimentos metodológicos

No presente artigo se realizou uma análise documental e bibliográfica sobre o processo de estruturação e realização da disciplina acadêmica *IntroEspeleo*.

Os documentos selecionados constavam das orientações gerais do curso de pós-graduação, o plano de aulas da disciplina, o registro das aulas em vídeo (YouTube), as anotações no caderno de aulas e todos os instrumentos de avaliação utilizados, performance nas apresentações de seminários temáticos, bem como relatórios parciais e os documentos produzidos para a conclusão da disciplina (atividades orientadas) realizados pelos estudantes.

Foi realizada uma leitura sistemática e detalhada de todos os do-

O curso surgiu a partir da crescente demanda de profissionais especializados em espeleologia devido à necessidade de atender a legislação ambiental brasileira nos processos de licenciamento ambiental de obras em áreas cársticas ou sítios espeleológicos. O curso contém disciplinas teóricas e aulas teórico-práticas e atividades de campo realizadas em Marabá (PA). (UPF & FCCM, 2022).

O presente trabalho teve como objetivo relatar e avaliar a experiência de elaboração e realização da disciplina *Introdução à Espeleologia (IntroEspeleo)* para duas turmas de alunos realizadas em 2023.

A proposta geral da disciplina é colocar os participantes em contato inicial com a temática da espeleologia e a visão das cavernas como patrimônio cultural e natural. Visa, também, identificar os conceitos-chave, de modo a promover a troca de experiências entre os participantes e sua visão de cavernas, aproveitando a diversidade no perfil dos pós-graduandos. A fim de refletir sobre o desenvolvimento dessa área de conhecimento é necessário identificar aspectos da sua trajetória histórica no mundo e no Brasil. Ao mesmo tempo, compreender a evolução e o avanço da atividade espeleológica, seja do ponto de vista técnico, com a exploração, prospecção, mapeamento e registro de cavernas, seja pelo ponto de vista da pesquisa científica.

## 3. Resultados e discussão

As aulas da disciplina *IntroEspeleo* foram realizadas de forma remota e síncronas, no contato direto entre os pós-graduandos e o docente, usando a plataforma digital do Google Meet e apoio do Google Classroom, entre outros recursos digitais (Jamboard, Mentimeter, Padlet e outros).

Montou-se um amplo banco de texto de apoio para as diversas etapas da disciplina.

### Objetivos da disciplina IntroEspeleo

- Identificar as representações sociais e o imaginário das cavernas entre os participantes do curso.
- Reconhecer os conceitos básicos relacionados com a Espeleologia, a formação e ocupação das cavernas e a paisagem cárstica.
- Sensibilizar os participantes quanto às peculiaridades e complexidades do ambiente cavernícola.
- Reconhecer aspectos da história da Espeleologia no Mundo e suas influências no Brasil.
- Identificar e discutir sobre a trajetória da produção científica em Espeleologia e temas afins.

cumentos indicados, identificando os aspectos mais importantes do andamento da disciplina e dos produtos obtidos no processo avaliativo, de modo a produzir uma análise reflexiva e propositiva da disciplina.

Foram envolvidos 37 alunos na Turma 1 e 23 alunos na Turma 2, totalizando 60 acadêmicos de pós-graduação (nível especialização). O Perfil dos estudantes era bastante diversificado quanto à formação, predominando as áreas de Biologia, Geologia e Geografia. Quanto ao gênero o grupo ficou bem equilibrado nas duas turmas, sendo 29 do gênero masculino (48,3%) e 31 do gênero feminino (51,7%).

As aulas ocorreram no período de 17 de março a 24 de abril para a Turma 1 e de 15 a 23 setembro de 2023, Turma 2.

- Verificar aspectos da genealogia científica nos estudos sobre cavernas e sítios espeleológicos.

### Conteúdo Programático

- ✓ Apresentação da proposta da disciplina
- Plano de aulas. Caracterização e perfil dos participantes
- Atividades Orientadas (AO1-Mídias. AO2-Biografia de personalidade da Espeleologia)
- 1. Representações das cavernas, fundamentos básicos e caracterização geral de sítios espeleológicos brasileiros e de outros países (Fig. 1, 2, 3, 4 e 5)
- Exercício 1- Evocação livre de palavras
  - Discussão aberta sobre imaginário da caverna (resultados de pesquisa, FIGUEIREDO, 2010)
- Exercício 2- Discussão aberta sobre experiências em cavernas (descobertas, motivações, sensações, aprendizagens, entre outros)

- Conceitos-chave sobre espeleologia, cavernas e paisagem cárstica
  - Apresentação (audiovisual) sobre os principais sítios espeleológicos brasileiros e vivências em outros países.
2. História da espeleologia mundial (Europa, Estados Unidos e América Latina)
- História da espeleologia mundial (FIGUEIREDO, 2015)
    - O legado de Édouard-Alfred Martel e de seus seguidores e as contribuições para a constituição da Espeleologia como área de conhecimento.
    - Aspectos da evolução da espeleologia no mundo
    - Criação da União Internacional de Espeleologia (UIS)
    - Congressos Internacionais de Espeleologia (ICS)
  - História da espeleologia na América Latina e Caribe
    - Aspectos históricos da evolução da espeleologia latino-americana e caribenha
    - O papel da Federación Espeleológica de América Latina y del Caribe (FEALC), congressos
3. 3- História da espeleologia no Brasil (FIGUEIREDO, 2015)
- Projeto história da Espeleologia Brasileira (PROHEB) e a Seção de História da Espeleologia (SHE) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE)
  - Cronologia da trajetória da espeleologia no Brasil (períodos e marcos históricos)
    - As contribuições de Peter Lund e Ricardo Krone
  - Organização da Espeleologia no Brasil (SBE, Grupos de Espeleologia, CECAV)
- Os Congressos Brasileiros de Espeleologia (CBE) e os eventos regionais
4. Produção científica e genealogia acadêmica no Brasil
- Pesquisa sobre a evolução da produção científica em espeleologia no Brasil (Banco de Dados sobre Espeleologia e Temas Afins) (FIGUEIREDO et al. 2022)
  - Aspectos da genealogia acadêmica em espeleologia (Árvore da Ciência e Plataforma Acácia)
    - ✓ Apresentação dos resultados das atividades orientadas e avaliação final
    - ✓ Fechamento da disciplina

**Estratégias Metodológicas**

Utilizou-se diversidade de estratégias, tais como, aulas expositivo-dialogadas, exercícios de reflexão e concepção prévia, análise de material audiovisual e redes sociais, leitura e resenha de textos, discussões abertas ou em grupos, exercício de produção coletiva, uso de recursos do Google e outros para atividades educativas. Foram desenvolvidas em paralelo atividades orientadas, sugeridas pelo docente. As aulas síncronas serão realizadas pela plataforma Google Meet do curso (UPF).

**Especificação/Descrição das Formas de Avaliação**

A avaliação da disciplina foi realizada de forma contínua, exercícios e outras atividades síncronas. A apresentação final era na forma de Atividades Orientadas (AO), ou seja, os alunos produziam com apoio de tutoria à distância.

- ✓ AO1-Análise do papel de mídias sociais para a divulgação de cavernas e da espeleologia
- ✓ AO2-Análise da biografia de alguma personalidade da história da espeleologia



Figure 1: Modelo de apresentação para as temáticas das aulas expositivas da disciplina Introdução à Espeleologia.

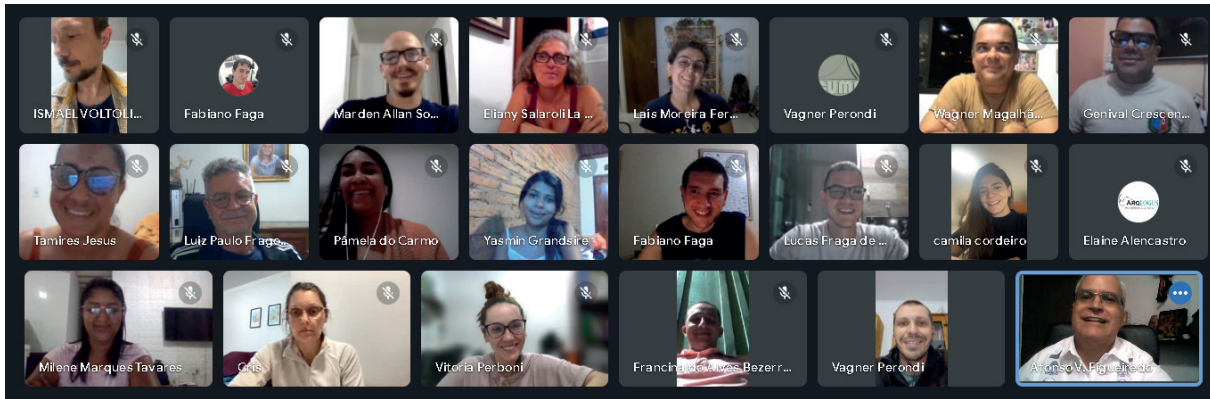


Figure 2: Print Screen da participação da Turma 2 durante as aulas da disciplina Introdução à Espeleologia.

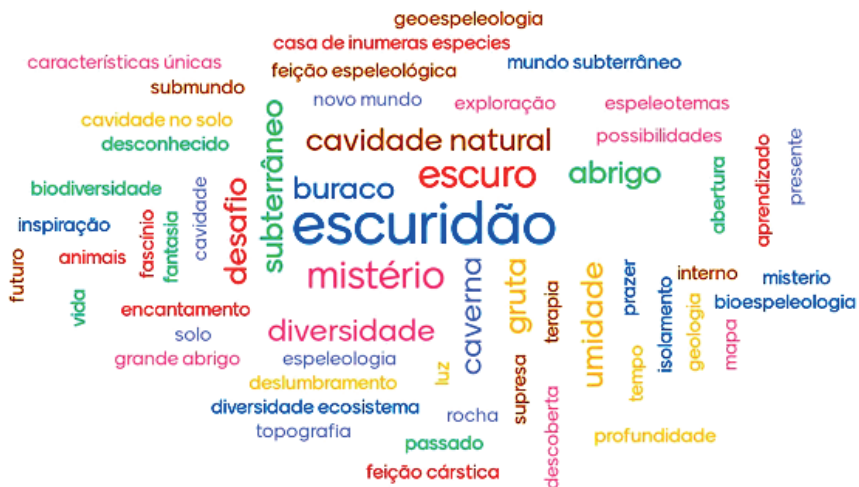


Figure 3: Nuvem de palavras produzidas no Exercício 1 sobre evocação livre de palavras ao termo CAVERNA



Figure 4: Imagem do Jamboard (T1) para questões científicas ligadas ao conhecimento dos alunos sobre cavernas



Figure 5: Imagem do Jamboard (T2) para as questões simbólicas ligadas ao conhecimento dos alunos sobre cavernas

## 5. Conclusion

Os resultados demonstraram um alto grau de interesse e boa aprendizagem dos alunos, visto que o conjunto dos estudantes conseguiu atingir uma média geral acima de 9,0, sendo que o mínimo era 7,0 pontos para a aprovação na disciplina.

As discussões promovidas nas aulas e na avaliação final indicaram elementos para melhoria da proposta dessa componente curricular introdutória. A frequência nas aulas também foi excepcional, com mais de 90 % dos participantes em todos os encontros, demonstrando o interesse pelo curso, mesmo com as aulas sendo oferecidas aos finais de semana, durante período integral.

Muitos alunos já tinham título de mestrado e doutorado, porém isso não gerou menor atenção às aulas, ao contrário, criou um excelente momento de intercâmbio de conhecimentos entre veteranos da Espeleologia e iniciantes na temática das cavernas. Houve muita interação e troca de experiências entre os participantes facilitando o processo de

ensino e aprendizagem.

Como tive oportunidade de participar de outras disciplinas, em distintas fases do Curso de Especialização em Patrimônio Espeleológico, seja intermediária ou final, pude observar a performance geral do curso. Verificou-se que o curso conseguiu um bom resultado geral para os processos formativos complementares de espeleólogos brasileiros, a partir da configuração de um curso apropriado para aqueles que já realizam atividades profissionais em Espeleologia, ou pretendem ingressar nesse ramo de trabalho.

Esse formato escolhido permite o aprofundamento de temáticas técnico-científicas em nível de pós-graduação, abrindo caminho para novas turmas e outras iniciativas desse tipo em todo território brasileiro, inclusive propiciando a possibilidade de parcerias interinstitucionais visando fortalecer e expandir a experiência.

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer o convite e a oportunidade de participar deste curso pioneiro no Brasil, e todo apoio do Maricélio Guimarães (FCCM) e da Jacqueline Ahlert (UPF) em todas as etapas da realização

da disciplina. Também a todos os alunos e professores que participaram do curso, muitos deles parceiros do mundo subterrâneo de diversas gerações espeleológicas.

## Referências

COLLET G.C. (1978) Ensino-espeleo: esboço de organização de um curso de formação. São Paulo: Grupo Bagrus de Espeleo. 5p.

FIGUEIREDO L.A.V. (1997) Educação Ambiental e formação espeleológica no Brasil: estado da arte e perspectivas. In: RASTEIRO, M.A.; PEREIRA-FILHO, M. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 24, Ouro Preto. *Proceedings* Campinas, SP: SBE, 2017. p. 17-24.

FIGUEIREDO, L.A.V. (2009) Integração entre espeleologia e ecoturismo: proposta para a formação do bacharel em turismo e reflexões sobre a experiência da PUCSP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30, Montes Claros-MG. *Proceedings...* Montes Claros-MG: UNIMONTES.

FIGUEIREDO, L.A.V. (2010). Cavernas como paisagens racionais e simbólicas: imaginário coletivo, narrativas visuais e representações da paisagem e das práticas espeleológicas. 2010. PhD Thesis (Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FIGUEIREDO L.A.V. (2015) Histórico e importância da espeleologia. In: RUCHKYS U.A.; et al. (org.). *Patrimônio espeleológico em rochas ferrugi-*

*nosas*: propostas para sua conservação do quadrilátero ferrífero, Minas Gerais. Campinas, SP: Editora SBE.

FIGUEIREDO L.A.V., SILVA-JUNIOR A.A. (2019) Educação ambiental, espeleologia e a conservação das cavernas brasileiras: reflexões a partir de uma base de dados sobre produções científicas e pedagógicas. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, Bonito. *Proceedings* Campinas: SBE. p.509-542.

FIGUEIREDO L.A.V., SILVA-JUNIOR A.A., ZAMPAULO R.A. (2022) Scientific research and academic qualification in speleology and related themes: historical aspects and scientific genealogy in Brazil (1945-2020). In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY-ICS, 18. Savoie-Mont Blanc, France. *Proceedings* [...]. Savoie-Mont Blanc, France.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO (UPF) & FUNDAÇÃO CASA DA CULTURA DE MARABÁ (FCCM). (2022) *Especialização em patrimônio espeleológico, curso de pós-graduação lato sensu: cartilha orientativa*. Passo Fundo, RS, Brasil: UPF/FCCM.

# GRUPTA-Espeleogame®: um role playing game (RPG) educativo e recreativo para popularização da espeleologia

Milton de Campos Figueiredo (1), Luiz Afonso V. Figueiredo (1,2), Arnaldo Antonio Silva-Junior (1)

(1) Serra do Mar Environmental Studies Group (GESMAR)

(2) Federal University of the State of Rio de Janeiro (UNIRIO) (postdoctoral researcher), Coordinator of Pedagogical Commission of Brazilian School of Speleology (eBRE-SBE), lafonso.figueiredo@gmail.com

## Abstract

**GRUPTA-EspeleoGame®: an educational and recreational role-playing game (RPG) for popularizing speleology.** The purpose of this work was to develop and test an educational and recreational game, a Role-Playing Game (RPG), aiming to disseminate and popularize speleology. Entitled *GRUPTA-EspeleoGame®*, which means cave or crypt in vulgar Latin, the game proposes that participants embody one of several possible characters, who will be chosen to participate in adverse situations or activities in a cave. Among the proposed campaigns we have: rescuing an injured person, finding some important archaeological or paleontological remains, photographing a rare speleothem, or finding a specimen of cave fauna. The duration varies according to the participation of the players and the performance of their roles. The game can be expanded, modified, creating degrees of difficulty as it is played. The hope is to promote the dissemination of knowledge about caves and the karst landscape, strengthening Speleology.

## Resumen

**GRUPTA-EspeleoGame®: un juego de rol (RPG) educacional y recreativo para la popularización de la espeleología.** El objetivo del trabajo fue desarrollar y probar un juego educativo y recreativo, tipo Juego de Rol (RPG), con el objetivo de la difusión y popularización de la espeleología. Titulado *GRUPTA-EspeleoGame®*, que significa cueva o cripta en latín vulgar, el juego propone que los participantes encarnen a uno de los varios personajes posibles, que serán elegidos para participar en situaciones o actividades adversas en una cueva. Entre las campañas propuestas tenemos: rescatar a un herido, encontrar algún resto arqueológico o paleontológico importante, fotografiar un espeleotema raro o encontrar un ejemplar de fauna cavernícola. La duración varía dependiendo de la participación de los jugadores y el desempeño de sus roles. El juego tiene la posibilidad de ser ampliado, modificado, creando grados de dificultad a medida que se juega. De esta manera se pretende promover la difusión del conocimiento sobre las cuevas y el paisaje kárstico, fortaleciendo la Espeleología.

## Resumo

A proposta do trabalho foi desenvolver e testar um jogo de caráter educacional e recreativo, tipo Role-Playing Game (RPG), visando a difusão e popularização da espeleologia. Intitulado *GRUPTA-EspeleoGame®*, que significa gruta ou cripta em latim vulgar, o jogo propõe que os participantes incorporem um dos diversos personagens possíveis, que serão escolhidos para participar de situações adversas ou atividades em uma caverna. Entre as campanhas propostas temos: resgate de um ferido, encontrar algum vestígio arqueológico ou paleontológico importante, fotografar um espeleotema raro, ou encontrar um espécime da fauna cavernícola. A duração é variável conforme a participação dos jogadores e o desempenho de seus papéis. O jogo tem possibilidade de ser ampliado, modificado, criando graus de dificuldade conforme vai se realizando. Espera-se dessa maneira promover a difusão do conhecimento sobre cavernas e a paisagem cárstica, fortalecendo a Espeleologia.

## 1. Introdução

As paisagens cársticas ocupam aproximadamente 10% do território mundial, ocorrendo predominantemente em rochas carbonáticas, entretanto, podem se desenvolver em outras litologias (gesso, arenito, quartzito, etc) (KLIMCHOUK, 2015; KARMANN, 2016; TELES & MORAIS, 2019). Essas áreas são propícias para formação de feições especiais da paisagem e sistemas cavernários, formando sítios espeleológicos, que podem favorecer a existência de contextos arqueológicos, paleontológicos, antropológicos, entre outros.

Ao mesmo tempo, existem milhões de cavernas conhecidas em todo

o mundo e milhões de pessoas as visitam todos os anos. Também existe uma ordem de 50 a 80 mil espeleólogos e cavernistas em todo território mundial. Mesmo assim, a espeleologia ainda é um assunto pouco conhecido e divulgado, sendo necessárias ações para a sua popularização, seja no âmbito educacional, recreativo ou científico.

Jogos com fins educativos já são conhecidos e utilizados há muito, podendo ser aproveitados para alguma temática específica ou pelo caráter lúdico e interativo que promovem (CAVALCANTI & SOARES, 2009; CUNHA, 2012; SOUZA et al., 2020, entre outros).

Os jogos podem ser de diferentes tipologias, entre elas: quebra-cabeças, jogos de tabuleiro, jogos de estratégia, jogos de cartas, jogos eletrônicos, brincadeiras de rua, atividades corporais, entre muitas outras formas lúdicas.

Entre eles existem os Role-Playing Games (RPG), que são jogos de desempenho de papéis, onde há um mestre que guia um grupo de pessoas por uma aventura, passando por situações de desafio, destreza, mistério, problemas, obstáculos, ameaças e escolhas. Podem estar adicionados ao jogo alguns recursos diversos, como tabuleiros, cartas, dados, miniaturas, cenários e até vestimentas; no entanto, o mais importante é incorporar um personagem e tomar decisões nas diversas partes do jogo, conforme vão sendo sugeridas pelo mestre e ir ultrapassando as barreiras impostas pelas ações, escolhas feitas, ou proveniente da sorte nos dados.

As características básicas de um jogo de RPG estão relacionadas com os tipos de personagens, envolvendo: classe social, profissão, raça, origem, equipamentos iniciais ou adquiridos (ganhando ou comprando durante o jogo), perfil de habilidades e atributos. Alguns personagens podem estar com o perfil previamente preparado, ou podem ser construídos ao longo do jogo. A história pode ser pré-definida, ou pode ir acontecendo entre os jogadores, motivados o tempo todo pelo mestre, que geralmente é uma pessoa que conhece bem os RPGs, tem domínio pleno sobre o jogo em questão e consegue motivar e liderar o grupo, muitas vezes ele participa como um narrador externo.

Jogos de RPG com temática ambiental estão cada vez mais sendo elaborados, permitindo chamar a atenção para os problemas e fazer reflexões sobre as teorias científicas envolvidas, a crise ambiental, o realismo social, o contato com a natureza, além da perspectiva da aventura. Diversos autores têm investigado essas questões, alguns incluindo aspectos educacionais. (VEUGEN, 2004; FERNÁNDEZ-VARA, 2009; CHANG, 2009; 2011; GRANDE-DE-PRADO & ABELLA-GARCÍA, 2010).

Já foram desenvolvidos jogos relacionados com cavernas, inclusive RPG, entre eles o Colossal Cave Adventure®, popularizado com o nome Adventure. Começou como um jogo de computador, produzido por

Willie Crowther, um aficionado em cavernas e foi expandido por Don Woods nos anos 1970. Considerado um dos primeiros jogos digitais, o foco é uma ficção interativa com estrutura bem básica, que propõe uma determinada situação e conforme a decisão é tomada pelo jogador isso o conduz para um novo desafio dentro de uma caverna. (ADAMS, s.d.; BUCKLES, 1985; VEUGEN, 2004; JERZ, 2007; LESSARD, 2013; JERZ & THOMAS, 2015).

O espaço das cavernas, que apresenta um contraste peculiar em relação aos ambientes da superfície, há muito tempo ocupa um lugar distinto na experiência humana com o meio natural. O conceito de espaço de caverna foi incorporado ao vocabulário dos jogos eletrônicos desde os primeiros estágios de seu desenvolvimento, [...] Interpretar o ambiente das cavernas como uma forma de espaço nos videogames permite uma compreensão mais aprofundada das qualidades dessas experiências digitais. (JERZ & THOMAS, 2015)

O jogo *Colossal Cave*® (US), adaptado por Roberta e Ken Williams, especialistas em jogos digitais, possuía uma fase bem mais interativa. O jogo está no link: <https://colossalcave3d.com/#quotes>. (WILLIAMS & WILLIAMS, 2023; LAGO, 2023, YARWOOD, 2023).

No âmbito europeu temos o *Jaskinia*® (PO) (KAŁUŻA, 2012) e o *Caverna*® (GE) com aventuras em cavernas (ROSENBERG, 2016; WILBER & ROSENBERG, 2018).

Em virtude disso, a proposta do presente trabalho é desenvolver uma ferramenta pedagógica que permita tornar as cavernas e a espeleologia um tema mais conhecido entre as pessoas.

O objetivo da investigação foi apresentar resultados parciais do processo de criação de um jogo tipo RPG, intitulado *GRUPTA-EspeleoGame*®, que significa gruta ou cripta em latim vulgar. Inclui-se a estruturação geral e teste de jogabilidade, cuja proposta consiste em realizar um desafio/aventura numa caverna. Outro aspecto importante foi avaliar e discutir acerca da eficiência e aplicabilidade do jogo como um instrumento didático para a aprendizagem sobre cavernas e paisagens cársticas.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Levantamento de jogos educativos e sobre cavernas

Foi realizado um levantamento prévio geral sobre jogos educativos a partir do acervo da Ludoteca de Educação Científica do Centro Universitário Fundação Santo André, onde foram desenvolvidos mais nove dezenas de jogos para o ensino de ciências naturais, orientados pelo segundo autor do presente artigo, além de jogos tradicionais de caráter recreativo, incluindo os RPGs. Com isso obteve-se informações sobre os formatos de jogos, avaliação de jogabilidade e formas de aplicação educativa de materiais lúdicos. (FIGUEIREDO et al., 2013; 2020; MARÇOLA & FIGUEIREDO, 2021.). Todos os jogos desenvolvidos possuíam enfoque educacional e ambiental.

Complementou-se esse trabalho com um amplo levantamento de bibliografia relacionada com o tema: CAVERNA, utilizando o buscador do Google Acadêmico, cruzando as palavras jogos, jogos educativos e cavernas, paisagem cárstica, espeleologia. Informações que foram cadastradas no Banco de Dados sobre Educação Ambiental e Espeleologia. (FIGUEIREDO & SILVA-JUNIOR, 2019).

### 2.2. RPG GRUPTA: montagem e funcionabilidade

#### 2.2.1. Etapa de montagem

A proposta geral foi desenvolver um jogo de múltiplos usos, podendo ser expandido, complementado e atualizado. As bases científicas para

Aventuras podiam ser: Paleontologia, Espeleologia, Geografia, Resgate, Prospecção, Exploração, Biologia ou Sobrevivência.

O jogo foi desenvolvido para ser adaptável para a faixa etária a partir 10 anos, sendo recomendável que o mestre seja um jogador experiente no tema abordado e/ou em RPGs no âmbito geral, porém isso não limita a jogabilidade e atratividade do *GRUPTA-EspeleoGame*®.

Existem dois cenários possíveis onde o jogo pode acontecer: a narrativa do **mestre** e o mapa de jogo. Na narrativa do mestre tudo se passa dentro da imaginação dos jogadores podendo ter ou não qualquer tipo de apoio visual, já no mapa de jogo, quem participa não só vê a representação de seu personagem fisicamente no mapa como escolhe as ações, seja de movimentação ou ação direta baseadas em seu posicionamento e o ambiente em que está. Para isso, foi criado um sistema de jogo baseado em RPGs já conhecidos, *Dungeons & Dragons*, *Tormenta 20*, *3D&T- Victory*.

O manual do jogador foi elaborado de modo a incluir o próprio sistema de funcionamento de jogo e regras, as propostas de campanhas temáticas, personagens previamente montados e prontos para jogo, além de dicas para como ser o mestre de uma sessão de RPG.

#### 2.2.2. Estrutura básica de jogabilidade

O jogo é realizado na forma de campanhas temáticas, o cenário proposto se baseia em uma ampla caverna, cheia de desafios e possibilidades. As campanhas podem ser divididas por enfoques, exemplos:

1. Exploração básica: conhecendo uma caverna.

2. Resgate: uma situação de remoção de alguém com problema na caverna.
3. Expedição científica: uma equipe melhor preparada, vai adquirindo experiências e equipamentos e é chamada para realizar um estudo científico, multitemático na caverna.

## 2.3. Preparação e aplicação do teste de jogabilidade

Entre setembro de 2023 e junho de 2024 foram realizadas as reuniões de planejamento, discussão geral e teste de jogabilidade, efetivado no mês fevereiro de 2024, sendo avaliado em abril de 2024.

### 2.3.1. Criação do Sistema e das Regras

Para o bom funcionamento de um jogo de RPG é recomendado uma ampla variedade de jogadores, sendo necessário que o sistema seja bem elaborado e seja simples e fácil de se executar. Para isso foi criado uma sequência de regras a serem seguidas pelos jogadores durante as campanhas.

1. Atributos: Série de características que possuem valor numérico de acordo com o personagem criado. Quanto maior o valor, melhor é a condição do personagem de usar essa característica. Ex: Escalada (3)
2. Movimentação: Quando jogado no mapa quadriculado, os personagens andam 1,5 metros (1 quadrado) para cada 1 ponto no atributo habilidade.
3. Visão: Cada jogador consegue enxergar no mapa um raio de 3 metros.
4. Testes de Ação: O mestre possui no seu manual um valor numérico para cada teste (DT) a ser realizado pelo jogador, baseando-se na dificuldade do objetivo a ser realizado. O jogador escolhe a

característica a ser usada no teste e roda um dado D20, para ter sucesso em sua ação, a soma do resultado do dado e da característica deve ser maior ou igual ao DT do objetivo.

5. Vigor: é a energia usada pelo personagem para realizar ações. Seu total é definido de acordo com a criação do personagem. Se o seu vigor chegar a zero, você não consegue mais mover seu personagem pelo mapa, porém água e alimentos podem recuperar Vigor.
6. Mochila de Equipamento: Onde os personagens guardam seus itens, além disso é possível encontrar mochilas perdidas no mapa que possuem itens aleatórios dentro delas.
7. Moeda de Jogo: Valor numérico que define quanto o jogador pode gastar ao comprar itens ou melhorias.

### 2.3.2. Teste de jogabilidade

É de extrema importância em um jogo de RPG que tudo esteja o mais balanceado o possível para que todos os jogadores possam aproveitar a experiência de maneira igualitária e satisfatória. Para isso, foi aplicado um teste de jogabilidade, em uma pequena sessão de algumas horas com três participantes, sendo um Mestre (Quem guia e narra a sessão) e dois jogadores/exploradores.

O teste consiste em um modelo de jogo seguindo a proposta lúdica geral, desde a criação de um personagem até a execução do jogo em si. Para esse modelo teste foram executados personagens pré preparados com Classes, Subtipos e Origens já montados de maneira que seja possível a avaliação do balanceamento dos mesmos.

### 2.3.3. Avaliação do jogo

Para a avaliação do jogo foram levados em consideração o tempo de duração, o grau de envolvimento dos jogadores, a relação entre mestre, cenário de jogo e interação dos participantes.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1. A campanha testada do GRUPTA

#### 3.1.1. Preparação para a realização do teste

Com um dos autores definido como mestre, foram propostos personagens jogáveis pré-montados seguindo as seguintes regras de criação presentes manual do jogador.

4. Perfil: características físicas (idade, nome, etc.)
5. Classe (Profissão): Dita os poderes e atributos bônus do personagem
6. Raça (Subtipo): informações agregadas que trarão mais habilidades ao personagem.
7. Origem (Background): é a história de vida que contextualiza quem é o personagem
8. Equipamentos Iniciais: Itens utilizáveis, trazidos anteriormente pelo personagem.
9. Atributos iniciais de personagem: são características de início que definem as habilidades do personagem, definidas por um valor numérico.

#### 3.1.2. A missão: Resgate na Caverna

Foi criado um roteiro de missão executado pelos jogadores com os personagens escolhidos. A campanha se desenvolveu utilizando um mapa-base, preparado no programa *Inkarnate* e rodado no site de apoio para RPGs online denominado *Roll20*. (Fig. 1).

Os jogadores não têm uma visão completa da caverna, somente o Mestre, assim, a cada turno podem ir explorando e obtendo informações que lhes permite prosseguir na exploração. (Fig. 1)

Os personagens escolhidos foram: detetive e médico. Então, foi apresentada a história da campanha:

*“Vocês receberam um sinal de resgate dentro da caverna que não foi totalmente explorada ainda. Devem explorar a caverna, localizar quem mandou o sinal e trazê-lo de volta em segurança.*

*A base do jogo será formada por 3 salões principais. Entre cada salão terá uma passagem de 3 turnos.”*

Primeiramente os jogadores foram conduzidos pelo mestre para adquirirem novos itens em uma instalação de pesquisa, presente no jogo, utilizando a moeda de jogo possuída pelo personagem de acordo com o seu saldo inicial (definido na criação do personagem). No entanto, a compra não era obrigatória, ficando a critério de cada jogador decidir se queria ou não adquirir os itens.

Após a preparação dos jogadores para a missão de resgate, ambos decidiram entrar na caverna e executar a missão seguidos da narração mestre:

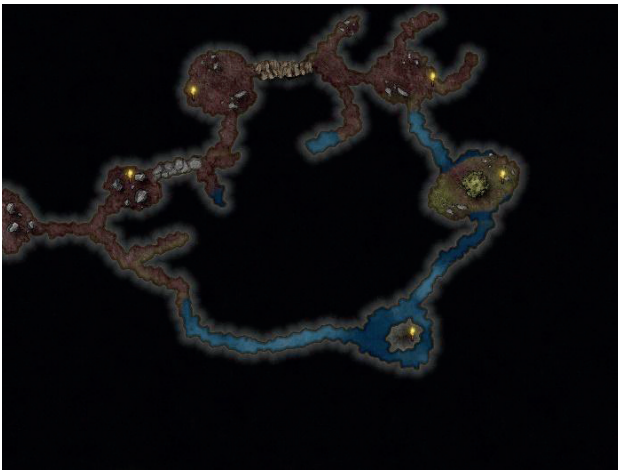


Figure 1 : Imagem parcial do mapa da caverna.

*“A entrada da caverna é marcada por uma abertura imponente na face da rocha, onde a luz do sol entra, criando jogos de sombra e luz ao redor. À medida que você se aproxima, pode sentir o ar fresco e úmido emanando do interior, carregando consigo o aroma terroso característico das cavernas antigas.*

*O salão inicial se estende amplo e alto, suas paredes de rocha rugosa e irregular exibindo marcas de milênios de formação geológica de origem carbonática. Estalactites e estalagmites pontuam o espaço, algumas delas se encontram formando pilares naturais que sustentam o teto maciço da caverna. Suas formas variadas parecem criar uma dança silenciosa que ecoa a passagem do tempo.*

*A luz do exterior penetra pelas aberturas no teto, pintando padrões de luz e sombra nas paredes rochosas. O chão é irregular e coberto por uma camada de cascalho e fragmentos rochas menores, blocos desmoronados, fazendo cada passo ecoar ruidosamente pelo salão cavernoso.*

*No centro do salão, uma estalagmite proeminente se ergue como uma sentinela solitária, exibindo marcas de erosão e calcificação ao longo dos séculos. À sua volta, pequenas poças d’água brilham timidamente, refletindo os raios de luz que conseguem penetrar na escuridão.*

*Ao longe, no final do salão, uma passagem estreita se revela, parecendo desafiar os curiosos a desvendarem os mistérios ocultos além. Sua entrada é sombreada, mergulhando na penumbra, convidando os aventureiros a adentrarem suas profundezas desconhecidas. O ar parece mais fresco e úmido lá dentro”*

Os jogadores definem as estratégias de seus personagens, se vão fazer uma atividade individual ou colaborativa, incluindo a escolha dos caminhos possíveis. Após a decisão de seguirem juntos, os jogadores pegaram o único caminho disponível, porém, notaram que pela falta de uma lanterna em suas mãos eles não poderiam ver adiante. Com a orientação do mestre eles verificaram a mochila de equipamentos (Isso demonstra que os jogadores devem pensar em todos os detalhes durante o jogo, principal característica de um RPG). Com as lanternas agora em mãos, os jogadores conseguem enxergar até três metros à frente e podem seguir sem receio.

Na jogada seguinte os jogadores já mais preparados para as adversidades que poderiam acontecer se deparam com uma bifurcação

e são questionados sobre qual caminho irão seguir. Durante o percurso notam que o seu atributo **Vigor** começa a diminuir devido ao esforço físico pelo caminho. Seguindo a regra do Vigor, eles evitam atividades que exijam muito consumo de energia (Vigor).

Para decidir qual caminho prosseguir foram realizados testes de investigação utilizando os atributos do personagem seguindo as regras de testes. Isso resultou na identificação de pegadas para ambas as direções. Sendo assim, optou-se por um dos caminhos seguindo a intuição dos jogadores.

Seguindo pelo caminho os jogadores se deparam com água e optaram por continuar seguindo em frente, chegando a nadar. Quando se deparam com um sifão, no entanto, sem o equipamento de mergulho foi necessário executar manobras de submersão em apneia com apoio de cordas, onde o primeiro explorador vai a frente e outro segura a corda para um possível resgate. É definida a quantidade de vigor gasta e a dificuldade do mergulho, utilizando dados (D20). No final, com o caminho livre e um sutil aviso pela corda, o explorador que ficou para trás, seguiu a guia até o companheiro que o esperava em um banco de areia.

O banco de areia era um ponto seguro do mapa, onde os jogadores puderam explorar e localizar mais equipamentos, além de itens que os ajudava na recuperação do vigor perdido no mergulho. O jogo segue com o mestre criando novas situações e desafios, estimulando os jogadores.

### 3.2. Avaliação da campanha realizada e perspectivas futuras

Com o teste da campanha, verificamos boas possibilidades de expansão e pontos a aprimorar. Acreditamos ser um jogo convidativo tanto para o público geral interessado em RPG quanto para quem já tem proximidade com a Espeleologia. Propõe-se uma aventura que pode instigar não iniciados nas cavernas a entender mais sobre o mundo subterrâneo, podendo, eventualmente, motivar o interesse por conhecer esses espaços pessoalmente. Nesse sentido, tem-se um incentivo ao espeleoturismo, como parte de um processo de Educação Ambiental.

São necessários mais testes com outras campanhas, especialmente com jogadores que não estão habituados com a temática. A proposição de tal experiência deve ser fonte de informação valiosa para aperfeiçoar aspectos das histórias das campanhas e identificar pontos relevantes que comuniquem com esse público.

Da mesma forma, realizar campanhas com jogadores já familiarizados com o tema, bem como especialistas nas múltiplas áreas de interesse da Espeleologia, apresenta grande potencial para lapidar o jogo em termos de contribuições científicas e realismo quanto à experiência de explorar uma caverna real. Optamos por um jogo que evite aspectos sobrenaturais ou muito fantasiosos, no entanto, isso pode ocorrer em versões expandidas.

Verificamos elementos importantes para um RPG, como a possibilidade de interpretação de personagens interessantes que podem combinar suas habilidades para levar a missão a cabo; uma aventura que estimula a exploração dos espaços e o conhecimento sobre o carste; e uma jogabilidade que proporciona um tempo de qualidade com diversão e vários possíveis aprendizados em um jogo colaborativo.

As Figuras 2, 3 e 4 demonstram as etapas de preparação, realização do jogo teste e avaliação da jogabilidade do GRUPTA-EspeleoGame®.

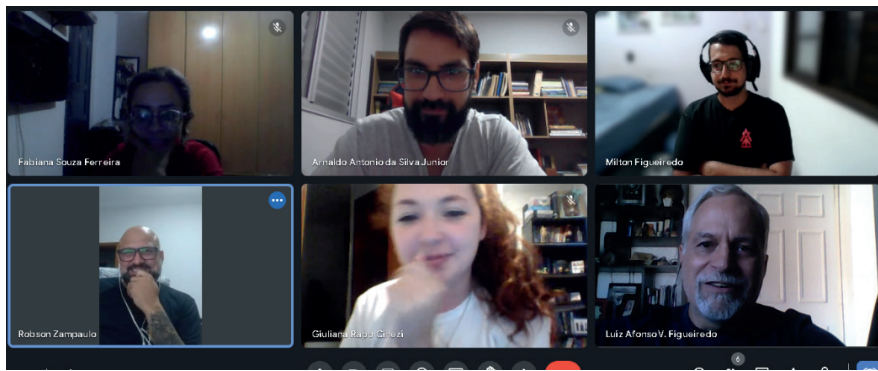


Figure 2: Primeira reunião da equipe do GRUPTA-EspeleoGame, onde foi apresentada uma visão geral do projeto.

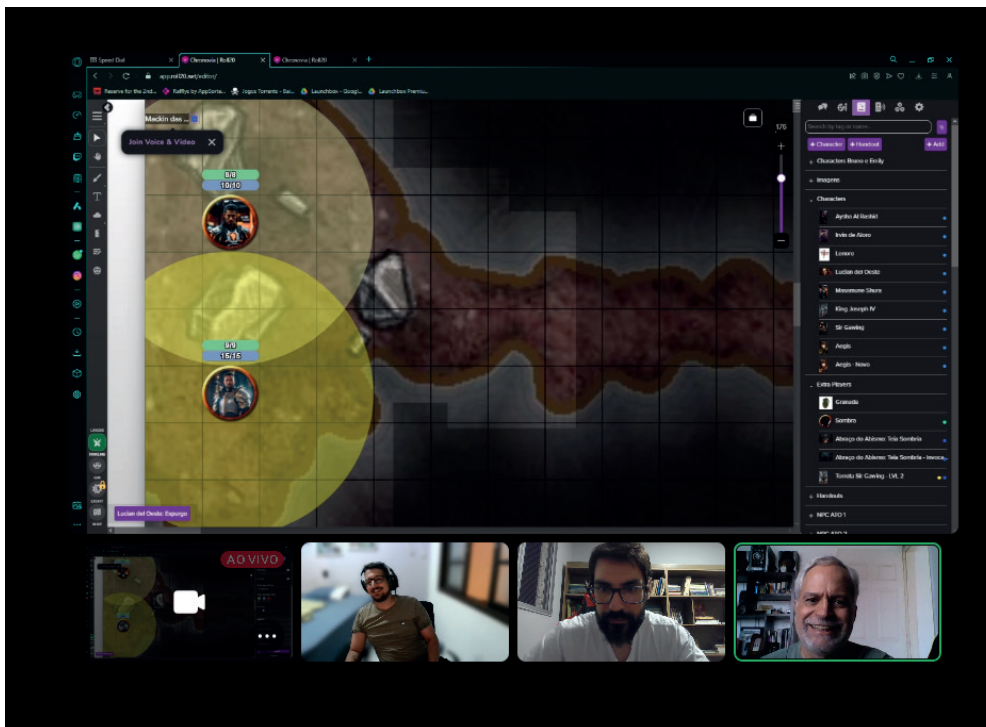


Figure 3: Mapa e experiência de Jogo do tipo One Shot para testar a jogabilidade do GRUPTA.

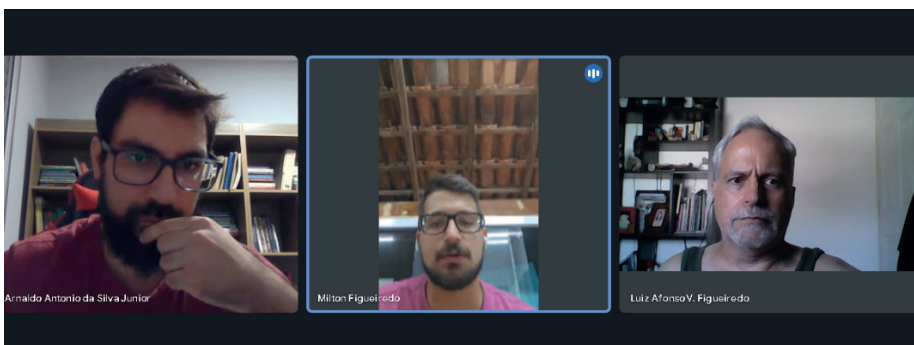


Figure 4: Reunião para avaliação da jogabilidade e proposta de continuidade.

## 4. Conclusão

A proposta do jogo *GRUPTA-EspeleoGame* se mostrou bastante atrativa, motivadora e estimulante, tanto para fins de entretenimento e diversão, quanto para as suas possibilidades de aplicação didática.

É um tipo de jogo com múltiplas perspectivas, permitindo bons momentos nos círculos de amizade, contudo, sempre com um forte caráter de aprendizagem, convivência, raciocínio lógico e necessidade

de tomar decisões ao longo do mesmo.

A equipe está agora buscando patrocinadores para evoluir o projeto, consolidando o material de caracterização do jogo, de modo a ampliar as missões, definição dos personagens, estudando melhores estratégias e temáticas para uso educativo, além da produção de manual-jogo e novos testes, a ser realizado com público aberto, tanto com espeleólogos,

quanto os aficionados em RPG.

Esperamos, desse modo, estar contribuindo com a realização de ações de educação ambiental, que além do entretenimento permitam a popularização da Espeleologia, das cavernas e da necessidade de proteção das paisagens cársticas.

## Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a Giuliana Cinezi, Robson Zampaulo e Fabiana Ferreira, ambos do Grupo de Estudos Ambientais da Serra do

Mar (GESMAR), que nos encorajaram e fizeram boas reflexões e sugestões na parte inicial da proposta do jogo.

## Referências

- ADAMS, R (s.d) *Colossal Cave Adventure page*. <https://rickadams.org/adventure/index.html>.
- BUCKLES M.A. (1985) *Interactive fiction: the computer storygame "Adventure"*. PhD Thesis, University of California. San Diego, California.
- CAVALCANTI E.L.D & SOARES M.H.F.B. (2009) O uso de jogos (role playing game) como estratégia de discussão e avaliação do conhecimento químico. *Rev. Elect. Enseñ. Ciencias*, 8(1): 255-282.
- CHANG A.Y. (2009) *Playing the environment: games as virtual ecologies*. UC Irvine: Digital Arts and Culture, 2009, Irvine. *Proceedings...* Irvine: University of California. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/46h442ng>
- CHANG A.Y. (2011) Games as environmental texts. *QuiParle*, 19(2), spring/summer.
- CUNHA M.B. (2012) Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola*, 34(2):92-98, maio.
- FERNÁNDEZ-VARA C. (2009) *The tribulations of adventure games: Integrating story into simulation through performance*. PhD Thesis in Digital Media. Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- FIGUEIREDO L.A.V., FLORENTINO J.E., GOMES B.A.F.; SANTANA M.V.R.; CONDO, T.; PEDRO, R. (2013) A educação química em jogo...: resgate do processo de produção de uma ludoteca na região do Grande ABC (SP) In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA, 7, *Proceedings...* Santo André-SP: UFABC.
- FIGUEIREDO L.A.V. & SILVA-JUNIOR A.A. (2019) Educação ambiental, espeleologia e a conservação das cavernas brasileiras: reflexões a partir de uma base de dados sobre produções científicas e pedagógicas. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE. p.509-542.
- FIGUEIREDO L.A.V., SILVA-JUNIOR, A.A., CINEZI G.R. (2020) Conhecendo o "Tá Rolando Outra Química": estratégias alternativas para a formação inicial e continuada de professores(as) visando práticas de educação científica. In: ROSALEN, M.; CAROLEI, P. *Movimentos Docentes: Confluências na Educação*. Diadema, SP: V&V Editora. p. 31-65.
- GRANDE-DE-PRADO M. & ABELLA-GARCÍA V. (2010). Los juegos de rol en el aula. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura Soc. Información*, 11(3):56-84.
- JERZ D.G. (2007) Somewhere nearby is Colossal Cave: Will Crowther's original "Adventure" in Code and in Kentucky. *Digital Human*. Quarterly, 1(2):1-65.
- JERZ D. & THOMAS D. (2015) Cave gave game: subterranean space as videogame place, *Electronic Book Review*, October 6.
- KAŁUŻA A. (2012) *Jaskinia (The Cave)* [Game]. Gdańsk, Poland: Rebel.
- KARMANN I. (2016). *Carste e cavernas no Brasil: distribuição, dinâmica atual e registros sedimentares, breve histórico e análise crítica das pesquisas realizadas no âmbito do IGC-USP*. Tese Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KLIMCHOUK A. (2015) The karst paradigm: changes, trends and perspectives. *Acta Carsologica*, 44(3):289-313.
- LAGO Y. (2023) Colossal Cave, análisis: Roberta Williams adapta el clásico de 1976. *MeriStation*.
- LESSARD J. (2013) *Adventure before adventure games: a new look at Crowther and Woods's seminal program*. *Games and Culture*, 8(3):119-135.
- MARÇOLA E. L., FIGUEIREDO L.A.V (2021) *Análise de jogos da Ludoteca de Educação Científica (LUDOTEC-FSA) (2015-2018): aplicabilidade de materiais lúdicos no ensino de química*. Trabalho de Graduação (Química) - Centro Universitário Fundação Santo André, Santo André, São Paulo.
- ROSENBERG U. (2016) *Caverna, cave vs cave: Era I, first wealth (rules)*. Kentucky, US: Mayfair Games.
- SOUZA R.F. et al. (2020) Dungeons and troubles: uma proposta de RPG educativo sobre genética para o ensino médio. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 6(6):38746-38767, jun.
- TELES E.F.B. & MORAIS F. Gestão de áreas cársticas: uma proposta para a conservação ambiental. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.336-341.
- VEUGEN C. (2004) Here be dragons: Advent and prehistory of the adventure game. *TMG Journal of Media History*, 7(2): 77-96.
- WILBER A. & ROSENBERG U. (2018) *Caverna, the cave farmers: the forgotten folk (rules)*. Germany: Lookout GMBH.
- WILLIAMS K.; WILLIAMS, R. (2023) *Colossal Cave: fact sheet*. Cygnus.
- YARWOOD J. (2023) Interview Roberta And Ken Williams on how Colossal Cave led to a Life of adventure. *Time Extension*, 19 jan.

# SEE Educativa – Educação Ambiental sobre o Patrimônio Espeleológico e sua importância para a sociedade

Giulio Pacheco Forato Belga (1), Luiz Filipe SS. Leite (2), Gabriela Viana Marques (3), Maira Mendes Ferreira (4), Artur Nunes Pedrosa (5), André Luís Rossoni Ferreira (6), Iuri Gonçalves Guimarães dos Santos (7), Saulo de Paula Alves Silva (8)

(1) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. Departamento de Engenharia Ambiental/ Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, giulibelga@hotmail.com (corresponding author)

(2) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais/ Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, luiz.leite@aluno.ufop.edu.br

(3) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. Departamento de Engenharia Ambiental/ Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, gabrielavmarques1@gmail.com

(4) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. Graduando em Licenciatura em Geografia/ Instituto Federal de Minas Gerais- Campus Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, mairamendes@hotmail.com

(5) Departamento de Geologia / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. arturpedrosa491@gmail.com

(6) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. Departamento de Engenharia Ambiental/ Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, andre.rossoni@aluno.ufop.edu.br

(7) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. Departamento de Engenharia Ambiental/ Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, iuriggs.8@gmail.com

(8) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) / Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto MG, Brasil. Departamento de Engenharia Ambiental/ Escola de Minas / Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto MG, Brasil, saulo.paula@aluno.ufop.edu.br

## Resumo

A Sociedade Excursionista Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas (SEE), ciente da importância de manter seu caráter educativo, desenvolve há mais de uma década o projeto SEE Solidária, que, após um período de interrupção devido à pandemia da COVID-19, foi retomado sob o novo nome SEE Educativa. O presente trabalho tem como objetivo apresentar as ações e os resultados desse projeto nos últimos anos, cuja missão é promover a divulgação e a sensibilização da população em relação às ciências espeleológicas, com foco especial na comunidade ouropretana. Trata-se de um projeto multifacetado, no qual diversas iniciativas são desenvolvidas, destacando-se palestras e oficinas voltadas principalmente ao público infantojuvenil em escolas da região. Por meio dessas ações, busca-se fomentar a consciência sobre a preservação desse patrimônio ambiental e cultural, promovendo a sensibilização sobre a importância da espeleologia. A educação ambiental desempenha um papel essencial na formação de uma nova geração consciente das necessidades ecológicas da sociedade. Dessa forma, torna-se evidente o impacto transformador da educação, ao possibilitar a ampliação do conhecimento, o estímulo ao pensamento crítico e o fortalecimento da consciência social.

## Abstract

The *Sociedade Excursionista Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas* (SEE), aware of the importance of maintaining its educational character, has been developing the *SEE Solidária* project for over a decade, which, after a period of interruption due to the COVID-19 pandemic, was resumed under the new name *SEE Educativa*. This work aims to present the actions and results of this project in recent years, whose mission is to promote the dissemination and awareness of the population regarding speleological sciences, with a special focus on the Ouro Preto community. It is a multifaceted project, in which various initiatives are developed, with a highlight on lectures and workshops mainly targeting the youth audience in schools in the region. Through these actions, the aim is to foster awareness about the preservation of this environmental and cultural heritage, raising awareness of the importance of speleology. Environmental education plays a key role in shaping a new generation aware of the ecological needs of society. Thus, the transformative impact of education becomes evident, enabling the expansion of knowledge, stimulating critical thinking, and strengthening social awareness.

## Resumen

La *Sociedade Excursionista Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas* (SEE), consciente de la importancia de mantener su carácter educativo, desarrolla desde hace más de una década el proyecto *SEE Solidaria*, que, tras un período de interrupción debido a la pandemia de COVID-19, fue retomado bajo el nuevo nombre de *SEE Educativa*. El presente trabajo tiene como objetivo presentar las acciones y resultados de este proyecto en los últimos años, cuya misión es promover la divulgación y la sensibilización de la población con relación a las ciencias espeleológicas.

gicas, con un enfoque especial en la comunidad de Ouro Preto. Se trata de un proyecto multifacético, en el cual se desarrollan diversas iniciativas, destacándose charlas y talleres dirigidos principalmente al público infantil y juvenil en escuelas de la región. A través de estas acciones, se busca fomentar la conciencia sobre la preservación de este patrimonio ambiental y cultural, promoviendo la sensibilización sobre la importancia de la espeleología. La educación ambiental desempeña un papel esencial en la formación de una nueva generación consciente de las necesidades ecológicas de la sociedad. De esta forma, se hace evidente el impacto transformador de la educación, al posibilitar la ampliación del conocimiento, el estímulo al pensamiento crítico y el fortalecimiento de la conciencia social.

## 1. Introduction

Since 2011, the Sociedade Excursionista Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas (SEE) has been committed to raising awareness among the local population about the importance of preserving cave ecosystems. Initially developed under the name SEE Solidária, the project underwent a period of interruption during the COVID-19 pandemic. Upon resuming its activities, the initiative was restructured methodologically and renamed SEE Educativa, aligning itself more clearly with the principles of environmental education. With this new approach, the project not only expanded its reach but also reaffirmed its mission: to promote the dissemination of speleological knowledge and raise awareness about the value of speleological sciences, particularly within the Ouro Preto community. Through educational strategies, SEE Educativa aims to connect people—especially younger audiences—to the environmental and cultural relevance of cave environments, fostering a sense of stewardship and critical reflection.

SEE Educativa has a historical relation with the Escola Brasileira de Espeleologia (eBRE) Through this partnership, the project contributed to the realization of the Introduction to Speleology Course, offered by the Anglo American company's Embaixadores do Bem Program. This initiative focused on the environmental education of residents in Congonhas do Norte, MG, raising local community awareness about the importance of cave conservation and appreciation, SAMPAIO et. al (2022).



*Figure 1: Raising awareness in the local community about the importance of cave preservation and appreciation, SAMPAIO et al. (2022)*

Furthermore, SEE Educativa has established partnerships with the Environmental Education team from the Secretariat of the Municipal Environment and Sustainable Development (SEMADS) of Ouro Preto City Hall, through the “Escola Vai ao Parque” project. This initiative aims to raise awareness among students from elementary to high school in Ouro Preto about environmental preservation, using the natural wonders of the city as a classroom, VIANA (2024).

SEE Educativa contributes to this project by addressing the importance of caves to the environment. The team provides detailed explanations of cave formation, highlighting how biological, climatic, and tourist factors interact in the subterranean world, using the Nossa

Senhora da Lapa Cave, located in the Antônio Pereira district of Ouro Preto, as an example and visitation site, SILVA (2025).



*Figure 2: Raising awareness among elementary school students in Ouro Preto about the importance of environmental preservation, SILVA (2025).*

At the freshman reception event for Engineering and Architecture students organized by the Comissão de Acolhimento aos Calouros da Escola de Minas, CPAC (Freshman reception committee), SEE Educativa participated, presenting the intersections between speleology and geology. The event highlighted the diverse areas involved in the study of cave environments, as well as sharing information about the research, projects, and cultural and social interactions developed by SEE, reinforcing the importance of preserving and disseminating knowledge about caves in Brazil, CIMINI & SILVA (2025).



*Figure 3: SEE Educativa presenting the intersections between speleology and geology, highlighting the diverse areas of cave environment studies CIMINI & SILVA (2025).*

The “Despertar Espeleológico Workshop: The Fascinating World of Caves Much Closer” event was one of the launches of the children’s booklet “Cavernantes Mirins: Manual Técnico para Grandes Aventuras.”

In partnership with the Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe), SEE Educativa introduced children to the world of natural cavities, using accessible language and captivating illustrations. The success of this

## 2. Materials and Methods

Since 2011, the Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) has been developing methodologies to bring speleological knowledge to the population. Due to the great diversity of areas that are part of the organization and the project, it provides significant knowledge.

One of the key aspects of SEE's educational outreach is its own historical archive, a treasure trove of historical artifacts that were used by speleologists in the recent past. This archive offers a unique glimpse into the tools, techniques, and equipment that have been essential to the exploration and study of caves over the years. Alongside these historical pieces, this archive houses a wealth of modern equipment, providing visitors with an understanding of how technological advancements have transformed the field. SEE uses these artifacts and equipment not only as educational tools to showcase the history of speleology but also as a means to engage the public in the ongoing work of speleologists. The museum serves as an important resource for teaching, offering hands-on experiences that help people connect with the field in a meaningful way. Beyond displaying these items, SEE actively searches for and creates new educational materials that reflect the latest developments in speleological research and exploration.

SEE's commitment to education also extends to its recent partnership with eBRe (Escola Brasileira de Espeleologia), which resulted in the creation of two informative booklets. One of these booklets is specifically designed for small children, using simple language and illustrations to introduce them to the wonders of caves and speleology. The other is targeted at pre-teens, with more in-depth content that sparks curiosity about the natural world and the importance of cave preservation. These booklets are being distributed in schools and other educational environments, helping to cultivate a new generation of people who are informed and passionate about speleology and environmental conservation.

The survey of schools and nursing homes in Ouro Preto is a key aspect of these types of visits. The SEE team visits these locations to conduct workshops and other interactive activities, bringing speleological education directly to the community. These efforts aim to foster greater awareness of speleology, its significance, and the environmental challenges it faces. Furthermore, SEE is working to map out schools and

workshop reinforces the commitment of eBRe and SEE to initiatives that promote the appreciation of caves and the connection between local communities and the natural environment, FERREIRA (2024).

key points of interest within Ouro Preto, while also gaining a deeper understanding of the city's rich speleological heritage. This knowledge will enhance the educational impact of SEE's activities and help strengthen the connection between the community and the local environment.

Based on the scientific method proposed by Marconi & Lakatos (1999), the SEE project follows a structured approach to ensure that its educational efforts are effective and tailored to the needs of different age groups. This method includes:

1. Production of content for the educational material;
2. Development of the educational materials;
3. Testing the materials in real-world applications;
4. Selection of appropriate locations for material distribution and dissemination;
5. Dissemination and feedback collection to continuously improve the materials and outreach."



Figure 4: eBRe and SEE Educativa introducing children to the world of natural cavities FERREIRA (2024)

## 3. Results

These educational actions have had extremely positive impacts, both on the population of Ouro Preto and within the organization itself. The continuous growth of interest in speleological tourism tours not only reflects the effort and dedication of the SEE technical team but also presents a promising opportunity to diversify the local economy. In a city where tourism is still strongly centered around its historical heritage, the appreciation of eco and geotourism sites emerges as a sustainable and complementary alternative, promoting a new perspective on the territory and its potential.

## 4. Discussion

The results of this work go far beyond what can be immediately measured. Essentially intangible, they depend on continuous actions and the collective effort of various educational agents working within the organization. The project, now called *SEE Educativa*, was born from the understanding that the interaction between students from the Federal

University of Ouro Preto and the non-university population — especially in early childhood education — creates a rich and transformative exchange. This approach promotes a more plural and extensionist education, aligned with the educational philosophy of Paulo Freire, which values dialogue, the exchange of knowledge, and the collective construction of knowledge.

Despite its importance, the project faces significant challenges, mainly due to the scarcity of resources allocated to education and the lack of professionals in the field within the Federal University of Ouro Preto and the Sociedade Excursionista Espeleológica. As a result, most of the educational actions are carried out with the own resources of the organization's members, mainly composed of engineering students. However, the search for partnerships has increasingly proven promising, enabling joint initiatives with the City Hall of Ouro Preto, the Palma Preta Institute, and the Escola Brasileira de Espeleologia (eBre), the educational branch of the Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).

## 5. Conclusion

The Brazilian speleological heritage is vast and rich, but it remains unknown to most of the population. The lack of accessible information and educational initiatives focused on awareness makes it difficult to value and preserve this natural and cultural heritage. In this scenario, it is up to the Brazilian and Latin American speleological community, to play a key role in spreading and promoting knowledge about caves, their formations, and the biodiversity they harbor, raising society's awareness of their environmental, scientific, and historical importance.

*SEE Educativa* has stood out as an essential initiative in this process, providing positive impacts both for the general public and for the members of the Sociedade Excursionista Espeleológica. The continuation of

These collaborations not only strengthen the project but also expand its reach, making the dream of accessible speleological education, continuous training of members, and societal awareness more tangible.

The continuity of this project requires the active commitment of its members, both current and former, in maintaining these institutional relationships and expanding the educational impact of the organization. More than an initiative, *SEE Educativa* represents a lasting commitment to education, speleology, and the formation of a society more conscious of the importance of preserving subterranean heritage.

this project depends on the constant search for strategic partnerships, development of new pedagogical approaches, and production of accessible and innovative educational materials. By investing in speleological education, we not only expand knowledge and the appreciation of caves but also strengthen the training of speleologists and encourage greater integration between universities and society.

Ensuring that more people understand and engage in the protection of caves is a collective commitment. The future of this heritage depends on our ability to unite efforts, disseminate information, and inspire new generations to become defenders of this unique and fragile environment.

## Acknowledgements

We gratefully thank Mariana Timo for her continuous support in developing this work and in creating more educational material along with the Escola Brasileira de Espeleologia. We also thank Douglas Silva

from Instituto Palma Preta, Chiquinho from the Secretariat of Environment, and Pedro Preto for their support. Without you, this work could not have been done to this extent.

## References

- FERREIRA, A.L.R. (2024). Oficina Despertar Espeleológico: O fascinante mundo das cavernas muito mais perto. Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), 2 p.
- CIMINI, G., SILVA, S. (2024) Recepção aos Calouros da Escola de Minas 2024, UFOP - MG. Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), 1 p.
- MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. (1999) Técnicas de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas.
- MOREIRA, M.A. (2006) A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 186p.
- SAMPAIO, D.; PIRES, L.; LEITE, S.S., L. (2022) A SEE Educativa na Ação Social Senhora Santana, Congonhas do Norte, MG. 2022. Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), 1 p.
- SILVA, A., P., S (2025) .SEE Educativa conduz visita a gruta de Antonio Pereira com jovens do CRAS..2025. Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), 1 p.
- VIANA, G.A (2024) SEE Educativa na Gruta Nossa Senhora da Lapa, Ouro Preto - MG. 2024. Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), 2 p.

# Field-Work Methods in Speleology: an educational program through the eyes of a participant

Xenia Georgopoulou (1), Georgios Lazaridis (2)

(1) Department of Theatre Studies, National and Kapodistrian University of Athens, School of Philosophy, Zografou, Greece, georgopx@yahoo.com (corresponding author)

(2) School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece, geolaz@geo.auth.gr

## Abstract

This paper is based on the experience gained by the educational program *Field-Work Methods in Speleology*, hosted by the Center for Education and Lifelong Learning of the Aristotle University of Thessaloniki, Greece. A short description of this course is provided, along with a case study that illustrates its impact. A particular cave was chosen as a case study, to demonstrate how the course has transformed the perspective of a participant regarding a caving expedition and its scientific outcomes. In particular, the pothole Bezdenes, located near the thermal springs of Amarantos, in Northern Greece, close to the border with Albania, is examined as a case study.

## Résumé

Cette présentation est basée sur l'expérience obtenue par le programme éducatif *Méthodes de travail sur le terrain en spéléologie*, hébergé par le Centre pour l'éducation et l'apprentissage tout au long de la vie de l'Université Aristote de Thessalonique, Grèce. Une brève description de ce cours est fournie, ainsi qu'une étude de cas qui illustre son impact. Une grotte particulière a été choisie comme étude de cas, pour démontrer comment le cours a transformé la perspective d'une participante en ce qui concerne une expédition spéléologique et ses résultats scientifiques. Plus particulièrement, le gouffre Bezdenes, situé près des sources thermales d'Amarantos, dans la nord de la Grèce, près de la frontière avec l'Albanie, est examiné comme une étude de cas.

## 1. Introduction

X. G. has been actively involved in caving for nearly 20 years as a member of SP.EL.E.O., the oldest caving club in Athens, Greece. Over the years, she has participated in numerous expeditions across Greece and abroad, including those with scientific objectives. However, her primary role in such expeditions was limited to locating and rigging caves of interest for geologists, biologists, and archaeologists.

As part of a collaboration between SP.EL.E.O. and the LifeGRECABAT project, X. G. also contributed to data collection using a specialized

microphone for bat monitoring. Despite this involvement, a lack of formal academic background in disciplines such as geology, biology, or archaeology restricted further engagement in the scientific aspects of caving. Motivated by a desire to gain a deeper understanding of caves from a multidisciplinary perspective, X. G. enrolled in the *Field-Work Methods in Speleology* course, academically guided by G. L. This program provided the opportunity to acquire knowledge and practical skills related to various scientific approaches in speleological research.

## 2. Course overview

Speleology, the scientific exploration and study of caves, requires a multifaceted approach to address the unique challenges of subterranean environments. Recognizing the lack of specialized training in this field, this program was developed to bridge existing knowledge gaps by offering a structured curriculum that balances theory with hands-on experience. It is designed for graduates of higher education institutions interested in acquiring specialized competencies in cave research. The program is structured into three core thematic units:

1. Geosciences: Covers cave morphology, stratigraphy, sampling and dating methods, paleoenvironmental reconstructions, topographic and geomorphological analysis, and safety protocols.
2. Biology: Focuses on terrestrial and aquatic cave ecosystems, species identification, ecological interactions, sampling techniques, and data management.
3. Archaeology and Paleontology: Addresses excavation methodo-

logies, artifact and fossil analysis, taphonomy, and technological tools for research in cave environments.

Developed in accordance with the Regulation of Studies of the Center for Education and Lifelong Learning of the Aristotle University of Thessaloniki (Greece), the program underwent a peer-review evaluation and was formally approved for participant enrollment. Successful completion of the course grants 4 ECTS credits and a certificate of specialized training.

The 55-hour instructional program comprises both synchronous and asynchronous learning components. Employing a blended learning approach, the program combines interactive lectures from leading experts with exercises based on real cave data analysis. Participants engage with advanced technologies, enhancing their practical skills in data collection, analysis, and interpretation.

The materials provided by the program are divided into two units. The first unit includes the course presentations in PDF or PPT form, as well as the video recordings of the courses; the second one includes su-

plementary materials, including papers in international peer-reviewed journals, explanatory videos, 3d models etc.

By the end of the program, graduates are well-equipped to address complex research challenges in speleology with confidence and expertise.

This initiative represents a significant step forward in speleological education, cultivating a new generation of specialists dedicated to the sustainable study and preservation of cave systems.

### 3. Re-evaluating a cave formation: insights from the Bezdenes pothole study

This discussion presents the pothole Bezdenes (Fig. 1), located near the thermal springs of Amarantos in Northern Greece, as a case study to illustrate how the program *Field-Work Methods in Speleology* has influenced the approach to cave exploration and study.

The pothole Bezdenes was explored by members of SP.EL.E.O. between May 2009 and June 2010. The exploration, mapping, and photographic documentation of the cave were conducted by an interdisciplinary team, including Giorgos Georgiadis, Xenia Georgopoulou, Lefteris Karteris, Giannis Kasimatis, Periklis Katsanos, Georgios Katsiavos, Vasilis Liolios, Charis Nikolaidou, Dionysis Papadopoulos, Thomas Theodosiadis, Jan Van Driel, and Dimitris Zeppos (in alphabetical order).

Upon their first observation of the entrance, the team initially believed Bezdenes to be a sinkhole. The clear influence of the descending meteoric water on speleogenesis was evident, as the two opposing slopes seemed to indicate the water's flow into the cave. At a depth of approximately 200 meters, the team discovered a large pile of rocks, seemingly deposited by the water. A "mirror" surface resulting from tectonic activity (e.g. along a fault's plane) was also observed outside the cave, between the two slopes.

During a subsequent exploratory expedition, the team encountered a unique speleothem that had not been previously seen—a white crust resembling gypsum, with a hollow cavity behind it. This feature could be illuminated by placing hand torches between the crust and the cave

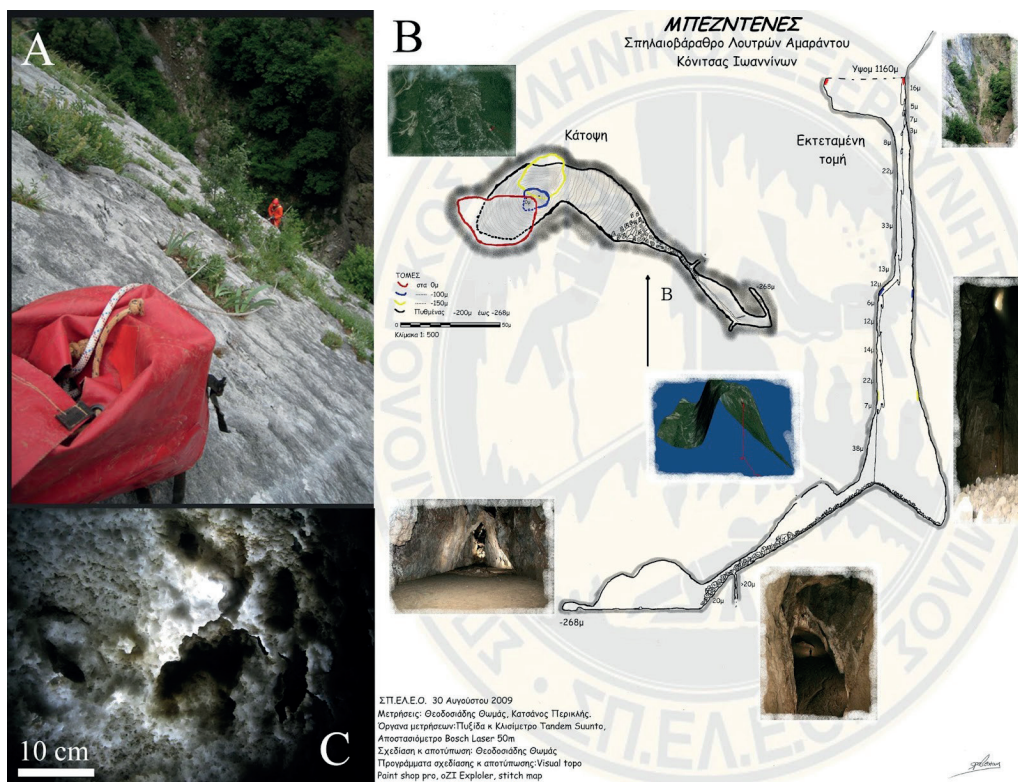
wall. The origin of this speleothem, along with the hollow behind it, remained unclear at that time.

The evaluation of the participants was conducted through a questionnaire, covering a wide range of topics based on the instructors' presentations. The participants' answers will be included in a presentation of the program that will be communicated in May 2025 at the 17th International Congress of the Geological Society of Greece in Mytilene. The participants' names will be listed as co-authors in the communication.

wall. The origin of this speleothem, along with the hollow behind it, remained unclear at that time.

In one of the presentations during the *Field-Work Methods in Speleology* program, which focused on speleothems, the team learned that the formation was indeed a gypsum crust. The instructor also explained that this type of speleothem could be consistent with a hypogenic cave formation (e.g. DE WAELE et al., 2024; PICCINI et al., 2014). Furthermore, the instructor clarified the process behind the formation of the hollow space.

Despite the cave's location near several thermal springs and hypogenic caves (LAZARIDIS et al., 2024), which had been previously visited, the initial geomorphology of the cave's large entrance led the team to assume it was a sinkhole. However, after further analysis of speleothem formation, morphology, and nearby speleogenetic context, during the *Field-Work Methods in Speleology* course, the participants reconsidered their initial assumption and began to entertain the possibility that at least part of the cave may have formed through hypogenic processes. Additionally, a presentation on cave microbiology highlighted not only the crucial role played by microorganisms in the formation of hypogenic caves and caves in general (KOSZNIK-KWAŚNICKA et al., 2022), but also the fact that the study of cave microorganisms is an underexplored area of great importance for an environmentally sustainable future, prompting the team to collect samples not only from Bezdenes on their next trip there, but also from every cave they visit in the future.



**Figure 1:** Bezdenes pothole. A. Descending at the entrance part, where a possible fault's plane is documented. B. Vertical and horizontal extent of the major part of the cave with characteristic images of its interior (by Thomas Theodosiadis). C. "Gypsum crust" in the deepest parts of Bezdenes, awaiting verification.

## 4. Conclusion

This program is valuable not only to those who are unfamiliar with cave-related sciences, such as geology, biology, microbiology, paleontology and archaeology, but also to individuals who have a background in science, both cavers and non-cavers.

The program is particularly useful for trained cavers, accessing both horizontal and vertical caves. It is no surprise that about half of the participants were cavers, 4 of them from SP.EL.E.O. After attending

*Field-Work Methods in Speleology*, cavers become more confident in identifying key features in caves, knowing where to locate them, and how to collect various types of samples (such as geological, biological etc.) to contribute to scientific research. Analytical presentations by the educators and thorough analysis of the topics covered in the program help the caver have a structured visit to the cave and provide the background to collaborate productively with specialized scientists.

## Acknowledgments

The authors would like to thank wholeheartedly the teaching team of Field-Work Methods in Speleology, namely (in alphabetical order) Jo Hilaire Agnes De Waele (University of Bologna, Italy), Markos Digenis (Ionian University, Greece), Despoina Dora (Aristotle University of Thessaloniki, Greece), Panagiotis Georgiakakis (Natural History Museum of Crete, Greece), Vasilis Gerovasileiou (Ionian University, Greece), Spyridon Gkelis (Aristotle University of Thessaloniki, Greece), Bogdan

Onac (University of South Florida, USA), Kimon Papadimitriou (Aristotle University of Thessaloniki, Greece), Kaloust Paragamian (Hellenic Institute of Speleological Research, Greece), Savvas Paragkamian (Hellenic Institute of Speleological Research, Greece), Konstantinos Trimmis (Aristotle University of Thessaloniki, Greece; King's College, UK), and Konstantinos Vouvalidis (Aristotle University of Thessaloniki, Greece).

## References

- DE WAELE J., D'ANGELI I.M., AUDRAP, PLAN L. and PALMER A.N. (2024) Sulfuric acid caves of the world: A review. *Earth-Science Reviews* 250:104693.
- KOSZNIK-KWAŚNICKA K., GOLEC P., JAROSZEWICZ W., LUBOMSKA D., PIECHOWICZ L. (2022) Into the Unknown: Microbial Communities in Caves, Their Role, and Potential Use. *Microorganisms* 10:222.
- LAZARIDIS G., MELFOS V., PAPADOPOULOU L., ONAC B., STERGIU Ch., MARAVELIS A., VOUDOURIS P., DORA D., FITROS M., PAPAIOANNOU H., VOVALIDIS K. (2024) Sulfuric acid speleogenesis in Greece. *Acta Carsologica* 53(2-3):127-144.
- PICCINI L., DE WAELE J., GALLI E., POLYAK V. J., BERNASCONI S. M., ASMEROM Y. (2015) Sulphuric acid speleogenesis and landscape evolution: Montecchio cave, Albegna river valley (Southern Tuscany, Italy). *Geomorphology* 229:134-143.

# Ambiente y espeleología en tiempo de crisis civilizatoria: reflexiones desde la experiencia argentina

Cristina Gioia (1,2)

(1) Grupo Espeleológico Argentino. Buenos Aires. gioiacristinae@gmail.com

(2) Escuela Nacional de Espeleología Argentina, Unión Argentina de Espeleología. espeleoar@gmail.com

## Abstract

**Environment and speleology in times of civilizing crisis:** reflections from the Argentine experience. This work explores essential concepts for thinking and acting within the speleological environment. The ongoing environmental crisis, also referred to as the civilizational crisis, compels us to reconsider how we build knowledge and care in our interaction with caves. Nature and environment, both cultural constructs that define each era, influence individual and collective analysis in interventions and proposed management plans, as well as in the various curricular levels of speleology training. Some experiences from Argentina through its National School of Speleology are mentioned. Moreover, the work emphasizes the importance of crafting new narratives—stories, beliefs, and imaginaries that constitute part of our Intangible Heritage. These narratives work together with scientific evidence to ensure the preservation of cave systems across all registers: biotic, abiotic, and immaterial narratives. Finally, some ethical and pedagogical considerations are presented to confront the challenges of the environmental crisis and its implications for Argentine speleology.

## Resumen

Este trabajo explora algunos conceptos necesarios para pensar y accionar en el ambiente espeleológico. La actual crisis ambiental, también conocida como crisis civilizatoria, nos obliga a reconsiderar cómo construimos conocimientos y cuidados en nuestra interacción con las cuevas. Naturaleza y ambiente, ambas construcciones culturales que denotan cada época, condicionan el análisis individual y colectivo en las intervenciones y propuestas de planes de manejo como así también en los distintos niveles curriculares de formaciones en espeleología. Se mencionan algunas experiencias de Argentina a través de su Escuela Nacional de Espeleología. Otro aspecto que se interpela es la necesidad de contar con nuevas narrativas, es decir, relatos, creencias e imaginarios que forman parte del Patrimonio Inmaterial, y construyen un tejido junto a la evidencia científica para conservar los sistemas cavernarios en todos sus registros: bióticos, abióticos e inmateriales narrativos. Finalmente, se plantean algunas consideraciones dentro del campo ético y pedagógico para enfrentar los desafíos de la crisis ambiental y sus implicancias en la espeleología argentina.

## 1. Introducción

El avance de la crisis ambiental llamada también crisis civilizatoria, nos lleva a replantear la forma de construir conocimientos y cuidados en la interacción con las cavernas.

Se observa en esta última década la necesidad de pensar y actuar en temas ambientales desde la territorialidad, es decir, desde lo más cercano, lo habitable, lo que se puede capturar desde la experiencia de lo próximo. Todo pensamiento es situado, es dado desde una perspectiva, desde un contexto espacio temporal específico al decir de Donna HARAWAY (2022).

En función a esto, considero necesario: interpelar el rol de la educación en la espeleología argentina en los tiempos actuales, visualizar las demandas estatales y privadas que involucran el uso y manejo del patrimonio espeleológico y que incluyen aspectos socioeducativos ambientales, revisar los conceptos de naturaleza y ambiente y analizar las narrativas actuales sobre los temas ambientales. Pensar tiempos que no remitan a la lógica del capitalismo, sino a la lógica del detenerse, de los sueños por crear.

## 2. Discusiones ambientales en la emergencia

Cuando se interpela el rol de la educación ambiental en la espeleología argentina, en los tiempos actuales, se hace necesario tener presente: la vigencia de la Ley Nacional de Educación Ambiental Integral nro. 27621/2021 (EAI), la Escuela Nacional de Espeleología Argentina (ENEAr), los formatos de difusión, formación, las intervenciones en proyectos de planes de manejo, y las interacciones de las organizaciones

espeleológicas, entre otros.

La ENEAr, creada en 2023 por la Federación Unión Argentina de Espeleología (UAE), responde a una necesidad de los grupos espeleológicos argentinos de compatibilizar los programas de formación y difusión a partir de las distintas experiencias regionales. Para eso se trabajó en el diseño de un Proyecto Educativo Institucional (PEI) que recogió estas

experiencias y acordó criterios curriculares y éticos para la práctica de la espeleología, comprometidos con los desafíos socio-ambientales del presente.

La organización de la ENEAr se estructura a través de una dirección con la participación de un representante de cada grupo federado. Su PEI establece distintos niveles curriculares, contenidos básicos y comunes para los cursos de difusión, formación y especialización, respetando la idiosincrasia de cada región y las realidades de cada grupo.

Esto ha comenzado a implementarse desde 2024 en los cursos de Introducción a la Espeleología, que son considerados el primer eslabón de acercamiento al conocimiento y conservación del mundo subterráneo.

La ley de EAI ofrece el marco desde el cual encauzar proyectos y prácticas de participación, inclusión y diversidad. Además, promueve las bases para construir experiencias de conservación en la educación formal, no formal e informal.

La ENEAr, está sostenida desde esta ley y desde el pensar y hacer en territorio, es decir en interacción con la población local, el reconocimiento de su mundo simbólico, y el hacer de los grupos espeleológicos.

Otro aspecto que se evidencia en la Argentina es el aumento de consultas a los grupos espeleológicos sobre planes de manejo estatales o privados y estudios de impacto ambiental en áreas donde existen cavernas, así como demanda de capacitación con mayor prevalencia de un uso turístico impulsada por la necesidad de generar nuevos emprendimientos económicos. Esto requiere en la comunidad espeleológica un consenso en las políticas ambientales para intervenir en sus informes y propuestas.

En la última década se incrementaron las solicitudes de consultorías a los grupos relacionadas con estudios ambientales que incluyan propuestas de conservación y manejo de cavernamientos y sitios con potencial espeleológico. La convocatoria surge tanto de organismos estatales como privados. Por ejemplo, el estudio realizado por la UAE en la caverna volcánica El Escorial en la provincia de Chubut, a fin de evaluar su inclusión en el plan de desarrollo turístico para la región, previendo la capacitación de futuros guías de sitio pertenecientes a la comunidad mapuche local Ngpun Currha. Cabe destacar que surge ante la carencia de recursos económicos en dicha región (UNIÓN ARGENTINA DE ESPELEOLOGÍA, 2020).

Otro ejemplo es la convocatoria de investigadores del Grupo Espeleológico Argentino (GEA) por parte de la provincia del Neuquén, para construir propuestas al plan de manejo del Área Natural Protegida Cuchillo Cura (ANPCC). Esto implicó un año de labor con la comunidad local, la descripción de los valores de conservación, la evaluación de los

riesgos e impactos ambientales. En este trabajo interactuaron distintos actores sociales entre ellos espeleólogos e investigadores, comunidad y autoridades políticas en un marco de tensiones de intereses disímiles.

Argentina como muchos de los países latinoamericanos, viene sufriendo crisis socio-económicas recurrentes agravadas por la desigualdad social y la escasa oferta laboral que impulsan a muchas comunidades a buscar soluciones inmediatas en su territorio haciendo uso de los bienes naturales y culturales disponibles, no siempre de un modo ambientalmente sostenible. Lo ya mencionado se encadena con la falta de regulación ya que el país carece de una ley nacional de espeleología, solo algunas provincias poseen legislación específica, lo cual dificulta el marco normativo para actividades en cavernas y karsos. Todo esto conlleva a que muchas veces se prevalezca los intereses económicos por sobre los ambientales.

Un pilar insoslayable en las estrategias político ambientales es la interacción entre las distintas organizaciones espeleológicas, tanto nacionales como internacionales, para la circulación de los conocimientos, intercambio de experiencias y construcción de espacios participativos.

Otro aspecto son los conceptos que forman parte del constructo teórico de la espeleología y también necesitan ser interpelados, como por ejemplo el de naturaleza y ambiente, ambas construcciones culturales que requieren en estas épocas una revisión. Y es aquí donde el objeto de estudio “caverna o sistema cavernario” se complejiza. En primer lugar, por el enfoque holístico del objeto de estudio, y, en segundo lugar, por el manejo de las distintas variables a considerar sobre un sitio espeleológico a conservar. La ampliación de valores sobre el bien natural y cultural que representa la caverna también es un tema que se impone. Un ejemplo podría ser el de paisajístico cavernario, paisajístico kárstico o el de Patrimonio Inmaterial. Es decir: ¿desde qué representación de naturaleza hacemos investigación, exploramos una caverna y la preservamos?

En los últimos años la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) reformuló el concepto de Naturaleza, que revaloriza la geodiversidad, señalando: “En un mundo que se enfrenta a una degradación generalizada de los ecosistemas, al síndrome de cambio de base y al uso insostenible de los recursos, superpuestos por el cambio climático y el aumento del nivel del mar, las partes interesadas comparten un interés común en garantizar que las iniciativas medioambientales se apliquen a toda la naturaleza” (JUSTICE et al., 2025). En función a ello, recomienda que se modifique la antigua definición de naturaleza para que diga lo siguiente: “la naturaleza se refiere a la biodiversidad a nivel genético, de especies y de ecosistemas, a todos los procesos dinámicos y características de la geodiversidad, y a todas sus interacciones”.

### 3. Narrativas y desafíos actuales

El lenguaje y la construcción del uso narrativo es quizás, a mi parecer, el indicador más inquietante, desde la perspectiva de la educación ambiental y la conservación. Narrar es habitar. Narrar es construir territorio, pertenencia, memoria. Narramos quienes somos, nuestras tierras, nuestra comunidad. Imaginarios, creencias, relatos son narrativas necesarias también para cuidar. Narrar para conocer, para identificarse, para conservar.

En los últimos tiempos se viene observando un deterioro progresivo, negación u olvido de ese reservorio narrativo enmarcado dentro del Patrimonio Inmaterial. Como ejemplo se citan los recientes estudios en la localidad de Las Lajas, provincia del Neuquén, en la Patagonia Argentina, con participación de espeleólogos en el proyecto denominado “Lineamientos y Estrategias para la elaboración de un Plan de Manejo para el Área Natural Protegida Cuchillo Curá” (ARDITO et al., 2022). Dicha población se encuentra a unos 12 km de las cavernas y posee unos 6215 habitantes.

Allí se trabajó en escuelas de niveles inicial, primario, secundario, profesorado y tecnicatura. Se realizaron entrevistas a directivos, encuestas a docentes y estudiantes a través de un formulario digital, y talleres con

la comunidad. En estas actividades se indagó sobre el conocimiento del ANPCC y sus narrativas.

Uno de los datos relevantes obtenido del total de las escuelas visitadas fue el desconocimiento del sistema cavernario por falta de información. Los directivos expresaron la necesidad de capacitación y materiales didácticos para realizar la trasposición didáctica en el aula (Figura 1).



Figura 1: Resultado encuesta a docentes y estudiantes.

En las encuestas los resultados también reflejaron esto sumado a un desconocimiento sobre su valor patrimonial en especial el imaginario popular. Si bien el muestreo es reducido su análisis puso de manifiesto que las narrativas no circulaban entre los docentes y estudiantes (Figura 2).

¿En la comunidad educativa de su establecimiento circulan creencias, relatos, imaginarios o narrativas sobre las cavernas de Cuchillo Curá?

18 respuestas

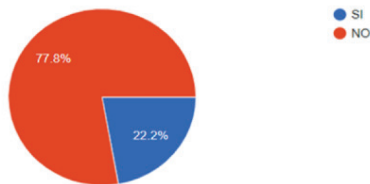


Figura 2: Resultado encuesta a docentes y estudiantes.

Los talleres (Figura3) involucraron a unas cuarenta personas: representantes del Municipio de Las Lajas, ONGs, estudiantes, docentes y comunidad en general.

Uno de los datos obtenidos en el intercambio con los asistentes fue que el 47% de los mismos no sabía por qué había sido creada el área protegida, lo cual implica que no tenían los conocimientos sobre el valor de las cavernas de Cuchillo Curá y su necesidad de conservarlas.



Figura 3: Talleres en Las Lajas (Ardito et al, 2022).

Las construcciones imaginarias en relación con la naturaleza, el ambiente, en este caso las cavernas de Cuchillo Curá, a mi entender, pasan de una generación a otra construyendo identidad colectiva con el territorio y en consecuencia promueven su cuidado.

La evidencia científica necesita ser acompañada por una narrativa que brinde la fuerza de la pertenencia y cuidado comunitario. A decir de Flavia BOFFRONI (2024) “La información por sí misma no construye verdad si no se hila en una trama atractiva que emociona y que trae sobre la mesa el componente sentimental de espectador en orden de interpretar nuestra cotidianeidad...” Por consiguiente, necesitamos construir narrativas que nos ayuden a interpretar la realidad en un tiempo y territorio situado.

## 4. Conclusión

La situación de complejidad e incertidumbre en la que vivimos, pensada desde el paradigma del Antropoceno, o al decir de Donna Haraway el Capitaloceno, impulsa a preguntarse: ¿dónde estamos parados, ¿cuál es la política ambiental de cada grupo o federación espeleológica, qué debates se han venido realizando y qué tensiones se han evidenciado?

Las conclusiones están direccionadas a la apertura de las preguntas y la creatividad. No hay fórmulas para abordar temáticas ambientales en emergencia, pero considero que algunos horizontes colectivos son necesarios construir a modo de pilares (Figura 4).

Ante la crisis civilizatoria, crear nuevos caminos, nuevas formas de estar-siendo en el mundo, como dijo Rodolfo KUSCH (1962) “No es estar ni ser, es un modo propio de vivir de cada cultura que se ancla en el suelo”. Adentrarse a los valores culturales y espirituales de la naturaleza, y a una conciencia activa del deterioro del ambiente.

Uno de esos horizontes es definir el punto de partida en proyectos ambientales, es decir: ¿cuáles son los criterios políticos ambientales sobre los que se tomarán decisiones? Tanto en planes de manejo, en la construcción de las currículas educativas de las escuelas, en cursos, capacitaciones, en divulgación general, etc.

Otro horizonte es la construcción de nuevas narrativas que acompañen al campo científico- técnico y permitan visibilizar y acceder a distintos puntos de vista en la representación de lo ambiental y sus conflictivas.

Esto requiere de un tiempo cuya lógica no es la del capitalismo, sino de la detenerse y construir desde la degradación actual, de crear con otros y de generar articulaciones entre el arte, la tecnología y la naturaleza, nuevos entramados para conservar lo que tenemos hoy que no es lo mismo que lo de ayer. Como dice Ailton KRENAK “...tener una comprensión del tiempo que no esté vinculada a la lógica utilitaria del poder económico, a las ganancias y a la eficiencia.”

Por último, repensar la responsabilidad y compromiso de los espeleólogos, y de todos los investigadores en general, con respecto al alcance e impacto de su trabajo en el contexto socio ambiental actual.

Cuando nos relacionamos con el concepto de naturaleza, estamos manipulando la representación que de ella construye la época. Como decía el naturalista francés Buffon, citado por María NEGRONI (2024): «el discurso de la naturaleza no es más que la naturaleza transformada en discurso».

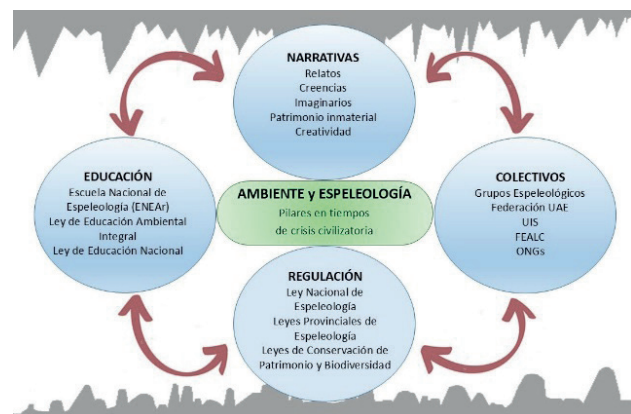


Figura 4: Gráfico conceptual de las estrategias en educación ambiental espeleológica para Argentina frente a la crisis civilizatoria.

## Referencias

ARDITO M., BERNAL V., BORRÁS GURLEKIÁN H., CALZATO W., GIOIA C., GÖNC R., IURI H.A., MATTIONI M., MAURINO M.E., OSTERTAG G., PAPARAS M., PEREZ S., REDONTE G., SANTANA N., SICILIA S., TEDESCO E., ZUNGRI L. (2022). Lineamientos y Estrategias para la elaboración de un Plan de Manejo para el Área Natural Protegida Cuchillo Curá (Departamento Picunches, Provincia del Neuquén). Argentina. CFI-COPAIDE.

BOFFRONI F. (2024). Colapso: Cómo transitar el umbral de los nuevos mundos por venir. Sudamericana, Buenos Aires. 352 p.

HARAWAY D. (2022). Seguir con el problema. 4 ed. Editorial Consomi, Buenos Aires. Argentina.

JUSTICE S., CROFTS R., GORDON J.E. & GRAY M. (2025). The Meaning of Nature: Clarification for Strengthened protection and management. UICN WCPA Issues Paper Series No. 5, Gland, Suiza: UICN.

KRENAK A. (2023). La vida no es útil. Eterna Cadencia Editora. Buenos Aires, Argentina.

KUSCH R. (1962). América profunda. Ed. Biblos. Buenos Aires 190 p.

NEGRONI M. (2024). La idea natural. Ed. Acantilado. Barcelona, 200 p.

UNIÓN ARGENTINA DE ESPELEOLOGÍA (2020), Propuesta de Plan de Manejo Turístico de las cavernas de “El Escorial”. 57 páginas. Inédito

# Educação ambiental em cavernas não visitáveis, estudo de caso na Gruta dos Anões - São Pedro (SP)

Beatriz Bachega Groppo (1), Pedro Henrique Vieira Silva (1, 2), Ricardo Coeli Simões Coelho (1), Rogério Dell' Antonio (1), Fernanda Loebel Braidó (1)

(1) EGRIC - Espeleogrupo Rio Claro, Rio Claro, Brazil: secretariaegric@gmail.com, groppobeatriz@gmail.com, ricardo\_coelho@ymail.com, rdellant@gmail.com, fernanda.braidó@unesp.br

(2) UNESP - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", São Paulo, Brazil: phv.silva@unesp.br

## Resumo

No Brasil, as cavernas possuem extensa ocorrência e têm grande importância turística, cuja utilização específica é permitida mediante cessão pelo Poder Público, estando condicionada à aprovação do Plano de Manejo Espeleológico. A Gruta dos Anões (SP-32) está localizada em uma propriedade particular que oferece serviços de lazer na cidade de São Pedro. A administradora da propriedade procurou o grupo buscando informações científicas sobre a caverna a fim de abri-la para visitação turística. Diante da demanda, decidimos orientar e colaborar com a gestão, de forma que se unisse a conservação ambiental, a segurança dos visitantes e a valorização da caverna enquanto patrimônio natural. Nosso objetivo foi capacitar a administradora e sua equipe para promover um turismo mais consciente e sustentável, sem que houvesse a entrada de visitantes na caverna, visto a ausência do Plano de Manejo Espeleológico. Além disso, destacamos os desafios encontrados ao longo da trajetória, esperando que essa experiência inspire iniciativas semelhantes em outras regiões, mesmo que seja feito de forma voluntária em grupos de espeleologia.

## Abstract

In Brazil, caves are widely distributed and hold significant tourist importance, with their specific use being allowed through public authority consent, conditioned upon the approval of a Speleological Management Plan. The Gruta dos Anões (SP-32) is located on a private property that offers leisure services in the city of São Pedro. The property manager approached the group seeking scientific information about the cave with the aim of opening it for tourist visits. In response to this request, we decided to provide guidance and collaborate on the management, ensuring a balance between environmental conservation, visitor safety, and the appreciation of the cave as a natural heritage. Our goal was to train the property manager and her team to promote more conscious and sustainable tourism, without allowing visitors to enter the cave due to the lack of an approved Speleological Management Plan. Additionally, we highlighted the challenges encountered throughout the process, hoping that this experience would inspire similar initiatives in other regions, even if carried out voluntarily by speleological groups.

## Resumen

Au Brésil, les cavernes sont largement répandues et revêtent une grande importance touristique, leur utilisation spécifique étant autorisée sous réserve d'une autorisation de l'autorité publique, conditionnée à l'approbation d'un Plan de Gestion Spéléologique. La Gruta dos Anões (SP-32) est située sur une propriété privée qui propose des services de loisirs dans la ville de São Pedro. Le gestionnaire de la propriété a contacté le groupe pour obtenir des informations scientifiques sur la caverne dans le but de l'ouvrir à la visite touristique. En réponse à cette demande, nous avons décidé d'apporter des conseils et de collaborer à la gestion, afin de concilier conservation de l'environnement, sécurité des visiteurs et valorisation de la caverne en tant que patrimoine naturel. Notre objectif était de former le gestionnaire et son équipe pour promouvoir un tourisme plus conscient et durable, sans permettre l'entrée des visiteurs dans la caverne en raison de l'absence d'un Plan de Gestion Spéléologique approuvé. De plus, nous avons souligné les défis rencontrés tout au long du processus, espérant que cette expérience inspirera des initiatives similaires dans d'autres régions, même si elles sont menées de manière volontaire par des groupes de spéléologie.

## 1. Introdução

No Brasil, as cavernas possuem extensa ocorrência e têm grande importância científica, devido à diversidade de carste, presença de sítios arqueológicos e paleontológicos, abrigos de biodiversidade endêmica e utilidade para estudos climatológicos. Além disso, possuem importância econômica com seu uso turístico, cujas motivações podem ser a beleza cênica desses locais, além da religiosidade, aventura e ensino (FERREIRA et al., 2008; LOBO et al., 2007).

Ressalta-se, idem, que urge um espraiamento envolto na conscientização por parte do turismo de cavernas, muito por conta da nítida

fragilidade e peculiaridades inseridas e intrínsecas nestes ambientes. O turismo nessas regiões deve ser realizado com sobriedade, de maneira consciente e ética. Logo, para almejar determinadas condições é mister estar alinhado mediante condutas que priorizem a educação ambiental, com a finalidade de condicionar uma transformação social que crie uma consciência que tange a magnitude da preservação destes ambientes. Desta maneira, corrobora ao raciocínio elaborado o afirmado por MARRA (2001, p. 665).

A importância para preservação e conservação das cavernas, sítios espeleológicos e suas respectivas áreas de influências, refletem na necessidade de haver consciência sobre em que aspectos e condições estes ambientes sofrerão intervenção. [...] O turismo espeleológico mal planejado ou descontrolado, torna-se perigoso ao usuário visitante e de gravidade considerável ao ecossistema. Pensar em manejar uma área turística, é antes de tudo levantar e considerar a capacidade do recurso suportável e aceitável pelo ambiente.

No Brasil, as cavernas são consideradas bens da União pelo inciso X do artigo 20 da Constituição Federal de 1988 e qualquer atividade com potencial degradativo, direto ou em sua área de influência, depende de licenciamento prévio conforme artigo 3 do Decreto nº 10.935. O mesmo decreto, em seu artigo 1, determina a proteção das cavernas de modo a assegurar sua proteção, estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.

A utilização específica para fins turísticos é permitida mediante cessão pelo Poder Público, estando condicionada à aprovação do Plano de Manejo Espeleológico, exigido e definido conceitualmente através da Resolução Conama 347 de 2004.

A propriedade Gruta dos Anões (SP-32) está localizada em uma área particular que oferece serviços de lazer na cidade de São Pedro. A infraestrutura turística é composta por piscinas, chalés de hospedagem, restaurante, áreas de camping e churrasqueiras. Com início que remonta aos anos 1980 e sob a posse da mesma família, o local é amplamente divulgado na cidade e região, inclusive por meio de sinalização em placas públicas.

A Gruta dos Anões é uma cavidade de cerca de 35 metros de desenvolvimento, constituída basicamente por um único conduto linear. O trecho inicial é estreito e permite passagem de apenas uma pessoa por vez. Após cerca de 10 metros atinge-se o salão principal onde formou-se um lago por conta do represamento artificial. Neste setor a largura média

é de 4 metros e a altura do teto varia entre 4 a 6 metros.

Diferentemente do que se observa na maioria das cavidades da região, se desenvolve sobre as rochas areníticas de idade triássica da Formação Pirambóia, caracterizada pela presença de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados, médios e muito finos com estratificações cruzadas planares e acanaladas, podendo haver intercalações de finas camadas de siltitos e argilitos, e ocorrências locais de arenitos conglomeráticos (ALMEIDA, 1964; SCHNEIDER, 1974). Cavernas com presença de água em seu interior não são comuns na região, o que ressalta a importância da preservação desta cavidade para o patrimônio espeleológico local.

Por questões legais e de segurança a entrada não é permitida atualmente. Contudo, estão em andamento análises de alternativas para utilização da caverna e seu entorno como recurso didático, mesmo sem a possibilidade de visita ao seu interior.

A atual administradora da propriedade procurou o grupo buscando informações científicas sobre a caverna, relacionados à sua geologia e biologia, para que treinasse seus monitores a fazerem visitas guiadas na caverna. Diante da demanda apresentada pela administradora e após a constatação da ausência de um Plano de Manejo Espeleológico, decidimos orientar e colaborar com a gestão, de forma que se unisse a conservação ambiental, a segurança dos visitantes e a valorização da caverna enquanto patrimônio natural. Este trabalho descreve as etapas do projeto realizado, desde o diagnóstico inicial da área e discussões com a administradora até a elaboração e entrega de um material didático informativo. Nosso objetivo foi capacitar a administradora e sua equipe para promover um turismo mais consciente e sustentável, ao mesmo tempo em que preservamos o ambiente cavernícola da Gruta dos Anões. Além disso, destacamos os desafios encontrados ao longo da trajetória, esperando que essa experiência inspire iniciativas semelhantes em outras regiões, mesmo que seja feito de forma voluntária em grupos de espeleologia.

## 2. Materiais e Métodos

A Gruta dos Anões, localizada no município de São Pedro, é uma propriedade privada com ampla infraestrutura turística, incluindo chalés, restaurante, piscina, áreas de churrasqueira e espaço para camping. Com um histórico que remonta aos anos 1980 e sob a posse da mesma família, o local é amplamente divulgado na cidade, inclusive por meio de sinalização em placas públicas.

A atual administradora buscou o grupo de espeleologia com a proposta inicial de obter informações científicas sobre a caverna que se encontra dentro da propriedade, especialmente relacionadas à geologia e biologia, com o objetivo de qualificar seus monitores para visitas guiadas à gruta. Após analisar a solicitação, realizamos uma reunião inicial para compreender o nível de gestão existente e verificar a conformidade com legislações relacionadas à visitação em cavernas, incluindo a necessidade de um plano de manejo espeleológico. Embora ela tenha mencionado a existência de tal plano, identificamos que ele não era específico para a gestão espeleológica. Foi marcado uma visita ao local, com o objetivo de descrever, caracterizar, mapear e fotografar a caverna e seu entorno, levando em consideração a geologia, fauna e flora e avaliar de forma preliminar possíveis riscos e impactos que a caverna sofreria com a visitação, a fim de orientar a proprietária.

Conduzimos uma análise da área com uma equipe de dez pessoas. Durante o encontro, destacamos a inviabilidade de permitir a entrada

de visitantes na caverna sem um plano de manejo adequado, alertando sobre os riscos associados à ausência de estudos prévios, como impactos na fauna cavernícola e no ambiente subterrâneo, além de riscos - ligado a queda de blocos e picadas de animais peçonhentos para os visitantes. A administradora nos ouviu de forma compreensiva, aceitou nossas recomendações e, em resposta, nos comprometemos a desenvolver um material didático que oferecesse aos visitantes informações relevantes sobre a caverna, possibilitando a sensibilização ambiental mesmo sem a entrada na cavidade.

O grupo propôs criar duas formas de material didático na área: uma em forma de panfletos e a outra em forma de painel, explicando sobre a gruta e seu entorno nos pontos de vista geológico, biológico, cultural e religioso. Tentamos abranger como público-alvo todas as idades, independente do grau de instrução, para que todos os visitantes do local pudessem compreender o conteúdo. Por meio das informações obtidas na visita à gruta, além de uma busca bibliográfica, pudemos escrever e ilustrar o material didático.

Ao final do processo, fizemos duas perguntas à administradora sobre nossa contribuição para sua gestão do local: Qual era seu entendimento de gestão de cavernas e como ele mudou após o contato com o EGRIC? De que forma o trabalho do EGRIC contribuiu para a gestão ambiental do local?

## 3. Resultados

Após o processo, a administradora respondeu nossas perguntas sobre nossa contribuição aos seus aprendizados e gestão do local. Em relação à primeira pergunta relacionada à seu aprendizado, ela afirmou que, antes do contato ela apenas tinha compreensão ligada à preservação

ambiental no geral, mas desconhecia os aspectos ligados à caverna, como a formação geológica, o impacto ligado à fauna cavernícola - destacou a presença das aranhas - e à cadeia alimentar, como por exemplo o papel do guano na caverna.

Já na segunda pergunta, relacionada à contribuição do grupo para a gestão do local, ela afirmou que a importância do EGRIC se deu na realização da preservação do entorno da caverna, além de levar o conhecimento sobre a legislação e formas de preservação espeleológica. Ela destacou o fato de não ser permitida a entrada de pessoas na caverna, e isso os fez fecharem a entrada de visitantes dentro da gruta. Ela destacou a importância da educação, em como ela aprendeu a gestão ambiental


desse local com o grupo, já que seu intuito era preservar, e agora isso é possível. Afirmou também que aprendeu que a presença do ser humano pode impactar de forma brutal na biodiversidade cavernícola.

Além da contribuição relacionada à orientação na gestão local, os materiais didáticos produzidos foram confeccionados e se encontram ilustrados nas figuras 1 e 2.

**A** gruta está inserida entre as Cuestas Basálticas e a Depressão Periférica Paulista, ambas inseridas no contexto da Bacia Sedimentar do Paraná. A gruta encontra-se na Formação Piramboia, que é composta por arenitos fluviais e desérticos, que apresentam estratificações cruzadas acanaladas e plano paralelas. O relevo local é fortemente associado à presença de Cuestas, em contato com a depressão periférica paulista, situada na borda da Bacia Sedimentar do Paraná

**Como a gruta se formou**

Cavidades em rochas areníticas são formadas a partir da infiltração da água na chuva no solo, que lixívia a rocha e carrega pequenos grãos de areia para longe. Esta infiltração cria pequenas fissuras que se alargam ao longo de milhares de anos, e eventualmente estas fissuras causam o colapso de blocos, formando as cavidades que conhecemos.

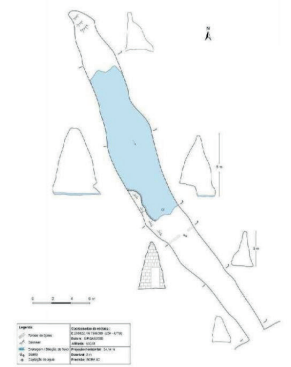
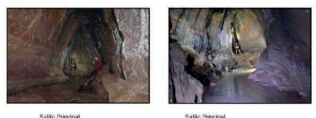


**Conservação**

Pode ser visto que a Gruta dos Anões não se encontra no seu estado natural. Desde a década de 90 vem sofrendo alterações antrópicas dentro e fora da caverna. Contamos com você para a conservação da caverna! A entrada é proibida por lei, e a possibilidade de seu






## Gruta dos Anões

**Habitantes da caverna**

A presença de água na gruta desempenha um papel crucial na criação de uma biodiversidade única. A fauna que habita a caverna é diversificada e inclui uma ampla gama de troglótenos, animais que fazem da gruta seu lar para alimentação, reprodução e abrigo. Entre esses animais, destacam-se morcegos, grilos, aranhas e opilhões, utilizando a caverna como um ambiente para atender às suas necessidades vitais. Pode ser visto que a Gruta dos Anões não se encontra no seu estado natural.




Equipe:  
 Bruno Santiago Groppe  
 Felipe Janeiro Bonifá  
 Leonardo Garcia Rodrigues  
 Lucas José Barbosa Jurema  
 Pedro Henrique Vieira Silva  
 Ricardo Coeli Simões Coelho  
 Rogério Dell'Antonio  
 Vítor Marchini Reissosa

Equipe:  
 Bruno Santiago Groppe  
 Felipe Janeiro Bonifá  
 Leonardo Garcia Rodrigues  
 Lucas José Barbosa Jurema





Equipe:  
 Bruno Santiago Groppe  
 Felipe Janeiro Bonifá  
 Leonardo Garcia Rodrigues  
 Lucas José Barbosa Jurema



Figura 1: Painel confeccionado pelo EGRIC para ser exibido na Gruta dos Anões.

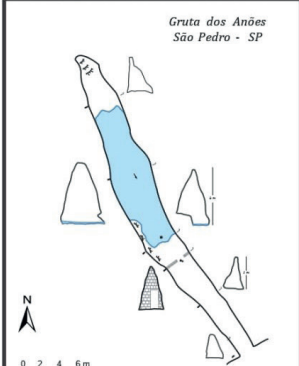
**Fauna subterrânea**

A água presente na caverna, além de sua temperatura que quase não varia, contribuem também para a formação de uma rica biodiversidade. Apesar de não haverem plantas em seu interior devido a falta de luz, a gruta conta com uma fauna de uma ampla variedade de troglótenos, animais que utilizam a caverna para alimentação, reprodução e abrigo. Animais como morcegos, grilos, aranhas e opilões utilizam a caverna dessa maneira.

**Acutisoma longipes**      **Erdosiana sp.**

**MAPA DA CAVERNA**




**Equipe:**  
 Beatriz Bacheaga Groppe  
 Felipe Janeiro Bonifá  
 Leonardo Garcia Rodrigues  
 Lucas José Barbosa Jurema  
 Pedro Henrique Vieira Silva  
 Ricardo Coeli Simões Coelho  
 Rogério Dell'Antonio  
 Vítor Marchini Reissosa


**Município:** São Pedro - SP      **Localidade:** Sítio Pé de Serra  
**Litologia:** Arenito      **Data:** 01/10/2023

**Legenda:**  
 Parede de tipos  
 Desnível  
 Sítio: Drenagem / Direção do fluxo  
 Queda  
 Captação de água

**Coordenadas da entrada:**  
 E 200822 / N 7506089 (23K - UTM)  
**Datum:** SIRGAS2000  
**Altitude:** 630 M  
**Projeção horizontal:** 34,14 m  
**Direção:** 3° m  
**Precisão:** BCRA 4C



**GRUTA DOS ANÕES**



**A GRUTA**

A gruta dos Anões possui água, a qual infiltra e pinga do teto, se acumulando em regiões menores em seu interior. Não é comum encontrar água nas grutas da região, o que torna sua preservação ainda mais importante. A água também é essencial para a formação da cavidade, assim como o vento, por conta da ação de seu intemperismo que esculpe e desfaz as rochas, dando assim o formato interno e externo das cavernas.

### HISTÓRICO REGIONAL

#### Sobre a Serra

A vegetação circundante, denominada Floresta Estacional Semidecidual, é característica da transição entre Mata Atlântica e Cerrado. A fauna diversificada inclui aves como tucanos, sai-andorinha e maritacas, além de uma variedade de anfíbios como sapos e pererecas, impulsionada pela umidade proveniente da caverna; mamíferos como quatis e macacos-prego e uma ampla gama de invertebrados, desde caramujos até aranhas-de-alçapão.



#### Economia e turismo local

São Pedro foi fundada por famílias que buscavam terras de qualidade para cultivar cana-de-açúcar e café no século XIX. A região era atravessada pelo Picadão, uma trilha aberta em 1725 rumo às minas de Cuiabá, onde havia pousos para descanso dos viajantes. O Pouso do Picadão, localizado onde hoje está o centro histórico de São Pedro, foi um desses pontos de parada. Emancipou-se politicamente de Piracaba em 1881, tornando-se uma vila.

### HISTÓRICO DA PROPRIEDADE

No começo da década de 80 a propriedade foi adquirida. O proprietário, por achar a gruta pequena, decidiu chamá-la de Gruta dos Anões. Curiosamente, a caverna apresenta um tamanho interessante e maior que muitas outras de arenito da região.



#### Santa

Quando dois eletricitistas iriam realizar seu trabalho, acreditando que a energia elétrica estava desligada, uma luz se acendeu no meio da mata, mostrando que na verdade a energia ainda estava ligada. A imagem da santa foi colocada no mesmo lugar da luz, acreditando que ela lhes deu a proteção de tomar um choque durante o trabalho. Imagem doada pelo Clube Lions.

### Conservação

A Serra de São Pedro está na APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá, criada em 1983, e é parte das Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro. As APAs (Áreas de Proteção Ambiental) visam a conservação de elementos naturais, permitindo um uso sustentável dos recursos. A entrada na Gruta dos Anões é proibida por lei e a possibilidade de seu uso turístico é imposta pelo Plano de Manejo.

### DIVULGAÇÃO DO LOCAL

Telefone: (19) 98600-2815  
Instagram: @grutadosanoes  
E-mail: contato@grutadosanoes.com.br  
Estr. da Água Mineral, km 02 - s/nº | Sítio Pé da Serra | CEP 13520-000 | São Pedro | SP

Faça sua reserva no site:






Figura 2: Panfleto confeccionado pelo EGRIC para distribuição no local.

## 4. Discussão

Dentre os aspectos desenvolvidos nesta gestão espeleológica, é de suma relevância salientar os produtos com fins didáticos, estes que proporcionam outras dinâmicas na práxis pedagógica, que envolvem por exemplo, o desenvolvimento de trabalhos de campo.

O espaço da Gruta dos Anões como local de prática pedagógica em trabalho de campo, encontra-se em harmonia com determinada finalidade, especialmente por condicionar neste espaço, o encontro dos alunos com o conhecimento espeleológico, marcante por sua multidisciplinaridade. É reforçado este papel do trabalho de campo em Justen-Zancanaro; Carneiro (2012, p. 53)

[...] os alunos podem organizar relações com o real, com a paisagem que os cerca e que faz parte de seu cotidiano. Pela possibilidade

de contato direto com o meio e com o objeto estudado, o trabalho de campo facilita o aprendizado, pois desencadeia o processo de conhecimento e reconstrução de conceitos. O campo influencia também a compreensão de fatores sócio-ambientais intrínsecos à transformação do espaço pelo homem.

A presença do grupo de espeleologia foi essencial para que ocorresse a extensão do conhecimento ligado às legislações espeleológicas e, dessa forma, contribuiu para a conservação de cavernas e sua educação ambiental sem que houvesse riscos para seus visitantes ou para este ambiente tão frágil.

## 5. Conclusão

Portanto, ao longo da construção do Projeto Gruta dos Anões, protagonizado pelo EGRIC, foi possível para os participantes, alicerçar um fundamentado repertório acerca das legislações espeleológicas, do turismo e da educação ambiental.

Desta maneira, foi possível a partir da elaboração de todos os materiais apresentados, um retorno positivo à sociedade. Configuram-

do, portanto, uma nova oportunidade na busca pelo conhecimento, conscientização mediante a preservação ambiental e sua relevância vinculada à construção de ferramentas educativas, como em materiais didáticos e pedagógicos.

## Agradecimentos

Agradecemos sinceramente a equipe responsável pela confecção dos materiais didáticos e análise da área Leonardo Garcia Rodrigues (Pato), Felipe Janeiro Bonfá (Cássio), Lucas José Barbosa Jurema (Eslo),

Yuji Tabuchi, Pedro Sumiyoshi Refosco, Vitor Marchini Rolisola e Caio Sousa. Somos gratos à administradora Sandra Golinelli pelo diálogo com o grupo e pela receptividade ao local da gruta.

## Referências

ALMEIDA, F. F. M.; Fundamentos geológicos do relevo paulista. Instituto Geográfico e Geológico, Geologia do Estado de São Paulo, v. 41, 167 – 263, 1964.

Justen-Zancanaro R., Carneiro C.D.R. 2012. Trabalhos de campo na disciplina Geografia: estudo de caso em Ponta Grossa, PR. Terræ, 9(1-2):49-60.

MARRA, R. J. C. Planejamento e a Prática do Turismo em Cavernas. 13th International Congress of Speleology 4th Speleological Congress of Latin América and Caribbean 26th Brazilian Congress of Speleology, jul. 2001.

Moreira, R. V. B.; Gonçalves, S. S.; Guizi, A. A. Turismo, natureza e segurança: Estudo de caso sobre segurança do turismo em Brotas (SP, Brasil). Revista Brasileira de Ecoturismo, São paulo, v. 15, 2022.

PARRA, R.; GROppo, B. B.; STUMPF, C. F.; REZENDE, F. C.; RIFFEL, S. H.. classificação de áreas com ocorrências de cavernas: Núcleo espeleológico arenítico da Serra do Itaqueri, SP In: MOMOLI, R. S.; STUMP, C. F.; VIEIRA, J. D. G.; ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 36, 2022. Brasília. Anais... Campinas: SBE, 2022. p.260-268. Disponível em: [https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2021/02/36cbe\\_260-268.pdf](https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2021/02/36cbe_260-268.pdf). Acesso em: 03/02/2025.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAE-MON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28. Porto Alegre. Anais do ... São Paulo: SBG, 1974, v. 1, p. 41-65. 1974.

# The global importance of caves and karst: UIS initiative for proclamation of international day

Nadja Zupan Hajna (1)

(1) Karst Research Institute ZRC SAZU and International union of Speleology (UIS), Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenia, zupan@zrc-sazu.si

## Abstract

Caves and karst systems are unique natural landscapes of great ecological, geological, cultural and economic importance. Despite their global relevance, they are still underestimated due to their hidden nature and complex ecosystems. The International Union of Speleology (UIS) has proposed the establishment of the International Day of Caves and Karst (IDCK), to be celebrated annually on September 13, in line with UNESCO's mission to protect natural and cultural heritage. This date marks the historic presentation of caves and karst at UNESCO headquarters in 2021. The initiative is being carried out in collaboration with international experts, national UNESCO commissions and professional associations and has received broad support, including from 12 international associations, 6 regional associations, 74 national organizations, 31 UIS member countries and numerous individuals and conferences. A data analysis of the UNESCO-designated sites underlines the global importance of caves and karst as biodiversity hotspots, freshwater reservoirs and cultural heritage sites. The IDCK aims to raise awareness, promote sustainable management and address critical challenges such as the protection of water resources, biodiversity conservation and habitat preservation. By promoting education, research and international collaboration, this initiative emphasizes the ecological and cultural importance of caves and karst systems and advocates for their protection. The proposal will be submitted to UNESCO in early 2025 with the aim of stimulating global action and securing the future of these invaluable landscapes.

## 1. Introduction

Caves and karst systems are unique natural landscapes that offer significant ecological, geological, cultural and economic benefits. These underground caves are found in almost all countries and encompass a variety of environments, from various caves to karst aquifers, all of which play an important role in maintaining ecological balance. Despite their significance, caves and karst are often underestimated, partly due to their hidden nature and the complexity of their ecosystems (e.g. Zupan Hajna 2021).

The International Union of Speleology (UIS; <https://uis-speleo.org/>) has recognized the need to raise public awareness and enhance efforts to protect these natural features. To further this mission, the UIS has proposed the establishment of the International Day of Caves and Karst (IDCK) on September 13, building on the momentum of the UIS International Year of Caves and Karst. This date is of symbolic importance as it marks the historic presentation of caves and karst at UNESCO headquarters in 2021 (Fig. 1). The initiative is in line with UNESCO's objectives to protect natural and cultural heritage while addressing global challenges such as water resource management, biodiversity conservation and climate change mitigation.

Caves and karst systems are invaluable for scientific research as they provide insights into geological history, climate records and biodiversity. They serve as natural archives of the Earth's past and as freshwater reservoirs for over a billion people worldwide. In addition, these systems are of cultural significance as they contain archeological and historical artifacts documenting human evolution and civilization. By establishing an International Day, the UIS aims to emphasize their global importance and promote sustainable management practices.

The International Union of Speleology (UIS), a member of the International Science Council (ISC), as a union registered in Slovenia, with the support of the Slovenian National Commission for UNESCO, is preparing a proposal (Annex I) for the proclamation of the International Day of Caves and Karst (IDCK) to be celebrated annually on September 13.

The proposal is to be submitted by the UIS and the Republic of Slovenia to UNESCO headquarters in Paris at the beginning of 2025. Slovenia's participation is of great importance, as the country is internationally recognized as the land of the "Classical Karst". The term karst ("kras") comes from the Slovenian language and is used in scientific terminology to describe certain rocky landscapes without surface water.

The rich tradition of karst research in Slovenia has contributed significantly to the development of karstology, speleology and speleobiology as scientific disciplines. Karst regions such as the Classical Karst and the Notranjska Karst have been decisive for the advancement of these sciences, and the researchers of the Karst Research Institute ZRC SAZU today conduct studies that are recognized worldwide. Historical figures such as J. V. Valvasor, J. A. Nagel, F. Hacquet, F. A. Steinberg, A. Schmidl, C. S. Schmidt, F. Kraus, A. Grund, E. A. Martel, J. Cvijić and others have greatly influenced the understanding of karst and given Slovenia a significant role in the international speleological community (e.g. Kranjc, 1997; Shaw, 2010). Due to this heritage and Slovenia's contribution to speleological activities, the country is a strong supporter of this initiative.

Karst areas cover more than 25% of the world's land surface (Goldscheider et al., 2020) and provide almost 15% of its drinking water (Ford & Williams, 2007; Stevanović, 2019). Despite this, these landscapes are underexplored and often misunderstood. Proclaiming the International Day of Caves and Karst would raise global awareness of their natural and cultural value and encourage sustainable management of these fragile ecosystems. The choice of date, September 13, has a special symbolic significance, as it was on this day in 2021 that caves and karst were officially presented for the first time at UNESCO headquarters in Paris. This date is unique as it does not overlap with other international days, allowing the importance of caves and karst to be highlighted.



Figure 1: On September 13, 2021, caves and karst were presented for the first time at UNESCO headquarters in Paris, France. A) Invitation to the event organized by the UIS and the Slovenian representatives to UNESCO; B) UIS Bureau members and invited guests in front of the UNESCO building (Photo: S. Goto).

## 2. Materials and methods

The UIS initiative for the proclamation of the International Day of Caves and Karst (IDCK) was carried out through a structured and collaborative approach that ensured broad international participation and alignment with UNESCO's mission. The methodology included the following main steps:

- 1) Elaboration of the proposal: A comprehensive proposal was developed in consultation with international experts and professional associations specializing in karstology, speleology, environmental sciences and related disciplines. This process ensured scientific and technical rigor while taking into account the global relevance of caves and karst.
- 2) Securing national and international support: Letters of support were obtained from national UNESCO commissions, relevant ministries, international professional associations and UIS member countries. Particular emphasis was placed on the involvement of organizations and individuals with expertise or a personal interest in the sustainable management of karst and cave ecosystems.
- 3) Cooperation with UNESCO departments: In order to align the proposal with UNESCO's guidelines and strategic objectives, close consultation was undertaken with the relevant UNESCO departments. This included the refinement of the draft proposal and the consideration of all technical and procedural requirements.

## 3. Results

The UIS initiative for the proclamation of the International Day of Caves and Karst (IDCK) has made remarkable progress and gained broad international support by January 2025. Key achievements of the initiative include:

1. Support from international and regional organizations: The initiative has received the written support of 12 international associations and 6 regional associations. These organizations represent a wide range of expertise, including speleology, karst research, environmental protection and geology, underlining the global relevance of the proposal.

- 4) Data analysis on global caves and karst significance: Data on caves and karst forms in UNESCO-designated areas (e.g. Biosphere Reserves, Global Geoparks, Ramsar Sites) were analyzed. This analysis provided a quantitative basis to highlight the widespread ecological and cultural importance of these systems and supporting the rationale for an international day.

- 5) Awareness campaigns and stakeholder engagement: Public awareness and advocacy campaigns were carried out to highlight the importance of caves and karst. These activities targeted a wide audience, including policy makers, researchers, conservation organizations and the general public already through the activities of UIS International Year of Caves and karst 2021.

- 6) Cooperation with Slovenian national institutions: The UIS worked closely with the Slovenian National Commission for UNESCO and researchers from the Karst Research Institute ZRC SAZU. Slovenia's unique karst heritage and its scientific contributions contributed significantly to strengthening the validity and credibility of the proposal.

This structured approach ensured the scientific, political and public legitimacy of the proposal, which resulted in broad support and created a solid basis for the submission to UNESCO in 2025.

2. Involvement of national organizations and institutions: A total of 76 national organizations and institutions from different countries (6 continents) have expressed their support for the IDCK initiative. These statements of support reflect the commitment of national stakeholders to the recognition and protection of caves and karst systems in their respective regions.
3. Endorsements from UIS Member Countries: Of the UIS member countries, 32 have actively participated in the initiative by officially endorsing it. This demonstrates the strong support within the speleological community and underlines the common interest in promoting the sustainable management of caves and karst systems.

4. 4) Individual contributions and conference participants: In addition to institutional support, numerous individuals, including leading experts in the field of karstology and related fields, have also supported the initiative. Conferences dealing with speleology, geology and environmental protection have also made statements of support, further enhancing the reach and impact of the initiative.
5. Strategic cooperation with UNESCO departments

UIS has successfully coordinated with UNESCO departments to refine the proposal for submission. This collaboration ensures alignment with UNESCO's objectives and enhances the credibility of the proposal as it moves towards official consideration in 2025.

6. Data analysis on the global significance of karst systems: A quantitative analysis of UNESCO-designated sites, such as Biosphere Reserves, Global Geoparks, and Ramsar Sites, revealed the prevalence and importance of caves and karst features. This analysis supported the argument for targeted conservation and sustainable management efforts, supporting the case for an International Day.
7. Awareness and advocacy campaigns: The initiative has also raised public awareness of the ecological, cultural and economic importance of caves and karst. Awareness campaigns and advocacy efforts have been instrumental in building a broad coalition of support for the IDCK.

The combined efforts show that caves and karst are recognized worldwide as invaluable resources. The broad support provides a solid foundation for the submission of the UIS to UNESCO in early 2025, which is an important step towards the official proclamation of the International Day of Caves and Karst.

## 4. Discussion

The proclamation of an International Day of Caves and Karst (IDCK) is a critical step towards addressing current global challenges such as the pollution of karst aquifers, habitat destruction and the undervaluation of these fragile ecosystems. The strong international support from 12 international associations, 6 regional associations, 74 national organizations and institutions, 31 UIS member countries and numerous individuals and conferences underlines the urgency and relevance of this initiative.

Education and advocacy are key to addressing the misunderstandings surrounding caves and karst systems. The IDCK provides a platform to promote public awareness and scientific research, support international cooperation and encourage sustainable management practices. It also serves as a reminder of the crucial role that caves and karst systems play in biodiversity, cultural heritage and water resource management.

The date chosen, September 13, avoids conflicts with other international events and ensures that caves and karst receive undivided

## 5. Conclusion

The UIS proposal to declare the International Day of Caves and Karst is a significant step towards promoting the recognition, protection and sustainable management of these invaluable ecosystems. By raising global awareness of the ecological, cultural and economic importance of caves and karst, this initiative contributes to addressing critical environmental challenges and to UNESCO's mission of preserving natural and cultural heritage.

Through its collaborative approach, the UIS has successfully brought together stakeholders from around the world and built a strong coalition in support for the IDCK. The choice of September 13 as the official date



Figure 2 : First page of the UIS Proposal to UNESCO for an International Day of Caves and Karst, January 10, 2025.

attention. The symbolic importance of this date, which marks the first presentation of caves and karst at UNESCO headquarters in 2021, gives the initiative historical and cultural value.

A key aspect of the initiative is the political support from UNESCO Member States. By aligning the UIS proposal with UNESCO's broader mission and utilizing the expertise of Slovenian researchers and institutions, the initiative gains both scientific and cultural credibility. Collaboration with stakeholders at all levels — international, national and local — has created a unified approach to the protection and sustainable management of caves and karst.

The initiative also addresses wider environmental and social issues, such as climate change mitigation, the development of sustainable tourism and economic benefits for local communities. By highlighting the scientific, economic, cultural and esthetic values of caves and karst, the IDCK can inspire a global commitment to their preservation.

emphasizes the historical and cultural significance of caves and karst and avoids conflicts with other international events.

This initiative is not just about celebrating caves and karst, but also about inspiring action. By promoting education, research and international collaboration, the IDCK will be a lasting reminder of the importance of caves and karst systems and the need to preserve them. It is a call to protect these unique landscapes for future generations and a testament to the power of collective efforts in addressing global challenges.

## Acknowledgments

I gratefully thank Prof. Dr. John Gunn (UK; IUCN) and Dr. Paul Griffiths (Canada; karst specialist) for their invaluable assistance in drafting and editing the UIS proposal for the International Day of Caves and Karst. Their expertise and insights greatly contributed to the quality and coherence of the document. I would also like to extend my heartfelt thanks to all members of the UIS Bureau and my colleagues from the Karst Research Institute ZRC SAZU (Postojna, Slovenia) for their continuous support,

valuable input, and collaboration throughout the development of this initiative. Their dedication and commitment have been instrumental in achieving the milestones of this proposal. Finally, I wish to acknowledge the Slovenian National Commission for UNESCO for their unwavering support and partnership, which has been crucial in advancing this initiative to the global stage.

## References

- GOLDSCHIEDER N., CHEN Z., AULER A.S., BAKALOWICZ M., BRODA S., DREW D., HARTMANN J., JIANG G., MOOSDORF N., STEVANOVIĆ Z., VENI G. (2020) Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. *Hydrogeology Journal* 28:1661–1677.
- FORD D., WILLIAMS P. (1989) *Karst geomorphology and hydrology*, Ed. Unwin Hyman Ltd. London, 601 p.
- GILLIESON D., GUNN J., AULER A., BOLGER T., Editors (2022) *Guidelines for Cave and Karst Protection*. 2nd Edition n, Postojna, Slovenia: International Union of Speleology and Gland, Switzerland, IUCN, 112p.
- KRANJCA. (1997) Karstology and speleology in Slovenia: from the history of karst and cave science to their perspectives. *Annales, Series historia naturalis*, 7(11): 95-102.
- SHAW T.R. (2010) *Aspects of the History of Slovene Karst (1545–2008)*. Ljubljana, ZRC Publishing, 306p.
- STEVANOVIĆ Z. (2019) Karst waters in potable water supply: a global scale overview. *Environmental Earth Sciences* volume 78, 662 p.
- ZUPAN HAJNA N. (2021) *Karst, Caves and people*. ZRC Publishing. Ljubljana, 173 p.

# Relato de experiência: Educação Ambiental Espeleológica e conservação de ambientes cavernícolas

Daniel Henriques (1) & Makenia Oliveira Soares Gomes (2)

(1) Grupo de Pesquisa e extensão em Espeleologia Guano Speleo, Brasil, danielhenriquesdeoliveira@gmail.com

(2) Laboratório de Geociências, Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil, makenia.gomes@uemg.br

## Resumo

Este trabalho apresenta um relato de experiência sobre uma ação de educação ambiental realizada com estudantes de Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Minas Gerais - Brasil, que integrou atividades teóricas e práticas para promover a reflexão crítica sobre a espeleologia e a conservação dos ambientes cavernícolas. A partir da revisão de produções acadêmicas e dos resultados da ação, abordamos conceitos fundamentais da espeleologia, a importância da educação ambiental para a área e o papel das abordagens críticas na proteção desses frágeis ecossistemas. O estudo destaca a relevância da formação de profissionais engajados na conservação dos ecossistemas e oferece subsídios para o desenvolvimento de novas iniciativas de educação ambiental em espeleologia.

## Abstract

This paper presents an experience report on an environmental education action carried out with Biological Sciences students from the State University of Minas Gerais - Brazil, which integrated theoretical and practical activities to promote critical reflection on speleology and the conservation of cave environments. Based on a review of academic productions and the results of the action, we address fundamental concepts of speleology, the importance of environmental education for the area, and the role of critical approaches in protecting these fragile ecosystems. The study highlights the relevance of training professionals engaged in the conservation of ecosystems and provides support for the development of new environmental education initiatives in speleology.

## 1. Introdução

A educação ambiental (EA) é um processo contínuo e interdisciplinar que visa sensibilizar e conscientizar indivíduos e comunidades sobre a importância da relação equilibrada entre sociedade e meio ambiente (Sauvé, 2005). O conceito de EA é amplamente reconhecido em documentos internacionais, como o Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA) da ONU, que, desde 1975, estabelece objetivos como conscientização, conhecimento, atitudes, habilidades e participação ativa na resolução de problemas ambientais (UNESCO, 1985; Figueiredo & Silva Júnior, 2019). A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) do Brasil também enfatiza a integração dessa perspectiva tanto no ensino formal quanto no não formal.

A Conferência de Tbilisi (1977) definiu a EA como uma dimensão orientada para a resolução de problemas ambientais concretos, com um enfoque interdisciplinar e participativo (Ferreira & Silva, 2011). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) conceitua a EA como um processo de formação e informação voltado ao desenvolvimento de consciência crítica e à participação das comunidades na preservação do meio ambiente (CONAMA, 1996). A Lei nº 9.795/99, que institui a PNEA, destaca que a EA capacita indivíduos e coletividades a desenvolver valores, atitudes e competências voltadas à conservação ambiental e à sustentabilidade (Brasil, 1999).

Autores como Medina (2000) reforçam a EA como um processo de compreensão crítica do ambiente, visando o desenvolvimento de atitudes participativas para a conservação dos recursos naturais e a redução da pobreza e do consumismo (Ferreira & Silva, 2011). O Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsa-

bilidade Global enfatiza uma EA transformadora, baseada na justiça social e no equilíbrio ecológico (Cavalcanti, 2002). A EA é, portanto, um campo multifacetado que busca promover a sustentabilidade através da conscientização e da ação.

Educação Ambiental e Espeleologia: Uma Integração Necessária

A aplicação da educação ambiental na espeleologia está intrinsecamente relacionada à necessidade de equilibrar a exploração e a conservação das cavernas. Figueiredo (1997) enfatiza que a educação ambiental voltada para a espeleologia deve incluir a capacitação de espeleólogos e espeleoturistas para atuarem como agentes multiplicadores da conservação ambiental. O autor ressalta também a importância da reeducação dos espeleólogos para que suas atividades sejam realizadas em sintonia com as comunidades locais e com os princípios de sustentabilidade. Essa reeducação envolve a conscientização sobre os impactos das atividades espeleológicas, como a perturbação da fauna, a contaminação da água e a degradação das formações geológicas, e a adoção de práticas que minimizem esses impactos.

No Brasil, houve um aumento significativo na produção acadêmica sobre educação ambiental e espeleologia, sobretudo após os anos 2000, refletindo um crescente interesse pela integração dessas áreas (Figueiredo & Silva Junior, 2019).

Concomitante a isso, analisando a base de dados do CANIE (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas), que é um banco de dados de cavidades cadastradas no Brasil gerido pelo CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas), é possível observar que houve um aumento exponencial no número de cavidades cadastradas no mesmo

a partir do ano de 2008. É possível traçar um paralelo com o avanço na produção científica e em estudos correlatos à espeleologia no Brasil e relacionados ao licenciamento ambiental de empreendimentos em função da publicação do Decreto 6.640/2008 – que deu nova redação aos Art. 1o, 2o, 3o, 4o e 5o do Decreto no 99.556, de 1o de outubro de 1990, trazendo novas disposições a proteção e impacto de cavernas.

## 2. Materiais e Métodos

Em agosto de 2024, foi realizada uma ação de educação ambiental a partir da parceria institucional entre o Grupo de Pesquisa e Extensão em Espeleologia Guano Speleo e a UEMG (Universidade do Estado de Minas Gerais), representados por um espeleólogo profissional e uma docente do ensino superior. A atividade envolveu alunos de diferentes períodos da graduação em Ciências Biológicas da UEMG. O objetivo principal foi auxiliar na formação de profissionais de nível superior que sejam capazes de promover ações conservacionistas e de preservação do meio ambiente, sobretudo do ambiente subterrâneo. A atividade foi estruturada em três etapas principais:

1. Aula teórica-expositiva sobre a relevância da espeleologia para a conservação da biodiversidade e os impactos das atividades humanas em ambientes cavernícolas, além de noções em espeleosegurança.
2. Visita técnica a uma caverna na região do carste de Lagoa Santa, em específico a Gruta da Macumba e a Gruta Túneis, que apesar de possuírem entradas diferentes e nomes diferentes, são a mesma caverna, conectadas por uma estreita passagem em condutos distais contando à partir de ambas as entradas, localizadas dentro do Parque Estadual do Sumidouro (PESU), em Lagoa Santa/MG. A atividade teve como foco a identificação de espécies características do meio hipógeo, a apresentação de estruturas geológicas e espeleológicas comuns na região, a avaliação dos impactos ambientais e a discussão de estratégias de conservação *in situ*.
3. Elaboração de um plano de ação para a educação ambiental em espeleologia, com propostas de atividades práticas a serem desenvolvidas em escolas e comunidades locais.

Durante a visita técnica, foram rigorosamente seguidos protocolos de segurança e utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados ao ambiente cavernícola, como capacetes com lanternas acopladas, luvas e botas de proteção. As metodologias de coleta de dados foram planejadas para minimizar o impacto sobre o frágil ecossistema, priorizando técnicas não invasivas de amostragem e privilegiando o registro fotográfico e a observação *in situ*.

## 4. Resultados

### Impacto na Formação Acadêmica

A ação de educação ambiental realizada com os estudantes gerou resultados significativos para a formação dos alunos de Ciências Biológicas. Observou-se um aumento no interesse dos estudantes pela espeleologia e pela conservação dos ambientes cavernícolas, bem como uma maior compreensão da importância da interdisciplinaridade na abordagem de problemas ambientais complexos. As cadernetas de campo revelaram que os alunos foram capazes de identificar e analisar os principais impactos ambientais presentes na caverna visitada, como a pilação no interior da caverna, a deposição de objetos e a degradação das formações geológicas. A elaboração dos planos de ação para a educação ambiental com foco em espeleologia permitiu que os alunos

Entretanto, observa-se que a maior parte das publicações ainda adota um enfoque predominantemente cognitivo e tecnicista, em detrimento de abordagens mais críticas e socioculturais. Essa tendência pode ser atribuída à influência do paradigma da ciência moderna, que valoriza o conhecimento objetivo e quantificável em detrimento do conhecimento subjetivo e qualitativo (Figueiredo & Silva Junior, 2019).



**Figura 1:** Instrutores e alunos repassando as instruções de segurança e passos da atividade antes de acessar a caverna.

Os alunos foram instruídos a documentar suas observações em cadernetas de campo, registrando descrições das formações geológicas, da fauna e flora cavernícolas, croquis e fotografias que ilustrassem a distribuição espacial dos organismos e as características do ambiente. Essa abordagem multidisciplinar, que integra espeleologia, biologia e geologia, permitiu aos estudantes aprofundar seus conhecimentos sobre os processos ecológicos e geológicos que moldam as cavernas, bem como desenvolver habilidades de pesquisa e interpretação de dados em um contexto prático e relevante para a conservação desses ecossistemas únicos. Ao final das atividades, os alunos apresentaram seus planos de ação em um seminário, onde foram discutidas as potencialidades e os desafios da implementação dessas propostas.

desenvolvessem habilidades de planejamento, comunicação e trabalho em equipe, além de estimular a criatividade e o senso crítico.

Os seminários de apresentação dos planos de ação proporcionaram aprendizado e troca de experiências, uma vez que permitiram aos alunos discutirem suas ideias e receberem feedback dos colegas e dos professores, aprimorando suas propostas. Alguns planos de ação foram considerados especialmente promissores e receberam apoio para serem implementados em projetos futuros. A avaliação final da atividade demonstrou que os alunos consideraram a experiência extremamente enriquecedora e relevante para sua formação profissional, destacando a importância de ações práticas e interdisciplinares na educação ambiental.



Figura 2: Alunos e instrutores dialogando sobre o aprendizado durante a parte prática da atividade, na entrada da Gruta da Macumba (PESU-Lagoa Santa/MG).

## 4. Discussão

### Discussão: Desafios e Perspectivas Futuras

Os resultados da ação de educação ambiental realizada na UEMG evidenciam o potencial da espeleologia como ferramenta para a promoção da conscientização e da conservação ambiental. No entanto, a integração da espeleologia nos currículos de ensino ainda enfrenta desafios significativos, como a falta de recursos financeiros, a escassez de profissionais qualificados e a resistência de alguns setores da academia em reconhecer a relevância dessa área. A superação desses desafios requer um esforço conjunto de universidades, centros de pesquisa, órgãos governamentais e organizações da sociedade civil.

Uma das estratégias para fortalecer a educação ambiental em espeleologia é a criação de redes de colaboração entre diferentes instituições e atores sociais, que permitam a troca de experiências, o compartilhamento de recursos e a realização de projetos conjuntos. É importante também investir na formação de professores e educadores ambientais que possuam conhecimentos e habilidades em espeleologia, bem como na produção de materiais didáticos que abordem as questões ambientais relacionadas aos ambientes cavernícolas de forma clara, acessível e crítica. Além disso, é fundamental fortalecer a participação das comunidades locais nas ações de educação ambiental, valorizando seus conhecimentos e experiências e promovendo o desenvolvimento de atividades que gerem benefícios para a população.

#### Abordagens Críticas na Educação Ambiental Espeleológica:

A educação ambiental crítica propõe uma formação que vai além da mera transmissão de conhecimento, estimulando a transformação social e o questionamento das relações de poder envolvidas nas questões ambientais (Kimura, 2024). A pedagogia histórico-crítica é uma abordagem que visa conectar teoria e prática, permitindo que os indivíduos compreendam o contexto histórico e político da degradação ambiental e se tornem agentes de mudança. Essa abordagem se baseia na ideia de que o conhecimento não é neutro, mas sim construído socialmente, e que a educação deve contribuir para a emancipação dos indivíduos e a transformação da sociedade.

A EA crítica aplicada à espeleologia envolve a análise das relações entre a exploração das cavernas, o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, bem como a identificação dos atores sociais envolvidos nesses processos e seus respectivos interesses. Essa análise pode revelar conflitos de interesse e desigualdades de poder que afetam

a conservação dos ambientes cavernícolas, como a exploração turística descontrolada, a mineração predatória e a falta de fiscalização. Estudos recentes apontam para uma baixa produção acadêmica voltada à educação ambiental crítica no campo da espeleologia, o que reforça a necessidade de fomentar pesquisas e práticas pedagógicas que promovam uma educação transformadora de amplo alcance sociocultural (Kimura, 2024). Essa lacuna pode ser atribuída à complexidade e à controvérsia das questões ambientais, bem como à resistência de alguns setores da sociedade em aceitar uma visão crítica da realidade.

Para promover uma EA crítica na espeleologia, é necessário adotar metodologias participativas e dialógicas, que estimulem a reflexão, o debate e a ação coletiva. Essas metodologias podem incluir a realização de oficinas, seminários, visitas técnicas e projetos de pesquisa que envolvam a participação de espeleólogos, espeleoturistas, comunidades locais, gestores públicos e outros atores sociais relevantes. É importante também utilizar recursos didáticos que apresentem diferentes perspectivas sobre as questões ambientais, como filmes, documentários, livros, artigos científicos e notícias de jornal. Ao adotar uma abordagem crítica na EA espeleológica, é possível formar profissionais e cidadãos mais conscientes, engajados e capacitados para enfrentar os desafios da conservação ambiental e da sustentabilidade.

As perspectivas futuras para a educação ambiental em espeleologia são promissoras, especialmente diante do crescente reconhecimento da importância dos ambientes cavernícolas para a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade. A utilização de novas tecnologias, como a realidade virtual e a realidade aumentada, pode ampliar o alcance e o impacto das ações de educação ambiental, permitindo que um número maior de pessoas tenha acesso a informações e experiências relacionadas aos ambientes cavernícolas. A criação de programas de voluntariado e de turismo sustentável em cavernas pode estimular o engajamento da sociedade na conservação desses ambientes, gerando benefícios econômicos e sociais para as comunidades locais. Ao investir na educação ambiental em espeleologia, é possível garantir a preservação dos ambientes cavernícolas para as futuras gerações, contribuindo para a construção de um futuro mais sustentável e justo.

## 5. Conclusão

A Educação Ambiental (EA) desempenha um papel crucial na conservação de ambientes cavernícolas, ecossistemas complexos e vulneráveis de grande importância para a biodiversidade e o equilíbrio ambiental. A integração da espeleologia nos currículos de ensino, juntamente com a adoção de abordagens pedagógicas críticas e participativas, é fundamental para formar profissionais e cidadãos conscientes, engajados e capacitados para enfrentar os desafios da conservação ambiental. A experiência realizada na UEMG demonstra o potencial da espeleologia como ferramenta para promover a conscientização e a conservação ambiental, evidenciando a importância de ações práticas e interdisciplinares na formação docente.

As perspectivas para a EA em espeleologia são promissoras, especialmente diante do crescente reconhecimento da importância dos ambientes cavernícolas para a conservação da biodiversidade e a sus-

tentabilidade. A pesquisa científica aprofundada sobre os intrincados ecossistemas cavernícolas e suas complexas interações com o meio ambiente é crucial para embasar decisões estratégicas e aprimorar políticas públicas eficazes, visando à proteção desses ambientes únicos e frágeis. Paralelamente, a formação de profissionais qualificados, com ênfase em docentes, é fundamental, tal formação deve ser pautada por uma abordagem interdisciplinar, que integre conhecimentos de diversas áreas, como biologia, geologia, ecologia e EA, preparando-os para atuarem como agentes de transformação na conservação das cavernas. Recomenda-se, portanto, a continuidade e o aprimoramento das ações de EA em espeleologia, com a ampliação do número de instituições e atores sociais envolvidos, a diversificação das metodologias e recursos didáticos utilizados, e o fortalecimento da participação das comunidades locais.

## Agradecimentos

Agradecemos sinceramente ao Grupo de Pesquisa e Extensão em Espeleologia GUANO SPELEO, pelo suporte técnico e pelo fornecimento por empréstimo de capacetes de espeleologia para a realização da atividade prática, ao PARQUE ESTADUAL DO SUMIDOURO (PESU), pela

gentil permissão de utilização da Gruta Túneis e Macumba, bem como de toda infraestrutura do parque para realização da atividade prática, e a Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG) pela disposição em acrescentar a atividade ao currículo escolar dos alunos envolvidos.

## Referências

BRASIL. Lei nº 9.795/99. Dispõe sobre a educação ambiental. Diário Oficial da União, 28 abr. 1999.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1996. Resolução nº 237/96. Dispõe sobre o licenciamento de atividades utilizadoras de recursos ambientais. Diário Oficial da União, 22 dez. 1996.

Brasil. Decreto n.6.640, de 07 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts.1º, 2º, 3º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2025.

Brasil. Decreto n.99.556, de 01 de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional e dá outras providências. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2025.

CAVALCANTI, C. (Org.). Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez, 2002.

FERREIRA, A. S. & SILVA, E. J. Espeleologia E Educação Ambiental No Povoador Machado, Laranjeiras – SE. Sociedade Brasileira de Espeleologia. ANAIS do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia Ponta Grossa-PR, 21-24 de julho de 2011.

FIGUEIREDO, L.A.V. Educação Ambiental e formação espeleológica no Brasil: estado da arte e perspectivas. In: RASTEIRO, M.A.; PEREIRA-FILHO, M. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 24, 1997. Ouro

Preto. Anais... Campinas: SBE, 2017. p.17-24. Disponível em: [http://www.cavernas.org.br/anais24cbe/24cbe\\_017-024.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais24cbe/24cbe_017-024.pdf). Acesso em: 05/02/2025

FIGUEIREDO, L.A.V.; SILVA JUNIOR, A.A. Educação ambiental, espeleologia e a conservação das cavernas brasileiras: reflexões a partir de uma base de dados sobre produções científicas e pedagógicas. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. Anais... Campinas: SBE, 2019. p.509-542. Disponível em: [http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe\\_509-542.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_509-542.pdf). Acesso em: 05/02/2025.

KIMURA, E. (2024) A educação ambiental na espeleologia brasileira: reflexões e abordagens críticas presentes nas publicações sobre o tema. Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Geografia. Rio Claro/SP. 2024.

MEDINA, N. M. A formação dos professores em educação ambiental. In: Panorama de educação Ambiental no ensino fundamental. Brasília: MEC; SEF, 2000.

SATO, M. (2002) A educação ambiental na Conferência de Tbilisi. Educação e Sociedade, v. 23, n. 78, p. 15-32.

SAUVE, L. (2005) Uma educação ambiental para o século XXI: Desafios e perspectivas. Revista Iberoamericana de Educación, n. 36, p. 1-18.

UNESCO. (1985) Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA). Boletim da UNESCO, v. 12, n. 2, p. 1-10.

# Documentation for protection - the DEEP23 example

Issam Bou Jaoude (1) & Firas Fayad (2)

(1) 151 Charles Str. Kingston Ontario, K7K 1V8, CA, hydrogeologist, iboujaoude@gmail.com (corresponding author)

(2) 4 Eastwood Drive, Kidderminster, UK, Secretary of Midlands Cave Rescue Organization, UK, firas.fayad@gmail.com

## Abstract

Funded by the UIS, NSS, FSE and Ghar Parau the DEEP23 expedition took place at the end of August and early September 2023. It targeted the deepest sinkhole in Lebanon Dara Cave/Sinkhole depth at 622 m bgs. The expedition had two main objectives (which are in agreement with the Statutes and Code of Ethics of the UIS): The first is to protect the cave through documentation; the second objective is to provide the resources for local cavers to continue documenting the cave. In spite of various setbacks, from sickness to injuries, biological sampling, speleothem sampling, photogrammetry and lidar, along with photography and filming, where conducted. The first look at the biological sampling shows possible new species discovered such as *Spirostreptus millipede*. All the collective equipment used in the expedition including more than 800 m of rope where left to the local community to continue exploring and documenting the cave along with a Nicola Cave Radio which was donated by British Cave Rescue Council (BCRC). The team leader concluded the expedition in a meeting with the head of the Mtein Municipality where the cave is located and both agreed that a public presentation should be held outlying the importance of the cave and its ecosystem.

## Résumé

Financée par l'ISU, FSE, Ghar Parau et le NSS, l'expédition DEEP23 a eu lieu fin Août et début Septembre. Il visait le gouffre le plus profond du Liban Dara, à une profondeur de 622 m. L'expédition avait deux objectifs principaux, qui sont en accord avec les Statuts et le Code d'éthique de l'ISU. Le premier est de protéger la grotte grâce à une documentation et le deuxième objectif est de fournir aux spelologue locales les ressources nécessaires pour continuer à documenter la gouffre. Malgré les revers de la maladie est blessures, l'échantillonnage biologique, l'échantillonnage de spéléothèmes, la photogrammétrie et le lidar ainsi que la photographie et le tournage ont été effectués. Le premier aperçu de l'échantillonnage biologique montre que de nouvelles espèces pourraient être découvertes. Tout l'équipement collectif utilisé lors de l'expédition, y compris plus de 800 m de corde, a été laissé à la communauté locale pour continuer l'exploration et la documentation de la grotte, ainsi qu'une Nicola Cave Radio. Le chef d'équipe a conclu l'expédition par une réunion avec le chef de la municipalité de Mtein où se trouve la gouffre et tous deux ont convenu qu'une présentation publique devrait avoir lieu pour souligner l'importance de la grotte et de son écosystème.

## 1. Introduction

The DEEP23 (Dara Expedition for Exploration and Protection 2023) was conducted in late August through early September of 2023. It targeted Dara Cave/sinkhole, the deepest sinkhole in Lebanon, depth estimated at 622 m.

Lebanon (total area about 10,425 km<sup>2</sup>) has approximately 65% of the land surface covered with carbonate rocks that are highly karstified. More than 700 caves are documented, with the deepest being the Dara Cave. The Dara Cave has long been known to local shepherds and hunters as Houet el Hamam, or "the pigeon sinkhole." It was identified and explored by cavers in 1955 when its presence was made known to Sami Karkabi (Hakim 1988), one of the founding fathers of the Spéléo Club du Liban (SCL).

Its entrance is located in the highlands of Central Mount Lebanon (Figure 1) in the village of Mtein, at an elevation of approximately 1600 m asl (metre above sea level). The cave has developed in 170-million-year-old Jurassic rock, though is likely to be much younger than the rock that encloses it and probably originates in the Miocene period during which the uplift of the Lebanese mountains was initiated. A seasonal river flows into Dara Cave. It collects water from the high mountains of Zaarour area (highest elevation around 2000 m asl) and Tarshish area (highest elevation at 1850 m asl). This seasonal river makes the cave inaccessible in winter and most of the spring. Even when the cave is accessible, almost every pitch ends in a pool of cold water with a temperature of 6°C. When this is combined with an ambient air temperature of 7°C it is near impossible for cavers to stay warm and dry while exploring and therefore make its exploration challenging.

The total length of the cave is approximately 3.5 km, with the longest drop at 116 m located close to the entrance. Most pitches are between 30-40 m deep (Figure 3). At the lowermost of the cave, an underground river is present. The underground river emerges from two sumps to the east and joins just before the junction with the last drop. The combined stream flows westward approximately 300 m before bending 90 degrees toward the south to reach the terminal sump that marks the downstream end of the known cave (Figure 2). At the 90-degree bend before the sump, a small tight dry passage extends about 250 m east.

The hydrology of the cave and its significance in the broader region has been investigated through a series of tracer tests that have been conducted since the mid 1960's (Labaki 2005). They all showed that it is hydro-geologically linked to major springs along the coast including Jeita spring, Kassarat Spring and Daychounieh Spring located at around 100 m asl (Figure 1).

Funded by the IUS (International Union of speleology), FSE (European Speleological Federation) and Ghar Parau and NSS (National Speleological Society), the expedition had two main objectives, which are in agreement with the Statutes, and Code of Ethics of the UIS. The first and the main one is to protect the cave through documentation making a case for its protection to local communities, municipalities, and the government. The second objective is to work with the local community to help provide resources and expertise to create sustainable methods to protect, explore and study Dara Cave and other caves.

## 2. Expedition Summary

Cavers from Lebanon, Canada, USA, Armenia, and England joined forces to accomplish the objectives of this expedition. The expedition started on August 21, 2023 and lasted for two weeks. The Lebanese team started rigging one week prior to that date and they reached camp zero at 200 m bgs (metre below ground surface). A week later the team reached the bottom of the sinkhole and documentation began.

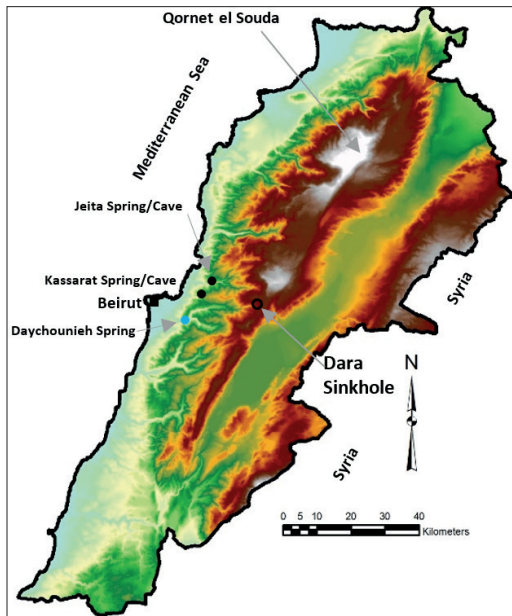


Figure 1: Location of Lebanon and Dara Sinkhole in central Mount Lebanon

There were many setbacks during the expedition. Upon arrival, part of the American team became sick and only 2 cavers could join the expedition in the first week. This increased to 4 cavers the following week.

An accident occurred on the August 21, 2023, at around 250 m bgs. While following the rigger with bags, one of the natural rig points broke

## 3. Preliminary Results

The collective equipment bought or donated by UIS, NSS, FSE and members will be left to local cavers to continue documenting Dara Cave and other caves in Lebanon. This will help the local cavers and the local communities in Lebanon to document and protect this fragile environment. Not only because it is the source of water for the local communities, but also because it keeps our environment in balance.

More than 800 m of rope, 100 carabineers, slings, cave bags and many more but most importantly the donation of the cave phone known as the Nicola Cave Radio by BCRC (British cave rescue council) to the local cavers. The radio was used during the Dara expedition between the surface and Camp zero at a depth of around 200 m. The hard Jurassic limestone rocks provided a good medium which allows great connection to that depth. This will not only help with caving expeditions but also provide important asset in case of a cave rescue.

To understand the geological history of the cave and its relation to the geological history and development of the Lebanese mountains, speleothems were collected from various levels in the cave. Two were collected from Camp 1 at 300 m depth and one from the surface (Figure 4). By studying these speleothems and assessing their age we will be able to shed some light and provide important clues on how the cave was formed. Was the underground river present before the connection to the surface through the Dara Cave or was the underground river/horizontal cave at the bottom developed simultaneously with the sinkhole.

as a large rock dislodged from its place. Samir Akil fell 3 m injuring his back. Fortunately, he stayed attached to the rope. Under his will power and strength (Figure 3), he managed to climb back to the surface. He was injured but recovered quickly after a week. The DEEP23 team had lost one of its strongest Lebanese members. He is now back caving.

On August 26, during the long trip to the bottom of the cave to collect biological samples and establish the bottom camp, Minor Yoshida twisted her ankle on the second drop and was out of commission for the last week. Similarly, John Helm also injured one of his legs and was out of commission for the last week.

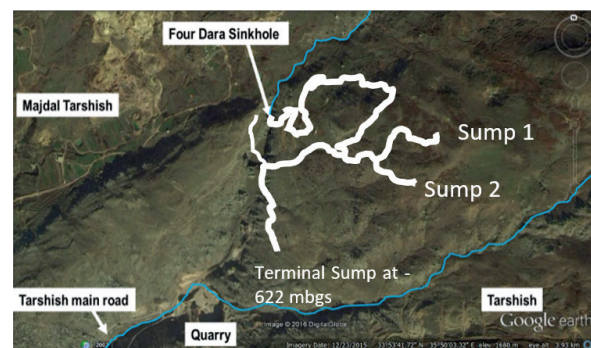


Figure 2: Aerial imagery showing the location of the entrance of Dara Cave, the extent of the cave overlain (shown in white), the river draining into it, the doline next to it, and the quarry locations in the east and south of the entrance.

With all the setbacks the expedition achieved most of its goals and the team leader concluded the expedition with a meeting with head of the Mtein Municipality and they agreed that a public presentation should be held outlying the importance of the cave and its ecosystem to the community; however, war broke in Lebanon and the presentation is yet to be done and exploration and sampling yet to be completed.



Figure 3: Samir Akil a member of the DEEP23 expedition ascending the first drop after his accident and it is the place where photogrammetry was conducted as shown in Figure 7.

These speleothems await an international sponsor/scientist to work on dating and analyzing them, as the equipment to do so is not available in Lebanon. The results can be linked to the speleothems that have already been studied in Kassarat cave and Jeita cave (Karanouh 2014) as they are part of the same karstic network. This will help us understand the recent geological environmental and tectonic history of Lebanon and the area from Miocene to the present and advance the studies of the evolution of the Lebanese mountains.



**Figure 4:** Examples of crustaceans, centipedes and spiders from the underground river in Dara Cave.

In biospeleology, samples of animal species were collected from various levels in the Dara Cave. This was the first real attempt to sample a cave systematically in Lebanon for biological assessment. Samples were collected from four levels: 1- from the bottom of the cave in the underground river. 2- from Camp 2 at 400 m bgs. 3- from Camp 1 at 300 m bgs: from Camp 0 at 200 m. 4- from the entrance section

This allowed the verification that Dara Cave is rich in troglobites most likely new species especially adapted to the Lebanese caves. Lebanon is within South West Asia, the hub for different biological species from Asia, Africa and Europe (Benda et al. 2016). This mixing is occurring since the emergence of the Lebanese mountains in the Miocene. It is believed that new species, showing the evolutionary trends in the area, are present in this cave. Figure 5 shows some of the examples found in the Dara Cave, including stygobites which were also identified in Jeita and Kassarat cave, but never studied in depth.

The *Spirostreptus millipede* was found at the bottom. This could be a new species for the area. Many types of crickets and spiders were



**Figure 5:** Examples of troglobite including, top right stygobites, top left *Spirostreptus millipede* and bottom left and right spiders from the underground river in Dara Cave.

Photogrammetry and LIDAR were conducted from the entrance to Camp 0. Figure 7 presents an example from the entrance section. The plan was to map the underground river section at the bottom of the cave and present it to the local community. Because of the lack of human resources at the end of the expedition (sickness, injuries and fatigue) as outlined previously, it was not possible to map that section. However, the entrance and camp zero imagery outlined how beautiful this cave is. Hopefully, when it is presented to the local authorities, they will no longer need to imagine what the cave looks like and strive to protect it.



**Figure 6:** Leech or slug looking creature swimming in a shallow pool at the bottom of the cave at the underground river.

As with many cave expeditions, 100s of photographs and movies were taken and they are all stored with the local cavers for use in educating the public on the importance of this cave and the need for its protection. A film surrounding this cave and this expedition is being prepared by Wael Karanouh that will also help in exposing the beauty and importance of this cave.

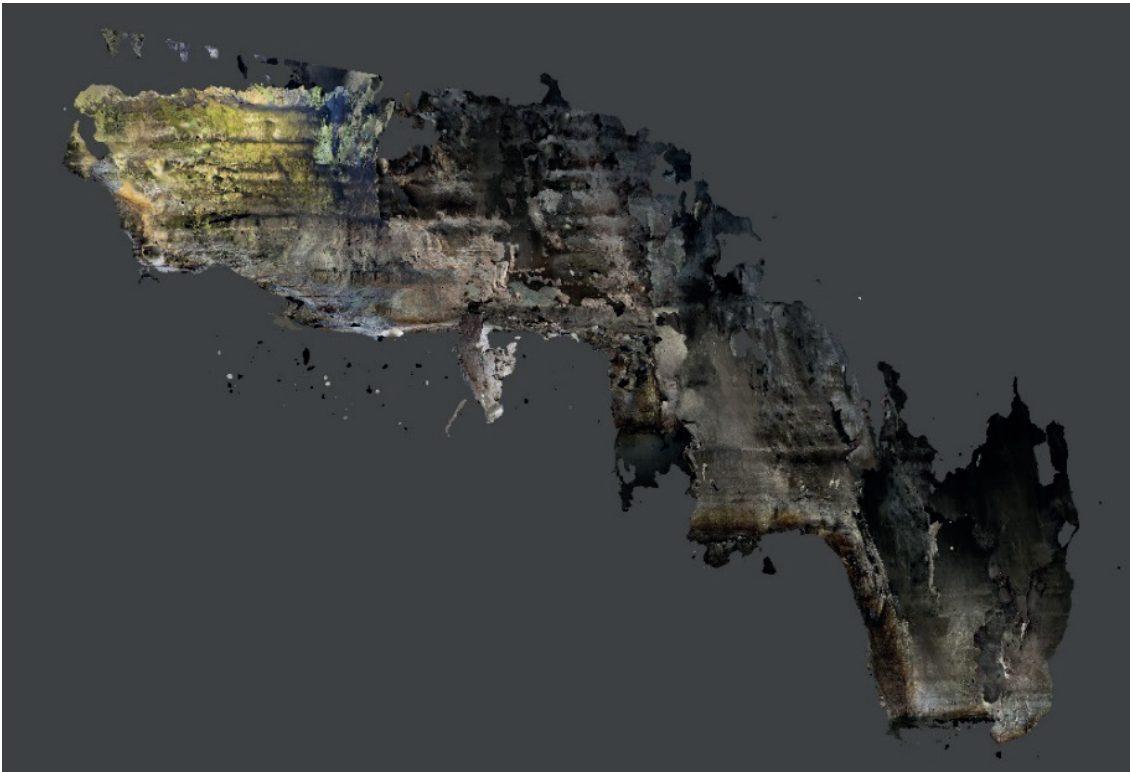


Figure 7: Profile image from photogrammetry of main entrance to 1st drop, data collected 23 Aug 2023.

## 4. Conclusion

Documentation of this cave through biological sampling, speleothem sampling, photogrammetry/lidar, photography and filming helped in exposing the beauty and significance of this cave, not only to the caving community but most importantly to the local community in a bid for its protection. Showing the cave hydrogeological importance as it's the source of water for many local communities along the coast including

the capital Beirut. The cave is a unique ecosystem in Lebanon for many species especially being the meeting ground of three continents Asia, Africa, and Europe. It can also be a source for a good ecotourism site. The donation of the caving equipment and the cave radio also provided resources to local cavers to continue exploring and documenting this cave and others in Lebanon.

## Acknowledgments

The authors are grateful to all the sponsors and everyone who participated in this expedition including Samir Akil, Wael Karanouh, Justin Roosenmaallen, Khajag Nazarian, Emma Porter, Mike Clayton, Paulina Biela, Bartek Biela, John Helm, Knutt Peterson, Michael Moffitt, Minori Yoshida, Erin Lynch and Alex Seaton. I would like also to thank Geroge

Veni, Devra Hayer, and Mounier Abi Sayied for supporting our biological sampling. Last but not least Rena Karanouh, Kira Bou Jaoude (who helped in the French translation of the abstract) and Tarin Bou Jaoude for their unconditional support.

## References

BENDA P., ABI SAID M., BOU JAOUDE I., KARANOUH R., LUCAN R., SADEK R., ŠEVČIK M., UHRIN M., & HORACEK I., (2016) Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 13. Review of distribution and ectoparasites of bats in Lebanon. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 80: 207–316.

HAKIM B. (1988) Colorations du Gouffre De Fouar Ain ed Dara et Grotte Des Kassarat (Caza du Metn Nord-liban. *Ouat' Ouate* 3, 18-28. *Out Ouate*, 1992-1993 Le Gouffre De Fouar Ain ed Dara (Expedition Liban – 1992) *Ouat' Ouate* 7-8 : 25-29.

KARANOUH, R., 2014 Low resolution paleoclimate reconstruction, from stable isotope analysis of two speleothems from the El-Kassarar and Rahwe caves, in Lebanon, Ms. Thesis, American University of Beirut, Lebanon.

LABAKI W., 2005 Semi-Quantitative Description of a Dye tracing Experiment in the Fouar Antleias Drainage Basin. *Ouat' Ouate* 13: 27-30.

# Wonderful cave world children's drawing competition

Ibolya Lénárt (1), Gyula Hegedűs (2)

(1) Speleo Myotis Barlangkutató, Természetjáró és Természetvédő Egyesület, H-2234 Maglód, Luther Márton u. 90., Hungary, email: ibolyalenart@gmail.com

(2) Hungarian Speleological Society, H-2092 Budakeszi, Makkosi út 57-59., Hungary, email: hegedusgyula@t-online.hu (corresponding author)

## Abstract

The idea of the Wonderful Cave World children's drawing contest was formulated in 2013 as part of environmental education. Since then, the caver group of Speleo Myotis has announced its free national drawing competition every year. The competition is aimed at students aged 7-12 living in Hungary. At first, our topics dealt with caves in general, «the depiction of caves, their wildlife, stalactites, protection and the cavers who research them», later the description changed every year. There was a year when the children populated the cave with creatures of their imagination, sometimes they drew the caves and cave explorers of distant galaxies, but comic books were also made about the adventures of the little bat. Hundreds of works are received every year, and we organize a ceremonial exhibition opening and then a traveling exhibition of the best of them, and with the help of our sponsors, we surprise the winners with gifts related to caves and nature, as well as a crawling-climbing cave tour, in which they participate with members of our association. Our goal is to raise awareness, to introduce and protect the caves and their living world, and to encourage creative activity. Every year, the Hungarian caving community waits with interest for the new works, and every year they are amazed at how colorful, diverse and imaginative the exhibited works are, how many talented children we managed to reach. During the presentation of our poster, we would like to give you a taste of these wonderful, interesting and funny drawings, paintings and graphics.

We prefer poster presentation.

# From the Cave to the Classroom: A Place-Based Interdisciplinary Educational Proposal

Daniel de Stefano Menin (1), Denise De La Corte Bacci (2)

(1) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), Rua do Lago, 562, Butantã, São Paulo, São Paulo, Brasil, danielmenin@gmail.com  
(2) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), Rua do Lago, 562, Butantã, São Paulo, São Paulo, Brasil, bacci@usp.br

## Abstract

This article presents a Phd research conducted between 2020 and 2024 in the speleological region of Alto do Ribeira, in the southwest of Brazil. The study involved four public schools located near conservation units with a high occurrence of caves. A speleological inventory was developed using a collaborative method to qualify caves for educational and geoconservation purposes. Based on the collected data, a teaching program was created using caves as a place-based generating theme. The work was aimed at basic education teachers and students, especially those in the 7th, 8th, and 9th grades. The program included educational materials and practical activities, linking the theme of caves to national curriculum guidelines. During the implementation, questionnaires were administered to evaluate the process. The results indicate that caves are a valuable resource for re-signifying curricular content, integrating different disciplines, and strengthening the connection between students, teachers, and the environment to which they belong.

## Résumé

Cet article présente une recherche doctorale menée entre 2020 et 2024 dans la région spéléologique d'Alto do Ribeira, dans le sud-ouest du Brésil. L'étude a impliqué quatre écoles publiques situées à proximité d'unités de conservation avec une forte occurrence de grottes. Un inventaire spéléologique a été élaboré à l'aide d'une méthode collaborative afin de qualifier les grottes pour des usages éducatifs et de géoconservation. Sur la base des données collectées, un programme pédagogique a été conçu en utilisant les grottes comme thème générateur basé sur le lieu. Le travail était destiné aux enseignants et aux élèves de l'enseignement fondamental, en particulier ceux des 7<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> années. Le programme comprenait des supports éducatifs et des activités pratiques, reliant le thème des grottes aux directives du programme national. Lors de la mise en œuvre, des questionnaires ont été administrés pour évaluer le processus. Les résultats indiquent que les grottes constituent une ressource précieuse pour redéfinir le contenu des programmes scolaires, intégrer différentes disciplines et renforcer la connexion entre les élèves, les enseignants et l'environnement auquel ils appartiennent.

## Resumo

Este artigo apresenta uma pesquisa de doutorado realizada entre 2020 e 2024 na região espeleológica do Alto do Ribeira, no sudoeste do Brasil. O estudo envolveu quatro escolas públicas localizadas nas proximidades de unidades de conservação com uma alta ocorrência de cavernas. Um inventário espeleológico foi elaborado utilizando um método colaborativo para qualificar as cavernas para usos educativos e de geoconservação. Com base nos dados coletados, um programa pedagógico foi desenvolvido utilizando as cavernas como tema gerador baseado no lugar. O trabalho foi destinado aos professores e alunos do ensino fundamental, especialmente das 7<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> e 9<sup>a</sup> séries. O programa incluía materiais educativos e atividades práticas, conectando o tema das cavernas às diretrizes do currículo nacional. Durante a implementação, questionários foram aplicados para avaliar o processo. Os resultados indicam que as cavernas constituem um recurso valioso para redefinir o conteúdo dos programas escolares, integrar diferentes disciplinas e fortalecer a conexão entre alunos, professores e o ambiente ao qual pertencem.

## 1. Introduction

Throughout history, the survival of civilizations has always depended on nature and its resources. However, climate change has intensified migration flows and impacted various regions, including Brazil (NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al., 2010; STEWART e STRINGER, 2012; ARAUJO e PILÓ, 2003; 2017). During industrial expansion, an anthropocentric view of nature prevailed, but since the 1970s, ecological concerns and debates on sustainable development and environmental conservation have grown (BUENO, 2008; MCDONOUGH e BRAUNGART, 2010).

Despite theoretical advancements, the practical application of these concepts in education remains limited. The study presented is part of a doctoral project conducted at the Institute of Geosciences at

USP (2020-2024) and investigates the potential of caves as an interdisciplinary generating theme in basic education. The research aimed to strengthen the sense of place, knowledge appropriation, and territory valuation, contributing to more meaningful learning (Kakazian, 2005; Santangelo e Bramanti, 2006).

Despite challenges such as the pandemic and changes in São Paulo's educational policy, the study achieved its main objectives: (a) developing a mechanism for cave inventory and qualification for educational use and geoconservation, (b) implementing an interdisciplinary educational proposal in public schools, (c) creating place-based educational materials, and (d) evaluating the impacts on learning and the national curriculum.

### 1.1. Study Area

The Alto do Ribeira region was chosen for this research due to its rich speleological heritage, the need for local community involvement in geoconservation, and the opportunity to integrate caves as an interdisciplinary theme in elementary education. The region, located in southwest São Paulo, includes several conservation units such as PETAR, PECD, PEI, and CB, known for their high concentration of caves and biodiversity, hosting 22% of Brazil's remaining Atlantic Forest.

In addition to its ecological importance, the region is a hub for nature and cultural tourism, with speleotourism serving as a key economic

activity (Novaes, 2022; da Silva et al., 2021). Despite numerous scientific studies, geological heritage information remains largely confined to technical communities, and local schools lack programs that connect students with their environment (Ferreira et al., 2018; Santos, 2019). This gap is particularly concerning given the region's low Human Development Index (HDI) (Gonçalves e Souza, 2001).

Aligned with global sustainability initiatives, such as the 2030 Agenda and Brazil's National Speleological Conservation Program, the study highlights the need for geoconservation education strategies that promote environmental awareness, local heritage appreciation, and scientific engagement

## 2. Materials and methods

The realization of this research was organized into four main stages: (A) literature review, (B) outlining an educational proposal, (C) development of the educational proposal in schools, and (D) data collection and analysis of the results. At each stage, the main scientific outputs were

published in national and international journals related to the topic, articles that complement this paper and are referenced throughout the document.

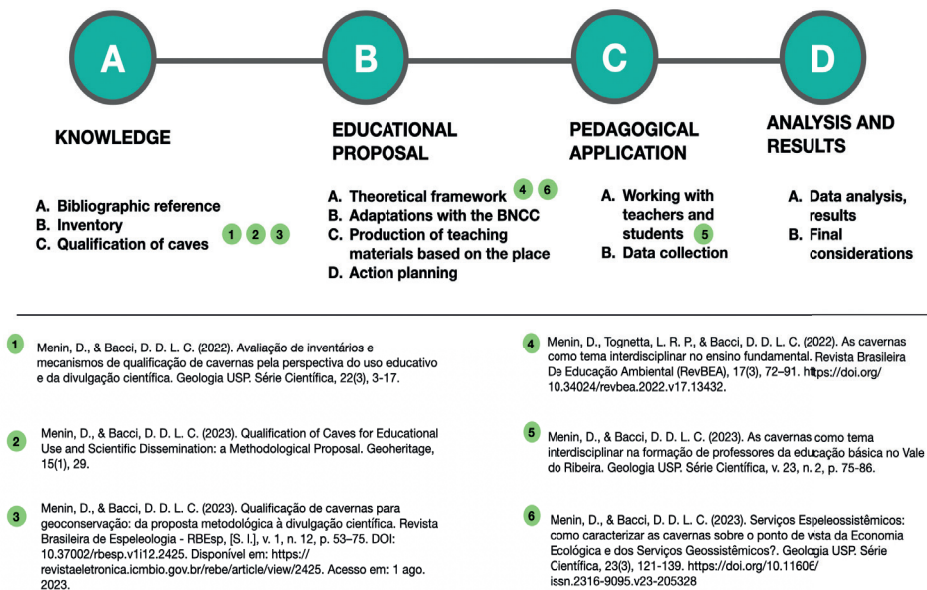


Figure 1: Structure of the research presented in this document, highlighting the four main stages carried out and the references to the published articles.

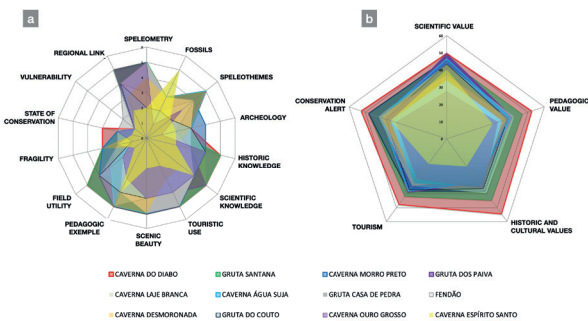


Figure 2: Averages obtained for each cave in relation to the 14 evaluated criteria (a) and weighted averages for each cave in relation to the Speleological Values and the Conservation Alert (b).



Figure 3: Examples of some place-based teaching materials created from data in the inventory. Above left, a panel with an interdisciplinary map of Devil's Cave. On the left, a collection of books about the main caves in the region, with maps, points of interest, photos, and geological information. Below left, one of the hundreds of photographs taken throughout the project that illustrate all the teaching material.

### 3. Discussions and Results

The present project addressed different stages of geoconservation strategies, focusing on knowledge, communication, and dissemination. The Inventory and the Cave Qualification Mechanism developed are linked to the diagnostic phase, while the pedagogical materials and the educational proposal contribute to the appreciation and dissemination of the speleological heritage.

**Profile and Involvement of Teachers:** 41 teachers participated, mostly women (82.9%), over 40 years old (56.1%), and with over a decade of experience in basic education (61%). The most represented subjects were Geography, Natural Sciences, Mathematics, and History. Although 65% reported active participation, 29% wished they had been more involved, citing lack of time and educational policies as obstacles.

**Results on Sense of Place and Contextualized Education:** Teachers' understanding of speleological heritage significantly improved, rising from 56% with average knowledge to 61.9% with good or excellent knowledge. Student engagement also grew: initially, 70% showed little or no interest in local caves, but by the end, 95% were moderately or highly engaged. Teachers noted that 80.9% of students actively engaged with the topic, suggesting a significant impact on recognizing the region's natural wealth.

**Results on Interdisciplinarity:** 95.3% of teachers identified opportunities to address caves in their subjects, demonstrating their high interdisciplinary potential. Furthermore, most found connections between their area and others, reinforcing the theme's applicability in the school curriculum and public educational guidelines (BNCC and

the Paulista Curriculum).

**Resources and Results of Final Presentations:** The culminating events analyzed different aspects, such as the resources used by students, the areas of knowledge addressed, and the level of interdisciplinary connection. The main resources used were displays, scenes, and models. The presentations covered a wide range of subjects, including History, Geography, Social Sciences, Tourism, Biology, Chemistry, and Physical Education. The analysis of knowledge areas highlighted the significant presence of arts, biology, and physical geography. Additionally, about 60% of the projects directly addressed geoconservation and geodiversity, while topics like tourism, biodiversity, and sports were also common. In 80% of the schools, more than one teacher was involved, reinforcing the interdisciplinary nature of the project.

The observation of final projects revealed that all presented examples from the local context, and 40% explicitly recognized the importance of place for students. Additionally, 80% of the projects valued the region, although only 20% connected this sense of belonging to environmental values.

**Challenges Encountered:** The main barriers to implementing the CIET Project in public schools included lack of time, changes in educational policies, curriculum standardization, and communication difficulties among teachers. The continuity of the project will depend on the engagement of school leaders committed to contextualized education.

### 4. Conclusion

The research revealed that the participating teachers are experienced and represent various fields of knowledge, although topics such as place-based education and interdisciplinarity are still not common practices in schools. In the field of Geoconservation, the project addressed all the proposed stages and objectives, with a positive impact on students' understanding of the subject. The educational proposal (PECI) helped promote the recognition and appreciation of the place, with many students using local examples in their work. The integration of caves into the school curriculum favored the connection between disciplines and the development of creativity.

Despite the lack of resources in some schools, students overcame difficulties with enthusiasm and material adaptation. The project reinfor-

ced the appreciation of nature and critical reflection on environmental issues, aligning with national policies and stimulating ongoing education for teachers. The school administration demonstrated commitment to the project, and the coordinating teacher played a key role in leadership and interdisciplinary integration.

The main challenges included changes in educational policy, lack of time, and ineffective communication. Despite these, the project was successful in 2023, but its continuity will depend on maintaining support and commitment from school management. The educational proposal redefined traditional teaching, sparking students' interest and promoting the practical and engaging construction of new knowledge.

### 5. References

- ARAÚJO, A. G., NEVES, W. A., PILÓ, L. B., 2003, Eventos de seca no Holoceno e suas implicações no povoamento pré-histórico do Brasil Central, in Anais, IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife, 2003, CD-ROM.
- ARAÚJO, A. G. D. M., PILÓ, L. B., 2017, Towards the development of a tropical geoarchaeology: Lagoa Santa as an emblematic case study: Archaeological and paleontological research in Lagoa Santa: The quest for the First Americans, p. 373-391.
- BUENO, S. L. D. S., SHIMIZU, R. M., MORAES, J. C. B., 2016, A remarkable anomuran: the taxon *Aegla* Leach, 1820, in Taxonomic remarks, distribution, biology, diversity and conservation. A global overview of the conservation of freshwater decapod crustaceans, p. 23-64.
- DA SILVA, J. F., GOMES, B. M. A., DE FARIA, A. C. V., 2021, Turismo de Base Comunitária em Remanescentes de Quilombos: uma análise das comunidades do Vale Do Ribeira, São Paulo, Brasil: RICIT: Revista Turismo, Desarrollo y Buen Vivir, no. 15, p. 50-65.
- DA SILVA, R. L. F., CAMPINA, N. N., 2011, Concepções de educação ambiental na mídia e em práticas escolares: contribuições de uma tipologia: Pesquisa em educação ambiental, v. 6, no. 1, p. 29-46.
- DA SILVA LIMA, A. C., & DE AZEVEDO, C. B., 2013, A interdisciplinaridade no Brasil e o ensino de história: um diálogo possível: Revista educação e linguagens, v. 2, no. 3, p. 128-150.
- DA SILVA, M. L. N., MANSUR, K. L., DO NASCIMENTO, M. A. L., 2018, Serviços ecossistêmicos da natureza e sua aplicação nos estudos da geodiversidade: uma revisão: Anuário do Instituto de Geociências, IGeo/UFRJ, v. 4, no. 2, p. 699-709, [https://doi.org/10.11137/2018\\_2\\_699\\_709](https://doi.org/10.11137/2018_2_699_709)
- FERREIRA, R. L., BERNARD, E., DA CRUZ JÚNIOR, F. W., PILÓ, L. B., CALUX, A., SOUZA-SILVA, M., ... & FRICK, W. F. (2022). Brazilian cave heritage under siege. *Science*, 375(6586), 1238-1239.
- GONÇALVES, P. W. et al., 2024, Reflexão sobre duas décadas do grupo de pesquisa colaborativa na formação de professores de Geociências: Interdisciplinaridade e Ciência do Sistema Terra: Terræ Didática, v. 20, p. e024002-e024002.

- KAKAZIAN, T., 2005, Haverá a idade das coisas leves [tradução de E. R. R. Heneault]: São Paulo, Editora Senac.
- MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M., 2010, *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*: Nova York, North point press.
- MENIN, D. D. S., BACCI, D. D. L. C., 2023, Serviços Espeleossistêmicos: como caracterizar as cavernas sobre o ponto de vista da Economia Ecológica e dos Serviços Geossistêmicos? *Geologia USP, Série Científica*, v. 23, no. 3, p. 121-139.
- MENIN, D. S., BACCI, D. C., 2023, Qualification of Caves for Educational Use and Scientific Dissemination: a Methodological Proposal: *Geoheritage*, v. 15, no. 1, p. 29, <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00789-x>.
- MENIN, D. S., BACCI, D. C., 2022, Avaliação de inventários e mecanismos de qualificação de cavernas pela perspectiva do uso educativo e da divulgação científica: *Geologia USP, Série Científica*, v. 22, no. 3, p. 3-17, <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v22-184311>.
- MENIN, D. S., TOGNETTA, L. R. P., BACCI, D. C., 2022, As cavernas como tema interdisciplinar no ensino fundamental: *Revista Brasileira De Educação Ambiental RevBEA*, v. 17, no. 3, p. 72-91, <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.13432>.
- MENIN, D. S. D., 2021, Cavernas, Educação e Comunicação Científica: Uma proposta metodológica: *Boletim Eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia*, ed. 425, p. 36-39, [https://www.cavernas.org.br/sbe\\_noticias/sbe-noticias-425/](https://www.cavernas.org.br/sbe_noticias/sbe-noticias-425/).
- MENIN, D.S., TOGNETTA, L.R.P., 2019, *Dizem que toda caverna é assim...*, Literatura infanto-juvenil: Americana, SP: Adonis.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al., 2010, *Understanding climate's influence on human evolution: Life Studies*, Board on Earth Sciences, & Committee on the Earth System Context for Hominin Evolution.
- NOVAES, H. T., 2022, Entidades de apoio e comunidades quilombolas: análise sobre o circuito quilombola de turismo comunitário do Vale do Ribeira: Editora Oficina Universitária.
- SANTANGELO, G., BRAMANTI, L., 2006, September, *Ecology through time, an overview: Rivista Di Biologia Biology Forum*, v. 99, no. 3, p. 395.
- SANTOS, P. L. A., 2019, Patrimônio Geológico na área do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, PETAR, Vale do Ribeira, SP – Brasil: a capacidade de carga na definição de estratégias de gestão para o uso público de sítios geológicos [Tese de Doutorado]: Lisboa, Universidade do Minho, <https://hdl.handle.net/1822/77857> (acessado Junho 2023).
- STEWART, I. S., NIELD, T., 2013, Earth stories: context and narrative in the communication of popular geoscience: *Proceedings of the Geologists' Association*, v. 124, no. 4, p. 699-712, <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.08.008>. Accessed 20 September 2020. <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15063>.
- WILLIAMS, P. (2008). *World heritage caves and karst*. Gland: IUCN, 57p. <https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/cavesandkars-twh.pdf>. Accessed 07 October 2021.
- WOO, K. S., & KIM, L. (2018). *Geoheritage Evaluation of Caves in Korea: A Case Study of Limestone Caves*. In *Geoheritage* (pp. 373-386). Elsevier.
- ZANDVLIET, D.B. (2012). Development and validation of the Place-Based Learning and Constructivist Environment Survey (PLACES). *Learning Environ Res* (2012) 15:125–140. Springer.
- ZOGBI, L A (2005). *Ressurgência das Areias das Águas Quentes*. Revista Quebra-Corpo, N.12. Grupo Pierre Martin de Espeleologia.

# Cartilhas didáticas: ferramentas essenciais para divulgação espeleológica

Bruna Oliveira Meyes (1), Mariana Barbosa Timo (2), Luiz Afonso V. Figueiredo (3),  
Christiane R. Donato (4), Icaro Assis (5)

(1) Membro da Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe-SBE) e do Grupo de Espeleologia Serra da Bodoquena (GESB). brunadeoliveira108@gmail.com

(2) Coordenadora da Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe-SBE). ebre@cavernas.org.br

(3) Membro da Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe-SBE), do Grupo Estudos Ambientais da Serra do Mar (GESMAR) e da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). figueiredo.afonso61@gmail.com

(4) Membro da Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe-SBE), da Sociedade Nordestina de Espeleologia (Espeleonordeste) e da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Coordenadora da EduCarste. christianecrd@yahoo.com.br

(5) Membro da Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe-SBE) e do Laboratório de Estudos Hidrogeológicos (LEHID) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). icaro\_assis@outlook.com

## Resumo

Este artigo tem como objetivo descrever o processo de criação de cartilhas educativas voltadas ao público infantojuvenil. O material foi desenvolvido pela Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe), seção da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), com o propósito de divulgar a Espeleologia por meio de ações de educação ambiental. As cartilhas foram elaboradas por membros do Grupo de Trabalho (GT), baseando-se em teorias e metodologias que estimulam a aprendizagem lúdica e interativa. Duas versões foram produzidas para diferentes faixas etárias: uma destinada a crianças de 6 a 10 anos e outra para crianças e adolescentes a partir de 10 anos. O conteúdo aborda temas científicos como Geologia, Paleontologia, Arqueologia e Biologia, além de noções de segurança em cavernas. Distribuídas em escolas e eventos, as cartilhas receberam feedback positivo por facilitar o ensino e engajar os estudantes. A análise do retorno obtido indica sua eficácia na divulgação científica e na educação ambiental, sugerindo o alcance positivo do público alvo.

## Abstract

This article aims to describe the process of creating educational booklets designed for children and teenagers. The material was developed by the Brazilian School of Speleology (eBRe), a section of the Brazilian Society of Speleology (SBE), with the purpose of promoting Speleology through environmental education initiatives. The booklets were created by members of the Working Group (GT), based on theories and methodologies that encourage playful and interactive learning. Two versions were produced for different age groups: one for children aged 6 to 10 and another for children and teenagers aged 10 and older. The content covers scientific topics such as Geology, Paleontology, Archaeology, and Biology, as well as cave safety guidelines. Distributed in schools and events, the booklets received positive feedback for facilitating learning and student engagement. The analysis of the feedback indicates their effectiveness in scientific dissemination and environmental education, suggesting a positive reach within the target audience.

## 1. Introdução

A Escola Brasileira de Espeleologia (eBRe) é um espaço pedagógico vinculado à Seção de Educação e Formação Espeleológica (SEFE) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). A origem da SEFE remonta o ano de 1992, quando se chamava Seção de Educação Ambiental (SEA), e se associa a emergência mundial da temática da educação ambiental, que levou ao desenvolvimento de propostas e diretrizes para um programa nacional de formação espeleológica (FIGUEIREDO, 1994; 1997). Sua atuação foi consolidada nos anos 2000, com a realização de workshops específicos para a discussão e elaboração de orientações, critérios e planos para a implantação de uma escola e de cursos para a formação de espeleólogos no Brasil. A criação da eBRe ocorre oficialmente em 2007, e o início de seus trabalhos formativos vão ocorrer apenas em 2019 (TIMO et al., 2019; 2022).

A eBRe é responsável por produzir e atualizar documentações de apoio às ações de formação e divulgação da espeleologia no âmbito nacional. A Escola é constituída por Membros Colaboradores, que preferencialmente sejam associados à Sociedade Brasileira de Espeleologia

(SBE), e que trabalham de maneira voluntária. Desse modo, a fim de promover a melhoria da difusão e divulgação de processos formativos para a educação ambiental e patrimonial, é fundamental a elaboração de recursos didáticos pertinentes à Espeleologia, que possam ser utilizados em escolas e outros espaços educativos em âmbito nacional.

Materiais didáticos são ferramentas utilizadas pelos docentes no processo de ensino e aprendizagem, que trazem elementos gráficos e lúdicos que facilitam a compreensão do aluno e tornam o aprendizado não só mais eficiente, como também mais prazeroso.

Nesse sentido, desde meados de julho de 2020, a partir de projetos inicialmente pensados para lançamento e distribuição pela gestão do Parque Estadual Caverna do Diabo (PECD), no Vale do Ribeira, estado de São Paulo, a eBRe trabalhou na elaboração de cartilhas didáticas para um público-alvo infantojuvenil. Para melhor abrangência do público-alvo, o trabalho foi subdividido em duas frentes, que conseguiram gerar duas cartilhas didáticas: uma para um público da faixa etária entre 6 e 10 anos, e outra para um público acima de 10 anos. Para esse projeto

foram convidados diversos profissionais, que, em um coletivo voluntário, pensaram e construíram roteiros de abordagem dos temas relacionados à Espeleologia, priorizando a linguagem específica para cada grupo alvo.

As cartilhas didáticas são uma importante ferramenta para divulgação científica, ao transmitir conceitos específicos utilizando linguagem acessível ao público em geral, priorizando: acessibilidade da informação, o engajamento do público, educação informal, promoção da alfabetização científica, fomento à curiosidade científica e a divulgação de pesquisas e descobertas. Acredita-se que se tenha alcançado materiais que dialogam com a realidade de muitos brasileiros, assim como tem potencial de ampla aplicação dentro da estrutura do sistema de ensino do país (BRASIL, 1996), podendo contribuir de forma efetiva para a disseminação da Espeleologia no seio da educação nacional, e para a consolidação da conscientização ambiental dos jovens brasileiros.

## 2. Materiais e método

A construção das cartilhas ocorreu de forma coletiva e, a partir da discussão dos conteúdos a serem tratados e do público alvo, foi definida qual a melhor linguagem a ser abordada em cada uma delas. O projeto das cartilhas foi estruturado em quatro etapas: 1) pesquisa dos conteúdos a serem abordados; 2) elaboração das cartilhas adequadas a faixas etárias diferentes; 3) distribuição das cartilhas e 4) envio do relatório das atividades realizadas pelos responsáveis pela distribuição.

Na primeira etapa, foi realizada uma pesquisa abrangente sobre materiais publicados sobre cavernas e carste voltados ao público-alvo da cartilha. Além disso, o projeto incluiu a capacitação de professores interessados pela temática, para análise das estratégias de abordagem empregadas. A idealização dos materiais didáticos baseou-se em uma estrutura de roteiro, que abordava temas informativos como meio cavernícola, fauna, segurança e exploração, Arqueologia e Paleontologia, todos ricos em ilustrações. Esses temas se alternavam com atividades interativas, sempre utilizando recursos lúdicos e criativos para despertar a curiosidade do público infantojuvenil.

Na elaboração das diferentes temáticas abordadas, especialistas das áreas foram consultados para concepção e/ou revisão dos roteiros e atividades propostos, assim como especialistas da área da educação foram convidados a composição do material, a fim de alinhar o escopo das cartilhas com conceitos didáticos e pedagógicos pertinentes ao público-alvo estabelecido. Sempre que possível, as propostas foram revisadas para que o pano de fundo da abordagem se referisse à realidade brasileira, nossas linguagens e culturas.

Ao longo de todo o processo de construção da cartilha, os envolvidos revisaram todo o conteúdo produzido, atentos à possibilidade de ocorrência de plágio ou duplicidade de informações. Utilizou-se como base para o levantamento das referências sobre educação ambiental em espeleologia o trabalho de Figueiredo e Silva Júnior (2019), entre outros autores (FERREIRA et al., 2008; DONATO, DANTAS, 2009, 2017; CUSTÓDIO et al., 2013; DONATO, 2018; DONATO et al., 2018; DONATO, OLIVEIRA, 2019; GOULART et al., 2019; MOMOLI, PINTO, 2019; PEREIRA, XAVIER, 2019).

Como o público infantojuvenil é bastante diverso, identificou-se a necessidade de desenvolver ao menos dois materiais distintos: um que seja acessível e interessante para crianças menores, e outro voltado para crianças maiores e adolescentes.

Para alcançar um público cada vez mais envolvido pelos recursos digitais, foram incluídos nas cartilhas elementos que facilitam o acesso aos conteúdos e atividades. Para acessar o vídeo explicativo referente a atividade foi inserido, QR Code, proporcionando acesso rápido ao aplicativo do YouTube. Por outro lado, também se valorizou as brincadeiras simbólicas, as produções conjuntas e atividades dinâmicas entre adultos e crianças. A definição dos títulos dos materiais teve como objetivo destacar, de forma clara, a temática central, evitando o uso de nomenclaturas já consagradas em outras iniciativas de divulgação

As cartilhas atendem às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2018), utilizando o ambiente cavernícola como um contexto envolvente para promover a educação ambiental no Ensino Fundamental, a partir de um olhar interdisciplinar. Ao associar a Espeleologia a temas como biodiversidade, formação geológica e impacto ambiental, as cartilhas incentivam a aprendizagem significativa, conectando o conhecimento teórico à realidade dos estudantes. Isso estimula o pensamento crítico, a conscientização sobre a conservação do patrimônio ambiental, e a responsabilidade socioambiental.

Portanto, o objetivo geral do projeto das cartilhas foi produzir, distribuir e aplicar materiais educativos voltados para o público infantojuvenil, com o intuito de divulgar a ciência espeleológica em escolas, unidades de conservação e outras instituições, por meio de ações de educação ambiental e patrimonial.

espeleológica, bem como termos que pudessem sugerir qualquer tipo de discriminação ou preconceito.

Após a definição das propostas dos materiais, estes foram encaminhados aos ilustradores, responsáveis pela criação dos desenhos e figuras, bem como as atividades interativas.

Também foi atribuída ao desenhista a criação dos personagens e paisagens personalizadas de uma das cartilhas. Em seguida, o material foi enviado para o diagramador para finalização dos livretos eletrônicos. Esclarecemos que os serviços de desenhista e diagramador foram remunerados com recursos financeiros proveniente de doação recebida pela SBE.

Após sua conclusão, os materiais foram publicados no site oficial da eBRe, e sua divulgação foi impulsionada por meio das redes sociais (grupos de WhatsApp, Instagram e Facebook). Durante eventos presenciais em que a eBRe participou, seus representantes realizaram atividades de distribuição de exemplares, incentivando seu uso e oferecendo suporte para o estudo e a estruturação das atividades a quem se interessasse. Com o objetivo de ampliar o alcance do material, a eBRe buscou, junto às instituições de direito público, recursos financeiros para a impressão, a fim de promover sua distribuição gratuita. Além de distribuir o material nas atividades em que a Escola participa, atualmente está em andamento, em parceria com diversas instituições, a organização de intervenções educacionais para a distribuição das cartilhas em diferentes locais do Brasil.

### Eventos de divulgação e aplicação da cartilha e livreto

A etapa de distribuição e divulgação das cartilhas iniciou com a finalização da cartilha intitulada "Você sabe o que é uma Caverna?", que foi disponibilizada para ser baixada gratuitamente pelo site da seção. Visando atingir um maior público em diferentes regiões do país, a coordenadora da Escola viabilizou junto à atual direção da SBE recursos financeiros oriundos de um Termo de Compromisso de Compensação Espeleológico, para ser possível a impressão de 10.000 exemplares, a serem distribuídos pelo país.

É desejo dos membros da eBRe e demais organizadores e colaboradores da cartilha que a mesma não seja distribuída de maneira aleatória, mas associada a atividades que abordem a temática da espeleologia, em escolas, unidades de conservação, museus, entre outros locais, sendo indispensável a presença de um responsável, que tenha o conhecimento dos temas abordados, para coordenar a atividade.

Para realizar a distribuição da cartilha "Você sabe o que é uma caverna?", foi divulgado um convite nos canais de comunicação da eBRe, SBE, mídias sociais e WhatsApp, convidando pessoas interessadas em promover a distribuição deste material a preencher um Google Forms. Após o fechamento do formulário, foi realizado um webinar, com o objetivo de apresentar o conteúdo da cartilha e tirar dúvidas dos participantes. Também foi apresentado aos participantes um Termo de Compromisso,

que autoriza a divulgação do material didático e estabelece os direitos e obrigações das instituições contempladas com a distribuição gratuita do material. Além disso, foi disponibilizado o modelo de relatório a ser enviado à Escola após a realização das atividades, a fim de possibilitar o controle da eBRE do comprometimento dos responsáveis pela distribuição, assim como colher feedbacks dos públicos atingidos.

Com a finalização da segunda cartilha, intitulada “Cavernantes Mi-

rins: manual espeleológico para grandes aventuras”, foram adotados os mesmos procedimentos de divulgação online. Contudo, a Escola detinha recursos financeiros limitados para a impressão deste novo material, tendo conseguido apenas um pequeno número de exemplares impressos (2.500) até o momento. Logo, por hora, a distribuição deste material irá priorizar atividades nos anos finais do ensino fundamental de escolas.

### 3. Resultados e discussões

A estrutura educacional escolar do país é organizada, dentro da Educação Básica obrigatória, no Ensino Fundamental, que é geralmente iniciado aos 6 anos de idade, e subdividido em duas categorias: anos iniciais, com a duração de cinco anos, geralmente abrangendo crianças entre 6 e 10 anos; e anos finais, com a duração de quatro anos, geralmente abrangendo crianças e adolescentes entre 11 e 14 anos (BRASIL, 2022). É digno de nota que é nessa etapa escolar que se concentra o maior alunado brasileiro (IBGE, 2023).

Considerando a pertinência da adequação das faixas etárias das cartilhas à organização escolar brasileira, foram definidas as faixas etárias: de 6 a 10 anos, visando abranger os anos iniciais do Ensino Fundamental; e de 10 a 14 anos, visando abranger os anos finais do Ensino Fundamental. É importante ressaltar que essa classificação etária não é um limitador, mas sim uma recomendação oportuna no contexto escolar brasileiro. Os materiais podem e devem ser utilizados fora dessas definições da estrutura escolar. Por esse motivo, inclusive, a divulgação aborda a segunda cartilha didática como voltada a um público acima de 10 anos, pois o material é adequado para abordagens no Ensino Médio também.

#### Cartilha 01 – “Você sabe o que é uma Caverna?”

A cartilha didática voltada para o público infantil, especificamente para a faixa etária entre 6 e 10 anos, intitulada “Você sabe o que é uma caverna?”, foi oficialmente lançada e publicada em 19 de março de 2023, através do site da eBRE, sendo o primeiro material desse caráter lançado pela Escola. Ela é constituída por um material de 29 páginas ilustradas, que aborda, de forma descontraída, conceitos sobre a origem e as características do ambiente cavernícola, seus habitantes, a segurança e a exploração desse ambiente, o passado e o patrimônio existente nos elementos de uma caverna, sempre trazendo princípios da preservação e conservação ambiental. Ao longo do material, são propostas um total de nove atividades interativas: desenho; pintura; desembaralhar letras; artesanato (pintar, dobrar, recortar, colar) com link via QR Code para vídeo instrutivo postado na plataforma de compartilhamento YouTube; adesivos; labirinto; ligar pontos; e massa de modelar.

Dentre as atividades realizadas durante 36<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia (CBE), ocorrido em abril de 2022, em Brasília (DF) foi realizada a distribuição da versão preliminar da cartilha (Figura 1). A distribuição ocorreu durante as oficinas intituladas “Bate Papo Espeleológico” e Desenho com crianças do Povoado de São João Evangelista no município de São Domingos (GO). Foram distribuídos kits com algumas páginas de atividades, lápis de cor e apontador para fazer as atividades propostas. O retorno por parte dos participantes foi muito positivo. Essa atividade serviu como um termômetro para que pudéssemos avaliar o alcance da cartilha.



**Figura 1:** Distribuição da versão preliminar da primeira cartilha, durante o 36<sup>o</sup> CBE, Povoado de São João Evangelista no município de São Domingos (GO).



**Figura 2:** Distribuição da primeira cartilha durante a XII Semana da Criança do MNEGRM, Sete Lagoas (MG).

Nas atividades em que a eBRE participou desde o lançamento de sua primeira cartilha, foi aproveitada a oportunidade para a sua divulgação e distribuição. Dentre elas, destacamos os eventos do(a):

- Multiverso Espeleológico, no dia 01 de junho de 2024, na comunidade de Buriti do Campo Santo, pertencente ao município de Montes Claros (MG);
- SBE vai à Escola, nos dias 11 e 12 de junho de 2024, na Escola Municipal Vitor Rodrigues Motta, bairro da Serra, em Iporanga (SP);
- XII Semana da Criança do Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato (MNEGRM) (Figura 2), no dia 09 de outubro de 2024, com os alunos do Colégio UNIFEMM e da Escola Municipal Renato Teixeira Guimarães, em Sete Lagoas (MG);
- II Florada do Carste - Seminário Appaneano Regional do Carste do Alto São Francisco, no dia 17 de outubro de 2024, no campus de Bambuí (MG) do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), e no dia 19 de outubro de 2024 no Museu Arqueológico do Carste do Alto São Francisco (MAC) em Pains (MG).

Esclarecemos que ainda se encontra em execução a etapa de distribuição e aplicação das cartilhas. Espera-se finalizar a distribuição do material impresso adquirido ainda no primeiro semestre de 2025, para ser possível alcançar um feedback mais assertivo do material distribuído.

### Cartilha 02 - “Cavernantes Mirins: manual espeleológico para grandes aventuras”

Desenvolvido para o público com faixa etária entre 10 e 14 anos (anos finais do ensino fundamental), mas com conteúdo que pode ser explorado ao longo de todo ensino médio, o material é composto por 91 páginas ilustradas, no formato de histórias em quadrinhos, sendo uma ferramenta eficaz para a disseminação de conceitos das ciências naturais (SILVA, FONSECA, 2020; KAMEL, LA ROCQUE, 2006). São abordados conteúdos pertinentes a espeleologia, geomorfologia, segurança e exploração, educação ambiental, hidrologia, espeleotemas, bioespeleologia, paleontologia e arqueologia. Esses temas são intercalados com um total de quatorze atividades de: desenho; pintura; selecionar imagens corretas; artesanato; ligar nomes e imagens; palavra cruzada; ordenar processos; jogo de sete erros; contar uma história e guias de experimentos. Ao fim do material, ainda, é encontrado um glossário dos termos cársticos e espeleológicos em linguagem adequada.

Espera-se que esse material alcance um público amplo, que auxilie os professores no processo de ensino e aprendizagem, e contribua para ações de preservação do ambiente cavernícola.

A etapa de divulgação e distribuição das cartilhas foi iniciada na cidade de Ouro Preto (MG) em 2024, durante os eventos da comemoração do aniversário de 55 anos da SBE, quando:

- No dia 31 de outubro foi promovido um Despertar Espeleológico com os alunos do sétimo ano da Escola Estadual Desembargador Horácio Andrade. Neste curso de 4 horas, o público foi introduzido a conceitos da espeleologia, e receberam a visita do acervo do Museu Itinerante SEE (Sociedade Excursionista Espeleológica). Posteriormente, na biblioteca da escola foram distribuídos os primeiros exemplares do livreto para uma leitura participativa;
- E no dia 01 de novembro foi realizado o lançamento oficial da cartilha 02 (livreto) no Anexo II do Museu da Inconfidência, concomitante a comemoração do aniversário da SBE e do Dia Nacional da Espeleologia.

Está em planejamento a programação da distribuição do material impresso já adquirido, e é objetivo da eBRe captar recursos para aumentar o número de exemplares impressos e, assim, abranger um maior público Brasil afora.

## 4. Conclusão

A organização da sociedade civil em comunidades com interesses científicos específicos é de grande relevância para o desenvolvimento das nações, tendo enorme potencial educativo quando essas comunidades se organizam para promover a divulgação científica junto à população em geral. A eBRe, sendo um espaço pedagógico da SBE, após um histórico de 33 anos de iniciativas, discussões e realizações, conseguiu trazer aos brasileiros duas cartilhas de qualidade científica e educacional voltadas ao amplo público que frequenta o Ensino Fundamental das instituições escolares, sendo, sem dúvida, um grande passo/potencial

## Agradecimentos

Aos desenhistas Iuri Gonçalves Guimarães dos Santos e Leonardo de Assis, ao diagramador Daniel Menin, e aos colaboradores: Eleciânia Tavares da Cruz, Jefferson C. Manzano, Maria Elina Bichuette, Teresa Aragão, Beatriz Pires, Giulio P. F. Belga, Daniela Carvalho, Dayana F. Torres, Fernanda Quaglio, Guilherme A. R. Souza, Luiz Eduardo P. Travassos, Robson Zampaulo, Wendy T. Yoshizumi, André Gomide, Ives Arnone,



Figura 3: Leitura coletiva da cartilha 02 na Escola Estadual Desembargador Horácio Andrade, bairro Padre Faria, Ouro Preto (MG).



Figura 4: Lançamento oficial da cartilha 02, no Dia Nacional da Espeleologia, Anexo II do Museu da Inconfidência, Ouro Preto (MG).

para a disseminação da Espeleologia no seio da sociedade brasileira.

Embora o entusiasmo inicial possa se deparar com o amplo espectro de reações que esses materiais podem ocasionar nos seus destinatários, sem dúvida o balanço será positivo. Todas essas reações, quando chegarem ao conhecimento dos membros da Escola, poderão ser estudadas para sua compreensão e para que se agreguem conhecimentos e valores que amplifiquem o potencial da divulgação do conhecimento espeleológico junto à população.

Jéssica S. Gallo, Sofia A. Diniz, Elvis Barbosa, Isabela Costa, Ícaro Assis, entre tantos outros que direta ou indiretamente contribuíram para o produto final desses materiais. Especialmente agradecemos à Carla Cristina Alves Pereira por sua contribuição ao GT da eBRe e dedicação na distribuição das cartilhas, tornando esse conhecimento mais acessível e inspirando novas gerações a valorizar e preservar o mundo subterrâneo.

## Referências

- BRASIL. (1996). Ministério de Educação e Cultura. LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996.
- BRASIL. (2022). BNCC - Base Nacional Comum Curricular. Brasília: Ministério da Educação – MEC.
- CUSTÓDIO R.P., DANTAS M.A.T., PRATA A.P.N., DONATO C.R., MORATO L.O. (2013) Turismo virtual de cavernas como instrumento didático-inclusivo. *Nature and Conservation, Aquidabã*, 6(2):70-84.
- DONATO C.D., OLIVEIRA A.G.A. (2019) Da escuridão ao conhecimento: biologia subterrânea como ferramenta de educação ambiental. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, Bonito. Anais [...]. Campinas: SBE. p.445-451.
- DONATO C.R. (2018) O eco das cavernas: da dissolução à vida. Curitiba: Appris.
- DONATO C.R., DANTAS M.A.T. (2009) CD-ROM como instrumento de aprendizagem significativa sobre a bioespeleologia sergipana. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en la Ciencias*, 4(2):39-47.
- DONATO C.R., DANTAS M.A.T. (2017) Utilização de CD-ROM como instrumento de aprendizagem significativa sobre a bioespeleologia sergipana. In: MAKNAMARA, M. (Org.). Itinerários de pesquisa na formação docente em Biologia. Curitiba: Appris.
- DONATO C.R., OLIVEIRA A.G.A., MACEDO H.S., DONATO R.R., SILVA, M.R. (2018) Protegendo as cavernas do Brasil. Brasília: CECAV.
- FERREIRA R.L., GOMES F.T.M.C., SILVA M.S. (2008) Uso da cartilha “Aventura da vida nas cavernas” como ferramenta de educação nas atividades de turismo em paisagens cársticas. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas, Campinas*, 1(2):145-164.
- FIGUEIREDO L.A.V. (1997) Educação ambiental e formação espeleológica no Brasil: estado da arte e perspectivas. In: RASTEIRO, M.A.; PEREIRA-FILHO, M. (orgs.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 24, Ouro Preto. Anais [...]. Ouro Preto, MG: SBE/SEE. p. 1-13.
- FIGUEIREDO L.A.V. (1994) Educação ambiental e desenvolvimento sustentável: uma experiência interinstitucional para reciclagem de professores de 1<sup>o</sup>. e 2<sup>o</sup>. graus do Alto Vale do Ribeira-SP. *Informativo SBE*. São Paulo: SBE, 55 (7): 7, jan./fev.
- FIGUEIREDO L.A.V. (2008) Estratégias para a Implantação da Escola Brasileira de Espeleologia. In: WORKSPELEO 2008: Relatório Final. Santo André: SBE. p. 9.
- FIGUEIREDO, L.A.V., SILVA-JUNIOR, A.A. (2019) Educação ambiental, espeleologia e a conservação das cavernas brasileiras: reflexões a partir de uma base de dados sobre produções científicas e pedagógicas. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, Bonito. Anais [...]. Campinas: SBE, p. 509-542.
- GOULART M.F., ALMEIDA D.C., CARMO E.R., AGUIAR H.H., BRANDÃO L.A., AZEVEDO A.A. (2019) Potencialidades do carste enquanto um espaço não formal de aprendizagem: experiências na Gruta do salitre, Diamantina, Minas Gerais. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, Bonito. Anais [...]. Campinas: SBE. p.543-549.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html>. Acesso em: 10 de janeiro de 2025.
- KAMEL C., LA ROCQUE L. (2006) A história em quadrinhos como linguagem fomentadora de reflexões – uma análise de coleções de livros didáticos de ciências naturais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6 (3): setembro – outubro.
- MOMOLI R.S., PINTO, A.B. (2019). Projeto carste na escola: curso de capacitação de guias para as cavernas de Vila Propício, Goiás. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, Bonito. Anais [...]. Campinas: SBE. p.439-444.
- PEREIRA C.C.A., XAVIER M.G.M. (2019) Abordagem da educação não formal e informal na elaboração de ações de educação patrimonial e ambiental realizadas pelo grupo de espeleologia. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, Bonito. Anais [...]. Campinas: SBE. p.492- 500.
- SILVA K.S., FONSECA L.S. (2020) Bases neuroeducativas do papel das ilustrações: uma proposta de análise de livro didático. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 101 (257): 36 – 56.
- TIMO M.B., FIGUEIREDO L.A.V., ARAGÃO T.M.F.M., SARMENTO R.L. (2022) Speleological training in Brazil: the implementation of the Brazilian school of speleology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 18, Savoie-Mont Blanc. Proceedings... Savoie-Mont Blanc: FFS; UIS.
- TIMO M.B., RASTEIRO M., MEYER B.O. (2019) Formação de espeleólogos no Brasil: a fundação da Escola Brasileira de Espeleologia. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) Congresso Brasileiro de Espeleologia, 35, Bonito. Anais [...]. SBE, Campinas. p.466-473.

# Strategies to transform society's view on nature conservancy through environmental education focused on pseudokarst - Case Study

Fábio Motta (1), Luís Felipe Teixeira (2) & Camila Kinoshita (3)

(1) Instituto Serra dos Cocais, Valinhos, Brazil, Rodovia Dom Pedro I, KM 118, S/N - Dos Lopes, motta.fhs@icloud.com

(2) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, Lfgteixeira@usp.br

(3) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, camila.kinoshita@usp.br

## Abstract

This research aims to analyze the conservation process of Serra dos Cocais, in Valinhos, São Paulo, based on the changes in perspective regarding its importance to local communities. The study addresses five key events that have influenced public opinion and local environmental protection, identifying which strategies had a greater or lesser impact, in order to guide their application in other contexts. The results indicate that the combination of scientific knowledge production, broad dissemination, public pressure, and local community involvement was crucial in driving pro-conservation actions and public policies. This study provides insights into how the integration of society in environmental education actions and consequent social mobilization can result in effective protection of local ecosystems, proposing a replicable methodology in various environmental conservation contexts.

## Resumo

A pesquisa busca analisar o processo de conservação da Serra dos Cocais, em Valinhos, SP, a partir das mudanças de perspectiva sobre sua importância para as comunidades locais. A pesquisa aborda cinco eventos-chave que influenciam a opinião pública e a proteção ambiental local, identificando quais estratégias obtiveram maior ou menor impacto, a fim de orientar sua aplicação em outros contextos. Os resultados indicam que o processo de combinação da produção de conhecimento científico, divulgação ampla, pressão popular e envolvimento de comunidades locais foi crucial para impulsionar ações e políticas públicas pró-conservação. Este estudo oferece insights sobre como a integração da sociedade nas ações de educação ambiental e consequente mobilização social podem resultar em proteção efetiva de ecossistemas locais, propondo uma metodologia replicável em contextos diversos de conservação ambiental.

## 1. Introduction

Environmental education is one of the most promising strategies for mitigating or reversing the current climate emergency (Carvalho, 2004). The dissemination of scientific data on the level of urgency, as well as the importance of preserving the remaining natural habitat, is a priority for scientists across all fields due to its power to shift public opinion on environmental issues and generate public pressure for policy-making, behavioral changes, effective enforcement, and other measures. Within the context of environmental education, many education theorists (Freire, 2014) teach us that there is no better way to build knowledge than by creating intimate intellectual connections with one's daily environment. Therefore, it is of utmost importance to discuss ways to establish links between the major themes of the global climate emergency and local scenarios that are part of everyone's daily life.

The unique characteristics of Serra dos Cocais, including the presence of boulder caves (talus pseudokarst in granitic boulders), as well as plant communities previously interpreted as Pleistocene relics.

Serra dos Cocais has a complex history of devastation and conservation attempts on multiple scales. The region has been recognized by prominent geomorphologists as a unique landscape in the state of São Paulo in terms of both landforms and plant communities (Ab'Saber, 1994,

and Christofolletti, 1957)., justified the enactment of Municipal Law No. 3840/2004 in Valinhos, SP (Valinhos, 2004), which designated the Serra dos Cocais as an Environmental Protection Area, a type of Sustainable Use Conservation Unit. These geological formations, resulting from weathering and the fragmentation of granitic rocks, harbor sensitive ecosystems and reinforce the importance of conserving the area. However, since any management council was ever created for the EPA, no concrete action was taken to protect the territory (Gabrielli, 2019). Later, mainly due to pressure from civil society representatives such as Mobiliza Plano Diretor Valinhos (Gabrielli, 2019), other failed attempts were made to protect Serra dos Cocais, including the APA do Sauá Bill and the request for heritage designation by the "Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico" (CONDEPHAAT) or Council for the Defense of Historical, Archaeological, Artistic, and Tourist Heritage. This demonstrates, even unconsciously, the presence of flagship species, a term associated with species that evoke emotions in human communities—whether through appearance, cultural significance, vocalization, or other characteristics. These species are therefore used as a conservation tool for priority species by mobilizing protection policies, which consequently impact the conservation of the ecosystems

to which they belong (Vilas Boas et al., 2010). The presence of potential flagship species in Serra dos Cocais was one of the strategies analyzed in this study. This study aims to present a case of partial success in which scientists, educators, and local policymakers in Valinhos, São Paulo, Brazil, coordinated their actions to generate a significant impact on public opinion regarding a local natural monument—the Serra dos Cocais.

## 2. Materials and Methods

The municipality of Valinhos, in São Paulo, was chosen as the subject of this study for representing what we consider a clear shift in social perspective regarding the natural monument located within its territory, popularly known as Serra dos Cocais. To study the shift in civil society's stance and the resumption of pro-conservation mobilizations, this work will cover five main events, from the perspective of Theory of Change, widely used for analyzing public policy-related projects (Weiss, 1972), which involves listing inputs, intermediary outcomes and indicators for them, and the main desired impact. The events were: (1) The failure of the attempt to register Serra dos Cocais as a historic landmark by CONDEPHAAT in 2018, (2) Research on the geology and fauna of the caves (granite talus pseudokarst) of Serra dos Cocais. (3) The discussion and approval of the Municipal Master Plan, (4) The environmental impacts resulting from this approval, culminating in the fires of August and September 2024, and (5) the latest milestone in social mobilization, the protocolization of the Serra dos Cocais APA Bill at ALESP and the creation of the ISC (Instituto Serra dos Cocais) at the end of 2024. It will also seek to understand which environmental education strategies were used during these events to mobilize local communities.

The five events represent a significant milestone in the environmental preservation of Serra dos Cocais, whether their result is a success or failure in the conservation field. Event (1) shows the initial situation of civil society engagement and how this led to decisions that culminated in the failure of the registration attempt. Event (2) was an attempt to engage the public for the conservation of Serra dos Cocais through scientific

This study, therefore, aims to understand which factors can help correct past mistakes in environmental protection, taking Serra dos Cocais' history as a reference. Furthermore, it seeks to analyze which strategies were fundamental to this change and to facilitate their replication in environments where the natural environment lacks visibility and mobilization for its protection.

research specifically related to the site. On the other hand, event (3) is an indicator of the position of public authorities—both legislative and executive—in constructing policies for either environmental conservation or destruction. Event (4) allowed the mobilization of civil society, showing a tangible connection between the lack of preservation and a recent catastrophic event; here, we analyze the collective actions taken by various sectors of Valinhos' civil society in 2024 and their impacts. Finally, event (5) presents indicators of success for the actions taken. The sequence of events was organized chronologically to understand which actions led to impactful results and demonstrate indicators of their effects on civil society and environmental protection.

We analyzed the events and their impacts according to three aspects: (A) Socio-environmental damages; (B) Media coverage of the events; (C) Combat strategies and applied environmental education. Thus, it was possible to categorize the five events based on their level of social impact: low (social impact confined to specific social circles), medium (social impact reached various local media outlets), and high (social impact reached neighboring municipalities and promoted causes and actions with support from civil society). As a result, we were able to conclude which events and inputs were most essential for building an effective civil society mobilization.

To draw conclusions about the unfolding and impacts of each event, we conducted surveys of newspaper articles and other widely circulated sources, in addition to conversations with residents of Valinhos, SP.

## 3. Results

### Description of 5 key-events.

1. Request for heritage status. During the evaluation of the heritage request, which began in 2011, municipal authorities with the support of major real estate projects exerted opposing pressure, reinforcing demands for its interruption or reduction of the area to be protected or opposing any restrictions in the area. Such pressures, combined with a lack of public mobilization from residents who were unaware or knew little about the socio-environmental threats to Serra dos Cocais, led to the request being shelved by the end of 2018, contradicting studies on the importance of the heritage and showing the influence the real estate sector has on political decisions in the region (Bredariol 2021). Bredariol (2015, 2021) conducted in-depth studies on the political tensions surrounding the heritage request, but the population of neighboring municipalities did not mobilize against the shelving, demonstrating the limited power of academic articles, even when substantiated and combative, for community engagement.
2. Research on geology and cave fauna. Still lacking effective environmental protection perspectives, reports of collapsed caves due to soil movements and erosion linked to livestock trampling emerged. Thus, the “Grupo da Geo de Espeleologia” (GGEO-USP) or Speleology Group of Geo, which had already conducted other studies in Serra dos Cocais, resumed detailed surveys of the region's natural cavities, including information on their internal topology and cave fauna. Many interesting findings

were raised related to cave characteristics—classified as granite talus pseudokarst (Souza et al. 2023; Fernandes et al. 2023). The discovery of the dimensions of some cavities and two cave organisms (a catfish from the genus *Iuglanis* and a crab from the genus *Trichodactylus*) were widely publicized (EPTV Campinas e Região, 2023) and led many residents to become aware of the caves in Serra dos Cocais and the ongoing conservation efforts (EPTV Campinas e Região, 2023). However, the dissemination of the research did not lead to significant public mobilization for legal protection of the area. At the same time, another group of researchers, residents of Valinhos, conducted the first terrestrial vertebrate fauna inventory of Serra dos Cocais (Motta, 2022), with support from residents, which documented 139 species including birds, mammals, amphibians, and reptiles.

3. The 2023 Municipal Master Plan. Despite the growing input of scientific data on the peculiarities of Serra dos Cocais and its socio-environmental vulnerability, the pressures from Valinhos' real estate sector continued to shape the course of municipal policy. The revision of the Municipal Master Plan was developed between October 2021 and November 2023 (Câmara Municipal de Valinhos, 2023), and the recent studies were used in public hearings as arguments to include more limitations to environmental degradation. However, the Master Plan already pointed toward allowing unregulated real estate development, reducing restricted-use zones intended for environmental protection. The contrast between public pressure and government action in the

public hearings grew and peaked in the final phase of the Master Plan revision: the approval by the legislative body. Civil organizations and neighborhood associations had submitted requests for increased environmental protection zones, which were discarded or altered by the municipal council without justification to accommodate private capital interests (Pé de Figo, 2023). The plan was approved in December 2023 (Câmara Municipal de Valinhos, 2023), despite arguments from experts and researchers who emphasized in public hearings the need for more studies before decisions were made (TV Câmara de Valinhos 2023). The legislation created loopholes for future deforestation of ecologically important areas, destruction of speleological heritage, and other environmental damages, as predicted by local environmentalists.

4. The wildfires in the winter of 2024. Without legal protection and with growing pressure from real estate capital on the valleys and hills, deforestation and environmental degradation processes that were already affecting the monument began to intensify. Then, between the end of August and the beginning of September 2024, the largest wildfire recorded in the area hit Serra dos Cocais in Valinhos, devastating approximately 400 hectares (Fig. 1). The burned area was within development projects, in zones defined by the Master Plan as eligible for urbanization. The direct impact on Gruta das Cordas, a large cavity in the region studied by Santos-Souza et al. (2023) and Fernandes et al. (2023), is particularly noteworthy. This fire highlighted the vulnerability of the region's ecosystems and reinforced the need for effective strategies for the conservation of this natural heritage, especially considering the lack of geological and biological studies on the area's caves. The lack of detailed research undermines the understanding of its ecological importance and complicates the implementation of adequate preservation measures. The creation of weak environmental protection policies, lack of oversight, and the opening of doors to private interests resulted in priceless losses to the biodiversity of Serra dos Cocais. It is worth remembering that in August 2021, a potentially criminal fire affected an area of approximately 15 hectares, and for the first time, a headline in the newspaper told the story of the species of fauna and flora lost among the flames: «Residents heard the desperate cry of Sauá.» This transformation of the narrative can be seen as the beginning of environmental education efforts and the use of flagship species for Serra dos Cocais.

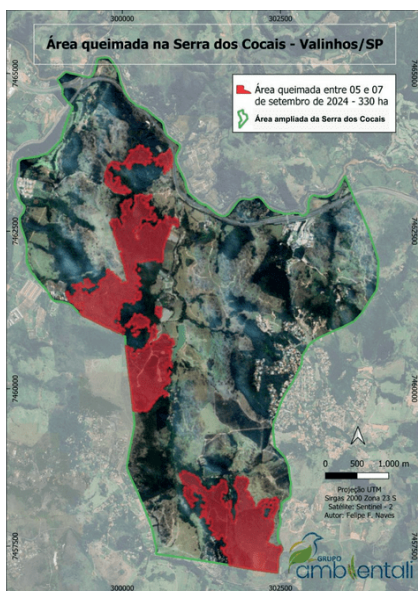


Figure 1: Map of the winter 2024 fires that affected the APA Serra dos Cocais, showing their wide extension (>400ha). Source: Ambiental Soluções Ambientais, 2024.

5. The subsequent social mobilization. However, the involvement of civil society in responding to the consequences of the fire came in proportions never seen before. There was voluntary assistance to firefighters, volunteer brigades fighting the fires, and a drive to collect food for the fauna in the affected areas, aiming to prevent wildlife from approaching the highways surrounding Serra dos Cocais. Points with food similar to what is naturally available were distributed by residents, accompanied by researchers (EPTV Campinas e Região, 2024). The mobilization was joined by a growing demand from the local population and schools to learn about, protect, and reforest Serra dos Cocais (Fig. 2), opening space for the collective of activists, researchers, and volunteers to unite forces and organize the institutionalization of research, protection, and oversight of natural heritage through the Serra dos Cocais Institute (Instituto Serra dos Cocais, 2025). The large civil society mobilization resulted in greater public pressure for the protection of Serra dos Cocais, generating Projeto de Lei 713/2024, which proposes the creation of a new State APA Serra dos Cocais (Jornal Terceira Visão, 2024). Drafted by State Deputy Ana Perugini, the Bill (PL) is currently under discussion at ALESP, with unanimous approval of favorable motions from the municipalities of Valinhos, Vinhedo, Itatiba, and Campinas (ALESP, 2024)

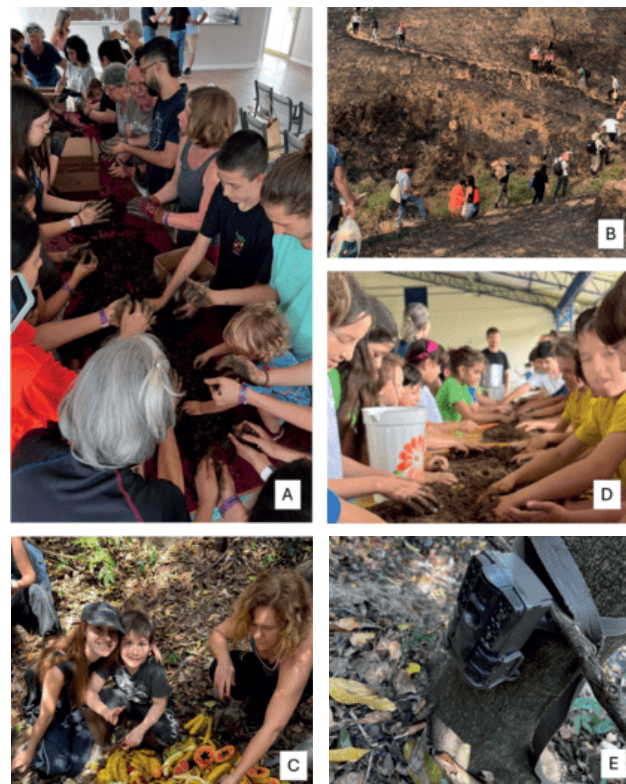


Figure 2: Photographs of the social mobilization activities in late 2024 (Corresponding to item 5). (a) workshops on seed ball construction with civilians; (b) and (c) collective effort of distributing food for fauna near fire-affected areas; (d) environmental education workshops in local schools; (e) camera traps used to monitor wildlife and produce educational content about animals that survived the fires.

## 4. Discussion

In general, we can point out some important characteristics in the history of the conservation of Serra dos Cocais over the past five years. These characteristics describe the local process but can be applied to other similar contexts.

1. Academic articles alone receive little attention from the general population when they lack an active mechanism for scientific dissemination. The two publications by Bredariol (2015, 2021) had little circulation among the public but served as a foundation for other researchers and activists. This type of work depends on a dissemination mechanism, such as the public discussions on the 2023 Master Plan.
2. Newspaper articles, especially those available and shareable on the internet, remain an important medium for scientific dissemination and for spreading information about the environment, climate emergencies, and legislation. Small changes in narratives can have significant effects on mobilizing the population around a given topic.
3. Another relevant dissemination mechanism in the case studied was the public hearings for the revision of the master plan, organized through a public call and attended by a considerable number of participants. In the case of Valinhos, these hearings effectively served to raise awareness among the population about the importance of environmental conservation, thanks to the constant participation of activists.
4. As indicated in Figure 3, it is important to understand the difference between dissemination and mobilization. In the case studied, the dissemination of information forms a solid foundation essential for future mobilization, but it is the latter that generates a virtuous cycle of autonomous dissemination and enables effective public pressure.
5. Major environmental disasters are moments when many people are willing to offer their time and money to help both humans and non-humans.

Some important indicators for each of the outcomes: i) Dissemination is effective when the targets become changemakers. Reports in which parents talk about workshops held with their children are examples of this. ii) The willingness of people to volunteer during critical moments indicates that the population understands the seriousness of the situation, especially when non-human victims are involved. iii) Another essential indicator is the emergence of independent initiatives, like in Valinhos, which act as important multipliers of research and outreach efforts.

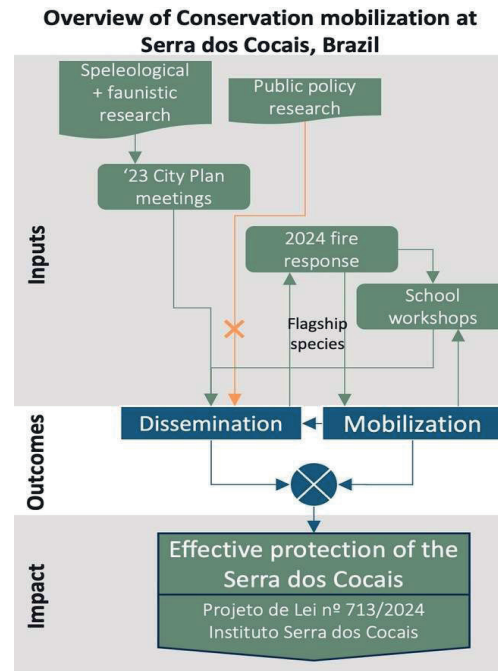


Figura 3: Diagrama de Teoria da Mudança, mostrando as ações principais tomadas e seus impactos na política municipal

According to Ferreira (2004), the fight for conservation arises from social demands for better environmental quality. He explains that predatory sectors, such as real estate and extractive industries, lead to conflicts over natural resources, prompting responses from pro-conservation mobilizers (environmentalists, civil society organizations, locals, etc.). In Valinhos, public pressure on the government increased during discussions of the Master Plan, which threatened to deplete the natural resources of Serra dos Cocais, as revealed by scientific research.

However, it was the large fire of 2024 and the resulting loss of biodiversity that sparked civil society mobilization for the preservation of the threatened natural heritage. Jones (2023) discusses the importance of mobilizing agents, especially local leaders, in integrating marginalized communities into pro-conservation actions. His study on the new curriculum in Wales, which included Environmental Education in rural schools, found that these communities were already highly interested in sustainability. Jones's work showed that joint action by local authorities, educational institutions, and the private sector has great potential for achieving shared goals. Jones's work demonstrated that the joint action of local authorities, educational institutions, and the private sector has great potential for achieving common goals. It also highlighted that incorporating environmental education into the curriculum received high engagement and approval from target groups, as their needs were considered in the project's development.

Moreover, it is crucial that the progress of actions and legislative projects is supported by technical arguments and sustained public pressure. Gabrielli (2019) highlights that the lack of data and social support has previously been used as justification for the absence of effective protection for Serra dos Cocais. Teixeira (2024) further emphasizes the necessity of prior knowledge to support conservation efforts, such as vegetation characterization, biodiversity measurement, and the mapping of speleological monuments.

New data can also encourage the emergence of flagship species, unconscious mobilization agents that promote ecological conservation and the development of sustainable economies. Vilas Boas (2010) demonstrates the potential of the relationship between biodiversity and human communities, addressing sustainability models (e.g., ecotourism)

driven by flagship species. This tool is already used in Serra dos Cocais, with the Sauá (*Callicebus nigrifrons*) being chosen for the APA project's nomenclature, featured in a newspaper article to raise awareness about wildfires, and ultimately serving as the symbol of the Instituto Serra dos Cocais. Vilas Boas (2010) highlights the need for attachment

## 5. Conclusion

The studies discussed, which formed the basis of this work, demonstrate a path where the dissemination of produced knowledge, through awareness-raising contexts, results in social mobilization. These were considered intermediate outcomes, essential for achieving effective legal protection of natural resources. The case of Serra dos Cocais also shows how mobilization in critical moments became a multiplier and aggregator of isolated pro-conservation actions.

With appropriate adaptations, we believe the methodology used in this study can be applied in other contexts. Integrating communities

## Acknowledgments

We would like to thank the entire GGEO team; the CEFOL-Valinhos team for allowing and supporting data collection on their property, especially our dear friend Fabiano R. Fahl for embracing our cause out of admiration and love for the animals of the Serra; the local newspapers

## References

- AB'SABER, A. (1994). Redutos florestais, refúgios de fauna e refúgios de homens. *Revista de Arqueologia*, 8(2), 1-35.
- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Serra dos Cocais: Campinas manifesta apoio e projeto de deputada ganha força na região. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 06 dez. 2024.
- BREDARIOL, MA. (2015) Serra dos Cocais: especulação imobiliária, destruição do meio e expropriação dos agricultores familiares-tombamento da área como forma de resistência. *Boletim Campineiro de Geografia*. 319-40.
- BREDARIOL, M. A. (2021). Serra dos Cocais: retrato do patrimônio natural ameaçado entre a região metropolitana de Campinas e o aglomerado urbano de Jundiá. *Revista CPC*, 16(31), 11-38.
- CÂMARA MUNICIPAL DE VALINHOS. Câmara aprova Plano Diretor em segunda discussão. Câmara Municipal de Valinhos, 13 dez. 2023.
- CARVALHO, I. M. C. (2004) Educação Ambiental Crítica: nomes e endereçamentos da educação. In LAYRARGUES P. (Ed.), *Identidades da Educação Ambiental Brasileira*. Ministério do Meio Ambiente.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1967). Os matacões da Serra de Cocais. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, 7(13/14), 23-30.
- EPTV Campinas e Região. Saiba como expedição de alunos da USP descobriu maior caverna da região em Valinhos. G1 Notícias, 23 set. 2023.
- EPTV Campinas e Região. Moradores fazem mutirão para alimentar animais silvestres vítimas de incêndio na Serra dos Cocais. G1 Notícias, 06 set. 2024.
- FERNANDES H.A., MORITA T., DOMINGUES R.A.P, MORAIS L., SOUZA S.S., RODRIGUES J.C., ESTAIANO J.C. (2023) ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA (37), Curitiba, Sociedade Brasileira de Espeleologia. p. 15-19.
- FERREIRA, L. da C.. (2004). Dimensões humanas da biodiversidade: mudanças sociais e conflitos em torno de áreas protegidas no Vale do Ribeira, SP, Brasil. *Ambiente & Sociedade*, 7(1), 47-66.
- FREIRE, P. (2014) *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Editora Paz e terra.

to these representative figures within local communities, such as the selection of the Sauá and its distinctive vocalization, which resonates with residents of the countryside and the outskirts of Serra dos Cocais. This demonstrates the various tools available for local environmental conservation efforts.

and their diverse needs, promoting independent initiatives that observe problems from multiple perspectives, and influencing social mobilization seem to be key strategies to prevent critical situations, such as major biodiversity losses.

The valleys and hills of Serra dos Cocais may represent many other areas in the interior of São Paulo and around the world—rich in natural diversity yet highly threatened. This study can contribute to guiding choices that lead to an environmentally sustainable future.

of Valinhos and the region for their responsibility and partnership; and state representative Ana Perugini for believing in the importance of conserving the Serra dos Cocais.

- GABRIELLI, G. (2019). Planejamento e gestão de APAs: a Serra dos Cocais em Valinhos-SP. [Master's Thesis, PUC-Campinas].
- INSTITUTO SERRA DOS COCAIS. Instituto Serra dos Cocais elege diretoria e oficialmente inicia os trabalhos. Instagram, 21 jan. 2025.
- JONES, V. (2023) Environmental Education and the new curriculum for Wales: an evaluation of how a family of schools in a rural area used a Theory of Change approach, *Environmental Education Research*, 29:3, 392-409.
- JORNAL TERCEIRA VISÃO. Deputada protocola projeto de Unidade de Conservação da Serra dos Cocais. *Jornal Terceira Visão*, 11 out. 2024.
- MOTTA, F. H. S. Levantamento Faunístico - Fazenda Santo Antônio da Cachoeira (GLEBAS 3C, 1, 5, 6A, 6C e 2). Assinatura de Responsabilidade Técnica (ART), 2021.
- PÉ DE FIGO. Com o plenário da Câmara lotado, vereadores realizam terceira e última audiência pública do Plano Diretor sob as mesmas críticas: o faz de conta de ouvir a população. Facebook, 27 jul. 2023.
- SANTOS-SOUZA S., SALLUN FILHO W., MORITA, T. D. M., FERNANDES H. A., VLACH S. R. F., VAQUEIRO-RODRÍGUEZ M. (2020) Geospeleology of Granite Caves in the Serra dos Cocais, Valinhos (São Paulo State, Brazil). *Seminário de Iniciação Científica PIBIC - Instituto Geológico*. p. 42-47.
- TEIXEIRA L.F.G. (2024, unpublished manuscript) Uma Unidade de Conservação vazia em São Paulo: Conformidade Legal e Caracterização Ambiental na APA Serra dos Cocais, Valinhos, SP. Undergraduate thesis - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo
- TV CÂMARA VALINHOS. Audiência Pública - Plano Diretor 08/07/2023. YouTube, 08 jul. 2023.
- VILAS BOAS, M. H. A.; DIAS, REINALDO. Biodiversidade e turismo: o significado e importância das espécies-bandeira. *Turismo e Sociedade*, [S. l.], v. 3, n. 1, 2010.
- WEISS, C. H. (1972). *Evaluation research: Methods for assessing program effectiveness*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall

# Listing some outstanding karstic features of Lebanon: a multi-disciplinary approach

Fadi Henri Nader (1,2) & Johnny Tawk (1)

(1) Spéléo-Club du Liban, Qennabet Broumana, Beirut, Lebanon (info@speleoliban.orgLiban), fadi.nader@gmail.com (corresponding author)

(2) Union International de Spéléologie – UIS – (www.uis-speleo.org)

Lebanon occupies the centre of the eastern coasts of the Mediterranean Sea, a special geological location on the intersection of the African, Arabian and Eurasian plates and in a climatic belt separating the semi-arid/arid and temperate regions. It consists of steeply flanked mountain chains that are the highest in the region, reaching up to 3088m above sea-level. More than 70% (or 7,316 km<sup>2</sup>) of the Lebanese territories consist of karstic landscape and geological formations. Precipitation rates vary between 700 and 1200 mm/year. Rain and snow fall mostly (about 80%) from November through February. All these factors resulted in momentous features representative of a special typology of Mediterranean karst landscapes, unique in their scientific, cultural and aesthetic characteristics.

The main Lebanese karstic features (about 700 known caves) were previously grouped based on altitude and hydrogeological characteristics (coastal, intermediate and highland; Nader, 2007). Following more recent work – namely through public outreach (e.g. 2015 International

Speleological Expedition to Lebanon), and through the UIS International Year of Caves and Karst 2021 (<https://iyck2021.org>), we proposed a list of eleven outstanding Lebanese karstic features in a collective effort to learning more about them and protecting them. Our approach is based on a multi-disciplinary study based on the speleological specificities, geological context, cultural and historical associations and present-day perceptions. The list includes, not in order of importance, surface karst features like the Qammouaa gullies El-Qana sinkholes plateau, Faqra natural bridge, and Jaj karst plateau; caves such as Afqa cave, Yammouneh cave, and Jeita cave; sinkholes like Baatara sinkhole, Fouar Dara sinkhole; and some special features like the Sohmor/Yohmor cavities. Comprehensive documentation of these principal karstic features is far from being completed at the present day, yet the work is ongoing. Some of their key geological, speleological, and cultural characteristics will be presented in this contribution, aiming to raise support for collaborative initiatives, outreach networking and eventually protecting such natural heritage.

# Eficácia pedagógica do livro "Que pintura! Vai ficar Pré- História! A inigualável aventura na Gruta Suindara" para o ensino e sensibilização ambiental em espeleologia e carstologia na educação básica de Sete Lagoas (MG)

Eduardo Geraldo Teixeira Neves (1), Gracielle Teodora da Costa Pinto Coelho (2)  
& Mariana Barbosa Timo (3)

(1) Centro Universitário de Sete Lagoas-UNIFEMM, Sete Lagoas, Brasil, eduardo.neves@unifemm.edu.br

(2) Centro Universitário de Sete Lagoas-UNIFEMM, Sete Lagoas, Brasil, gracielle.costa@unifemm.edu.br

(3) Spelasyon Consultoria, Belo Horizonte, Brasil, mariana.timo@spelasyonconsultoria.com.br

## Resumo

As características geológicas e geomorfológicas, típicas do Carste Tradicional, os recursos naturais e os avanços tecnológicos da cidade de Sete Lagoas/MG combinam para um crescimento econômico e social, mas não necessariamente promovem um desenvolvimento equitativo entre os três pilares da sustentabilidade. Ademais, pouco se aborda sobre o carste nas escolas, deixando o assunto descoberto acerca de sua. Diante tal contexto, esta pesquisa objetivou-se despertar nos alunos da Educação Básica a sensibilidade e a consciência ambiental para aspectos naturais e antrópicos relativos à paisagem cárstica do município. Para tanto, publicou-se e aplicou-se o livro "Que pintura! Vai ficar Pré-história! A inigualável aventura na Gruta Suindara", em três escolas da cidade, a fim de se entender sua eficácia como recurso paradidático para a sensibilização ambiental e ensino introdutório de Carstologia e Espeleologia, tratando-se de uma pesquisa experimental, de natureza quali-quantitativa. Os resultados demonstraram um ganho estatístico considerável entre os testes pré e pós-leitura do livro.

## Abstract

The geological and geomorphological characteristics, typical of Traditional Karst, the natural resources and technological advances of the city of Sete Lagoas/MG combine for economic and social growth, but do not necessarily promote equitable development between the three pillars of sustainability. Furthermore, little is discussed about karst in schools, leaving the subject undiscovered. Given this context, this research aimed to awaken sensitivity and environmental awareness in Basic Education students towards natural and anthropogenic aspects related to the municipality's karst landscape. To this end, the book "What a painting! It will become history! The unparalleled adventure in Gruta Suindara", in three schools in the city, in order to understand its effectiveness as a paradidactic resource for environmental awareness and introductory teaching of Karstology and Speleology, in the case of experimental research, of a qualitative and quantitative nature. The results demonstrated a considerable statistical gain between pre- and post-book reading tests.

## 1. Introdução

Os recursos naturais, intrínsecos ao carste e ao bioma Cerrado, os avanços em infraestrutura, além de aspectos culturais, tecnológicos e políticos têm sido determinantes às diferentes formas de uso e ocupação da paisagem de Sete Lagoas (MG). Para BARBOSA & TORRES (2010), tais aspectos se combinam e contribuem significativamente para o desenvolvimento econômico da cidade, possibilitando a presença de variadas indústrias, dentre outras atividades. Contudo, o que se argumenta neste trabalho é que este cenário, de expansão urbano-industrial, inclusive com aumento considerável da população nas últimas décadas, não necessariamente, promove um desenvolvimento sustentável, uma vez que as melhorias nos pilares econômico e social têm se efetivado em

detrimento do pilar ambiental.

Esta condição pode ser constatada no Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades - Brasil (IDSC-BR), implementado no Brasil, em 2021, pelo Instituto Cidades Sustentáveis (ICS). Em 2023, o Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS) de Sete Lagoas, foi de 48,13, classificado como "Baixo", antecedido de 48,5, em 2022 e de 49,82, em 2015, (IDSC, 2024).

Constata-se melhora nos índices sociais, que envolvem Educação e Saúde e, nos econômicos, principalmente quanto ao PIB per capita, porém ocorre involução no (IDS) geral da cidade, o que se deve, dentre outros fatores, às questões ambientais, que apresentam indicadores,

entre 2015 e 2023, com índices estagnados, diminuindo ou se elevando minimamente, com poucos avanços substanciais. Alguns deles, os mais críticos, são classificados como “Muito Baixo”, como : Recuperação de resíduos sólidos urbanos coletados seletivamente; Emissões de CO<sup>2</sup> per capita; Esgoto tratado antes de chegar ao mar, rios e córregos; Hectare de áreas florestadas e naturais por habitante; dentre outros. São muitos os indicadores ambientais aquém do “Limiar Verde” (valor para considerar que o ODS foi atingido) (IDSC, 2023).

Formas efetivas de disseminação de conhecimento à população se fazem necessárias, para que haja maior discussão sobre o uso sustentável do Carste e, a escola de Educação Básica, tem papel importante nesse processo, pela função social quanto a formação de cidadãos críticos e autônomos (MENDES, 2013).

Contudo, vários são os autores que registram uma abordagem quase nula ou nitidamente simplista do tema “Espeleologia” e relacionais ao assunto nos livros didáticos, dentre eles, MORAIS (2007); MENDES (2013); FERREIRA et al. (2014); FIGUEIREDO E SILVA JUNIOR (2019); NEVES et al (2022). Para TRAVASSOS (2017) os fenômenos do Carste precisam ser apreendidos como resultado de processos complexos, dinâmicos e sistêmicos e, é necessário que sua compreensão se dê sob a ótica interdisciplinar da Carstologia e da Espeleologia, em consonância com outros campos das Ciências da Terra. A compreensão correta por parte do público em geral, somente irá ocorrer se tais conceitos forem bem trabalhados e apreendidos por meio da Educação Ambiental.

## 2. Materiais e Métodos

Esta pesquisa é um fragmento da dissertação de Mestrado em Biotecnologia e Gestão da Inovação, pelo Centro Universitário de Sete Lagoas-UNIFEMM, de título “Produção e aplicação de material paradidático como recurso pedagógico para a sensibilização ambiental e o ensino de Carstologia e Espeleologia na Educação Básica de Sete Lagoas/MG”.

Trata-se de uma pesquisa experimental, de natureza quali-quantitativa, subsidiada por referencial teórico, desenvolvida entre Julho de 2022 e novembro de 2024, no município de Sete Lagoas (MG).

### 2.1. Público alvo e tamanho da amostra

O último censo demográfico (2022) registra para o município uma população de 227.360 habitantes (IBGE, 2023). Em 2022, constatou-se 45.960 matrículas na Educação Básica, como os alunos do Ensino Fundamental - Anos Finais (EFAF) (6<sup>o</sup> ao 9<sup>o</sup> Ano) foram o público-alvo selecionado, considerou-se, para cálculos amostrais, o número de matrículas neste segmento de ensino (11.983) neste ano (INEP, 2022). Estabeleceu-se uma margem de erro de 10% e grau de confiança de 90%, com o tamanho da amostra de 44 alunos. Aplicou-se testes multisseriados, participando alunos de todas as 4 séries do (EFAF), em três escolas, duas públicas (municipal e estadual) e uma particular. Dessa maneira, participaram efetivamente 45 alunos, sendo 17 do sexo masculino e 28 do feminino, na faixa etária de 11 à 15 anos.

### 2.2. Edição e publicação do livro

O livro, “Que pintura! Vai ficar Pré-história! A inigualável aventura na Gruta Suindara” foi editado e publicado em formato físico e tradicional. A publicação ocorreu na II Bienal do Livro de Sete Lagoas, organizada pela Prefeitura Municipal.

Pelo seu conteúdo pertinente à temática e objetivo geral desta pesquisa, o mesmo foi inserido como uma hipótese, por ser percebido de alto potencial para a sensibilização ambiental e geração de conhecimentos introdutórios à Carstologia e Espeleologia.

Diante o contexto e partindo do pressuposto que a população sete-lagoana pouco compreende a fenomenologia cárstica, tampouco, os processos de causa e efeito relacionados ao uso e ocupação do seu solo, esta pesquisa objetivou despertar nos alunos da Educação Básica a sensibilidade e a consciência ambiental para aspectos naturais e antropológicos relativos à paisagem cárstica do município de Sete Lagoas/MG.

Mas “Como levar conhecimento, sensibilidade e consciência ambiental sobre o Carste para as pessoas que vivem nele, especificamente em Sete Lagoas (MG)?” Considerando a perspectiva de Paulo Freire (1921-1997) sobre conhecimento, Costa (2015, p. 77) a reescreve de forma sintética “o conhecimento é um processo social criado por meio da ação-reflexão transformadora dos humanos sobre a realidade”. Dessa forma, dar às pessoas a possibilidade de transformar suas próprias realidades e a do seu meio parte de um processo de construção social da condição humana, cognitiva e afetiva, de refletir e agir. Tal definição é perfeitamente congruente com o preconizado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS) BRASIL (1997) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) BRASIL (2018).

Para tanto, produziu-se e publicou-se o livro “Que pintura! Vai ficar Pré-história! A inigualável aventura na Gruta Suindara”, que foi testado a fim de se entender a eficácia do mesmo como recurso paradidático para a sensibilização ambiental e o ensino de conhecimentos introdutórios à Carstologia e Espeleologia.

### 2.3. Caracterização didático-pedagógica

Caracterizou-se o livro a partir de sua análise literária. Levantou-se os trechos com conteúdo científico ou com potencial de sensibilização ambiental, relacionando-os com os componentes curriculares do (EFAF), conforme a (BNCC).

### 2.4. Testes quali-quantitativos da eficácia pedagógica do livro como recurso paradidático

O livro foi testado para verificação de sua eficácia (ganho de aprendizagem e sensibilização) como recurso paradidático para o (EFAF). Os testes se organizaram em: (a) Teste de eficácia: sensibilização e (b) Teste de eficácia: conhecimento conceitual. Os testes foram aplicados em dois estágios, sendo: Pré-livro: Levantamento de conhecimento prévio e Pós-livro: verificação de consolidação. Aplicou-se questionários qualitativos semiestruturados e dois testes qualitativos.

O teste qualitativo (a), partiu de uma palavra central, “caverna”, para relacionar-se à ela, lembranças de vivências, inseridas nos círculos. Já o teste (b), partiu de uma das ilustrações do livro, para se verificar o grau de conhecimento conceitual quanto à Espeleologia, especificamente aos espeleotemas : estalactite, estalagmite, represa de travertino, helictite e coluna.

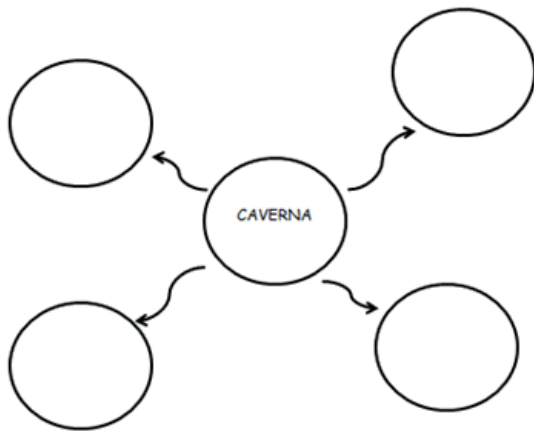


Figura 1: Teste (a) eficácia: sensibilização – Pré e Pós livro - Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

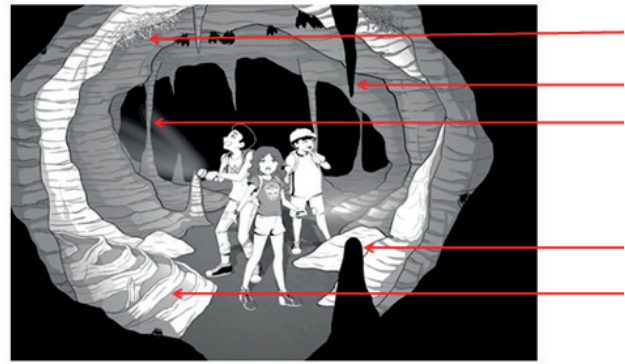


Figura 2: Teste (b) eficácia: conhecimento conceitual – Pré e Pós livro. Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com imagem de Teixeira (2022)

### 3. Resultados

#### 3.1. Análise Didático-Pedagógica do livro

##### 3.1.1. Análise literária (fragmento)

A análise literária foi construída a partir de ARAÚJO (2019) e PAM-POUCH (2024).

**I – Dados sumários da obra** \_ OBRA: “Que Pintura! Vai Ficar Pré-história! A Inigualável Aventura na Gruta Suindara” - AUTOR: Eduardo Teixeira - EDITORA: Starling - EDIÇÃO: 1ª - LUGAR DE PUBLICAÇÃO: Belo Horizonte - ILUSTRADOR (capa e miolo): Tomáz Baptista - EDITOR: Rodrigo Starling - REVISOR: Susane Carvalho - DIAGRAMADOR: Selo Editorial Starling - CAPISTA: Gisele Starling - ISBN: 978-65-84541-17-7

**II – Classificação da obra** \_ Tipo de texto: Narrativo - Gênero textual: Romance (fantasioso, com conteúdo científico) - Classificação indicativa: Infanto-juvenil (9 – 12 anos / Juvenil (13-18 anos)

**III – Enredo** \_ Aproveitando que os pais e todo o país estavam envolvidos com a final do futebol masculino nos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, em 2016, o inquieto e sonhador Jonas, morador da cidade de Sete Dolinas, do interior das Minas Gerais, decide ir atrás de respostas para perguntas que “martelam a cabeça”, instigadas pelas histórias contadas pelo avô, sobre um suposto cemitério indígena e, por acontecimentos estranhos, como ser perseguido por uma coruja. Savana e Gordim se juntam ao protagonista desta aventura inigualável, vivida na Gruta Suindara. A obra é inspirada em algumas histórias e uma delas, puramente oral e que se faz essencial nesse romance, é a do Rei do Mato, personagem real que deu nome à famosa Gruta Rei do Mato, de Sete Lagoas/MG. A obra fictícia, possui propositais conteúdos científicos quanto ao carste, que permeiam o romance, permitindo ao leitor o deleite literário e, ao mesmo tempo, descobertas e redescobertas do ambiente e de si mesmo. Ainda, e objetivamente, quer imprimir nos olhos e no coração do leitor uma percepção mais apurada, quer sensibilizá-lo, da importância de se preservar as cavernas e os ambientes em que ocorrem (TEIXEIRA, 2022).

##### 3.1.2. Capa e ilustrações

Todas as ilustrações do miolo e a capa foram produzidas pelo ilustrador Tomaz Baptista, com mesa digitalizadora e programa Photoshop CS6. A ilustração da capa tem os protagonistas no espaço principal da narrativa, a caverna.

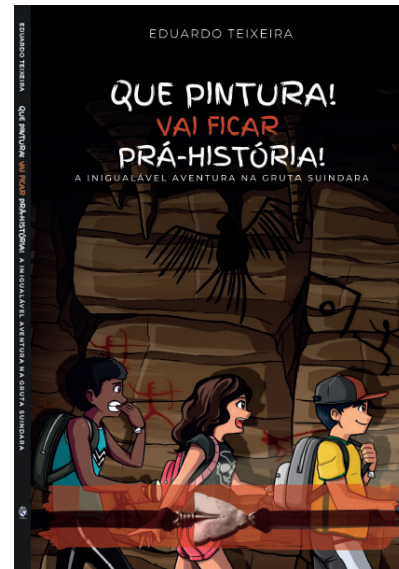


Figura 3: Capa e lombada: (Gisele Starling) – Ilustração: (Tomaz Batista). Fonte: TEIXEIRA (2022)

As cores foram pensadas numa lógica simbólica. Os grafismos e as estalactites também compõem a ilustração da capa, para dar maior ideia ao espaço e à essência da história.

O livro se organizou em 22 capítulos e apenas 8 receberam ilustrações. Foram selecionados aqueles com maior carga de significados ou que requerem maior compreensão dos cenários ou situações específicas.

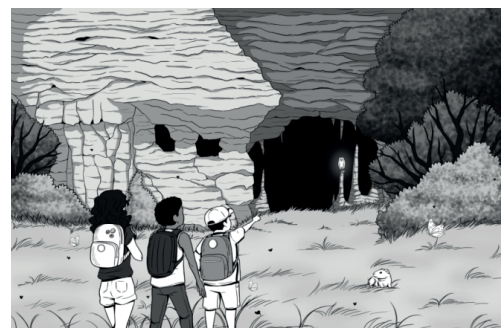


Figura 4 : A representação do exocarste. Ilustração: (Tomaz Batista). Fonte: TEIXEIRA (2022)

As ilustrações foram desenvolvidas a partir de um briefing do autor contendo fotos do carste da região, trechos dos capítulos e caracterização física e de personalidade das personagens principais, Jonas, Gordim e Savana. Foram também descritos os aspectos geomorfológicos do exocarste e endocarste, imagens da fauna local e cavernícola, além de cenários e elementos físicos, naturais e urbanos locais, que melhor se relacionariam com o texto e a essência do capítulo ou momento da trama.

Na figura 4, buscou-se demonstrar o exocarste, representando a rocha sedimentar calcária e demonstrando as linhas horizontais, características das camadas de sedimentação, além das rachaduras.

Quanto às pinturas rupestres representadas, buscou-se manter o estilo da Tradição Planalto, típicas nos sítios arqueológicos da região de Sete Lagoas, utilizando-se como referência BAETA (2011).

A figura 5 registra a megafauna extinta da região, com as imagens do Tigre-dente-de-sabre, do Mastodonte e da Macrauchenia, sendo um trecho da história que se passa no interior da caverna e, a água, é um componente importante, inserida propositalmente, para se evidenciar sua presença nas mesmas. Ainda, os povos pré-históricos com seus arcos e flechas, ferramentas de caça típicos da época e da região. A ilustração representa a revelação dos sonhos do protagonista, traduz o que o texto registra e clareia ao leitor, contextos da história.



Figura 5 : A representação do exocarste. Ilustração: (Tomaz Batista). Fonte: TEIXEIRA (2022)

### 3.1.3. Levantamento de trechos do livro conforme componentes curriculares

Levantou-se os trechos do livro contendo conteúdos científicos nos diálogos e apontando em quais dos 4 Componentes Curriculares do (EFAF) mais relacionais ao tema (Geografia, História, Ciências e Arte) podem ser explorados.

Ensino gerado	Geografia	História	Ciências	Arte	Total
CCP - Conhecimento científico ou Saberes Populares	46	20	44	17	127
S - Sensibilização	15	3	15	5	38
Total por componente curricular	61	23	59	22	165

Figura 6 : Panorama do levantamento de trechos do livro com potencial de ensino conceitual e de sensibilização ambiental. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Constata-se 62 trechos com 165 possibilidades de abordagens com potencial de ensino, sendo 127 de (CCP) e 38 de (S).

## 3.2. Análise Qualiquantitativa de Eficácia Pedagógica

### 3.2.1. Análise de eficácia: sensibilização – Qualitativo

Utilizando as lembranças do aluno (E18) como exemplo da metodologia de verificação da eficácia do livro para a sensibilização ambiental, verifica-se no pré-livro:

Resposta de (E18)	Categoria
"Passeio escolar à gruta Rei do Mato"	Geografia: Lugares
	Vivência/Experiência: visitação exploração
	Ciência/Educação
Lembranças validadas	1
Lembranças vazias	3

Figura 7: Categorização das lembranças do aluno (E18)

O aluno apresentou baixo conhecimento prévio acerca do tema caverna, entregando um teste com 1 lembrança validada em 3 categorias e 3 lembranças vazias. Ao citar a "Gruta Rei do Mato" ele está se referindo a um lugar geográfico específico, ao citar "passeio", se refere a uma vivência e ao citar a escola se refere a uma lembrança relacionada à educação.

Já no Pós-livro, verifica-se :

Resposta de (E18)	Categoria
"Coruja"	Geografia: Lugares
"Estalactites"	Biológica; Personagens do livro "Que Pintura! Vai ficar Pré-história!"
"Gruta Suindara"	Geomorfologia: Geologia, Física, minerais, estrutura
"Pinturas"	Geografia: Lugares
"Destroços antigos"	Arqueologia; Elementos da trama
"Cemitério Indígena"	Arqueologia; Elementos da trama
"Morcegos"	Biológica
"Calcário"	Geomorfologia: Geologia, Física, minerais, estrutura
"Barba Vermelha"	Personagens do livro "Que Pintura! Vai ficar Pré-história!"
"Estalagmite"	Geomorfologia: Geologia, Física, minerais, estrutura
"Fósseis esqueléticos"	Paleontologia
Lembranças validadas	11
Lembranças vazias	0

Figura 8: Categorização das lembranças do aluno (E18) Pós-livro:

Após a leitura, o aluno entregou um teste com 11 lembranças validadas em 14 categorias e 0 lembrança vazia. O aluno amplia sua capacidade de lembranças consideravelmente acerca do tema "Caverna", apresentando uma variedade de lembranças e conseqüentemente de categorias, demonstrando conhecimentos consolidados acerca do tema caverna.

As respostas das 3 escolas, no pré-livro, foram organizadas em 15 categorias de lembranças e, no pós, em 25. A categoria com maior porcentagem de lembranças no pré-livro foi "Geomorfologia: Geologia, física, minerais, estrutura" com 15,64%, sendo também a maior no pós-livro, com aumento para 20,45%.

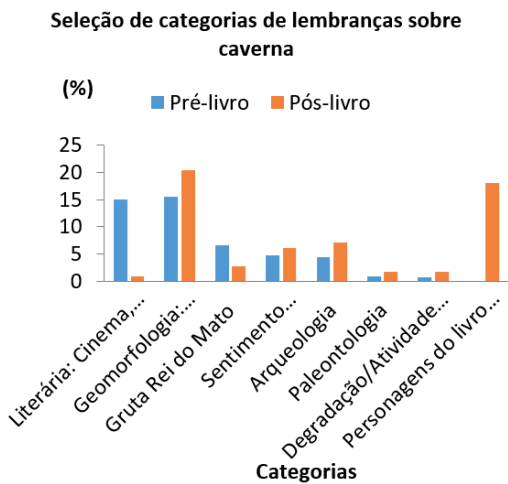


Figura 9: Comparação quantitativa entre pré e pós-teste Sensibilização/ seleção de categorias de lembranças

A categoria “Literária: Cinema, Notícia, Mídias, TV, documentários, jogos, livros”, com 15,06% de lembranças totais, foi a segunda mais citada no pré-livro, contudo observa-se uma diminuição significativa no pós, sendo lembrada apenas 0,87%. Observa-se 6,66% de lembranças da Gruta Rei do Mato (GRM) no pré-livro, com uma diminuição para 2,68%, no pós.

### 3.2.2. Análise de eficácia: conhecimento conceitual-Espeleotemas- Qualitativo

Na apuração dos testes fez-se agrupamentos por diferença entre o pré e pós leitura.

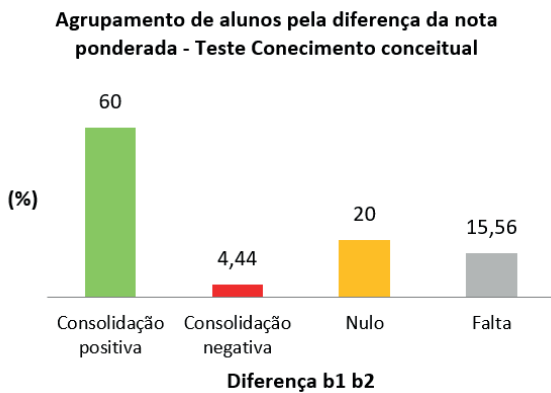


Figura 10: Agrupamento de alunos pela diferença da nota ponderada entre testes pré e pós leitura. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

## 4. Discussão

Os testes foram construídos e aplicados a partir dos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Paul Ausubel (1918 – 2008). Segundo Miranda (2021) a (TAS) pressupõe 03 condições para se efetivar, o conhecimento prévio, o material didático significativo e a predisposição do aluno à aprendizagem.

Os resultados demonstram e eficácia do livro quanto ao seu alcance, já que mais da metade dos avaliados obteve consolidação positiva no teste de conhecimento conceitual. A informação inserida, a linguagem do texto, as ilustrações e o enredo demonstram-se acessíveis e praticamente coincidem com o percentual de alunos que considera ter compreendido a história totalmente, 57%, bem como se aproxima dos 68% que consideram que as ilustrações construíram totalmente para a

observa-se que 60% dos alunos tiveram uma consolidação positiva (aumentou a nota), após a leitura do livro, enquanto 4,44% tiveram uma consolidação negativa (diminuiu a nota), 20% nulo (manteve-se na nota) e 15,56% faltaram na aplicação pós livro.

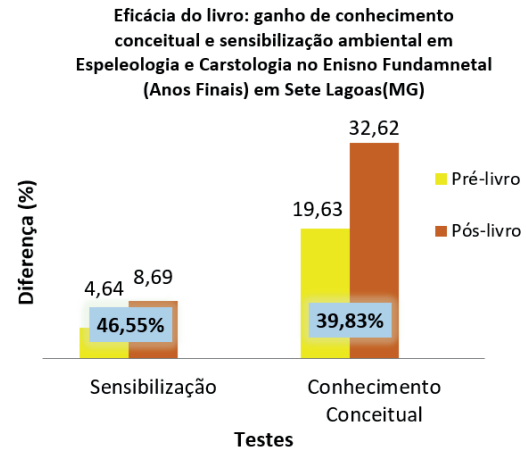


Figura 11: Eficácia do livro: ganho de conhecimento conceitual e sensibilidade. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A média geral no pré-teste de sensibilização foi de 4,646, com variância de 10,275. A média geral no pós-teste foi de 8,692, com variância de 17,254, representando 46,55% de diferença no ganho em sensibilização. Já no pré-teste de conhecimento conceitual a média foi de 19,63% e no pós-teste de 32,62%, representando 39,83% de diferença no ganho em conhecimento conceitual.

Ao se analisar especificamente a categoria 3 (Geomorfologia: Geologia, Física, minerais, estrutura) observa-se o uso de termos e conceitos científicos presentes no livro, evidenciando a contribuição do mesmo. No registro de um dos alunos, no teste « sensibilização » na categoria “Geografia: lugares”, “Depois que eu li o livro lembrei de quando eu fui na Gruta Rei do Mato e vi as formações das cavernas”, outro em “Título/Referência”, “O livro me fez lembrar de quando estudei sobre formações de caverna na escola” ficando evidente a capacidade do livro em contribuir para conexões com a vivência de cada um, podendo ser útil para aliar teoria/prática, fantasia/realidade.

compreensão dos capítulos.

No teste de sensibilização, uma parcela considerável dos alunos inseriu lembranças referentes ao universo literário, dos jogos eletrônicos e dos animes, com diminuição no pós teste. Essa diminuição pode ser atribuída ao ganho de conhecimento após a leitura do livro, pois conseguiram ter lembranças mais específicas às cavernas, como seus aspectos geomorfológico, arqueológicos, paleontológicos, entre outros.

Entende-se o livro aqui analisado, como um recurso que atende o preconizado nos Temas Transversais originais e contemporâneos. Nos Temas Transversais originais, o “Meio Ambiente” é onde o livro melhor se encaixa, já nos contemporâneos, pode-se considerar, “Educação Ambiental”, “Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes

históricas e culturais Brasileiras”; “Educação para o Consumo”, “Vida Familiar e Social” e “Ciência e Tecnologia”. Assim, o livro “Que Pintura! Vai Ficar Pré-história! A inigualável aventura na Gruta Suindara” é um

recurso adequado e indicado para o uso intradisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar no desenvolvimento dos Temas Transversais.

## 5. Conclusão

Os resultados demonstraram um ganho estatístico considerável entre os testes (pré-livro-levantamento de conhecimento prévio) e (pós-livro-levantamento de conhecimento consolidado), portanto conclui-se que a leitura do livro “Que pintura! Vai ficar Pré-história: A inigualável aventura na Gruta Suindara”, permitiu o aumento de lembranças sobre a temática em 46,55% e elevação da nota média dos avaliados, com ganho

de conhecimento conceitual em 39,83%, validando-o como um recurso paradidático eficaz para a sensibilização ambiental e para o ensino de conhecimentos conceituais introdutórios à Espeleologia e Carstologia para alunos do Ensino Fundamental (Anos Finais) da Educação Básica do município de Sete Lagoas/MG.

## Referências

BAETA, Alenice Maria Motta. Os grafismos rupestres e suas unidades estilísticas no Carste de Lagoa Santa e Serra do Cipó - MG. 2011. Tese (Doutorado em Arqueologia) - Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/T.71.2011.tde-18082011-142504. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-18082011-142504/publico/TESEFINAL.pdf>. Acesso em: 12. Jul. 2023.

BARBOSA, Reginaldo Avelar; TORRES, Daniela Almeida Raposo. Empresa motriz e desenvolvimento regional: análise dos impactos da Iveco na cidade de Sete Lagoas-MG. In: Anais do XIV Seminário sobre a Economia Mineira. Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

IDSC. Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades/Brasil. Sete Lagoas (MG). Evolução dos ODS. 2023. Disponível em: <https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/profiles/3167202/evolution/>. Acesso em: 22. Set. 2024.

NEVES, Eduardo Geraldo Teixeira. Reflexões de um professor do Carste: Uma luz no fim do túnel. IN: PACHECO, Caio. Origens: A jornada humana no circuito das grutas. 2. ed. Belo Horizonte. Literíssima, 2023.

SILVEIRA, J. S.; TEIXEIRA, E. G. Gruta do Palmital e o seu entorno (Sete Lagoas/MG): um laboratório de campo para o estudo da fenomenologia cárstica. *Maestria*, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 105-114, 2003.

# Ciudadanos del Karso: 30 years advancing research, education, and conservation of the natural systems of Puerto Rico

Abel Vale Nieves (1)

(1) President, Ciudadanos del Karso, Sierra Morena PMB 230, San Juan, Puerto Rico 00926, info@cdk-pr.org

## Abstract

In 1994, a group of Puerto Rican resident cave explorers, naturalists, and other concerned citizens formed the non-profit organization Ciudadanos del Karso (Citizens of Karst or CDK) to conserve the Karst Regions of Puerto Rico. Soon, however, the mission broadened its scope to include other natural systems, thus recognizing and valuing the ecological and environmental interdependence of a web of life upon which all living beings depend. This paper reports on the most significant achievements of the organization so far as well as describe its ambitious ongoing projects which further its commitment to research, education, and conservation, not only for the benefit of Puerto Ricans, but also the Caribbean and beyond. Specifically, it reports on the work of the Instituto del Karso de Puerto Rico y el Caribe (Karst Institute of Puerto Rico and the Caribbean), an educational and research center which will consist of two components – a Natural and Social Sciences Research Center and a Natural History Museum. Significantly, and consistent with the vision of CDK's founders and hundreds of volunteers, this project aims to be of service and support to the very communities within which this structure is taking form.

## Résumé

En 1994, un groupe de spéléologues, naturalistes et autres résidents de Porto Rico ont formé l'organisation à but non lucratif Ciudadanos del Karso (Citoyens du Karst ou CDK) pour conserver les régions karstiques de Porto Rico. Cependant, la mission a rapidement élargi sa portée pour inclure d'autres systèmes naturels, reconnaissant et valorisant ainsi l'interdépendance écologique et environnementale d'un réseau de vie dont dépendent tous les êtres vivants. Ce rapport rend compte des réalisations les plus importantes de l'organisation à ce jour et décrit ses projets ambitieux en cours qui promeuvent son engagement en faveur de la recherche, de l'éducation et de la conservation, non seulement pour le bénéfice des Portoricains, mais aussi des Caraïbes et au-delà. Plus précisément, il rend compte du travail de l'Institut karstique de Porto Rico et des Caraïbes, un centre d'enseignement et de recherche qui comprendra deux éléments : un centre de recherche en sciences naturelles et sociales et un musée d'histoire naturelle. De manière significative, et conformément à la vision des fondateurs de CDK et de centaines de bénévoles, ce projet vise à être au service et à soutenir les communautés mêmes au sein desquelles cette structure prend forme.

## Resumen

En 1994, un grupo de espeleólogos, naturalistas y otros residentes en Puerto Rico formaron la organización sin fines de lucro Ciudadanos del Karso (Ciudadanos del Karst o CDK) para conservar las regiones kársticas de Puerto Rico. Sin embargo, pronto la misión amplió su alcance para incluir otros sistemas naturales, reconociendo y valorando así la interdependencia ecológica y ambiental de una red de vida de la que dependemos todos los seres vivos. Este reportaje informa sobre los logros más significativos de la organización hasta el momento y describe sus ambiciosos proyectos en curso que promueven su compromiso con la investigación, la educación y la conservación, no sólo para el beneficio de los puertorriqueños, sino también del Caribe y más allá. Específicamente, informa sobre el trabajo del Instituto del Karso de Puerto Rico y el Caribe, un centro educativo y de investigación que constará de dos componentes: un Centro de Investigación en Ciencias Naturales y Sociales y un Museo de Historia Natural. Significativamente, y consistente con la visión de los fundadores de CDK y cientos de voluntarios, este proyecto pretende ser de servicio y apoyo a las mismas comunidades dentro de las cuales esta estructura está tomando forma.

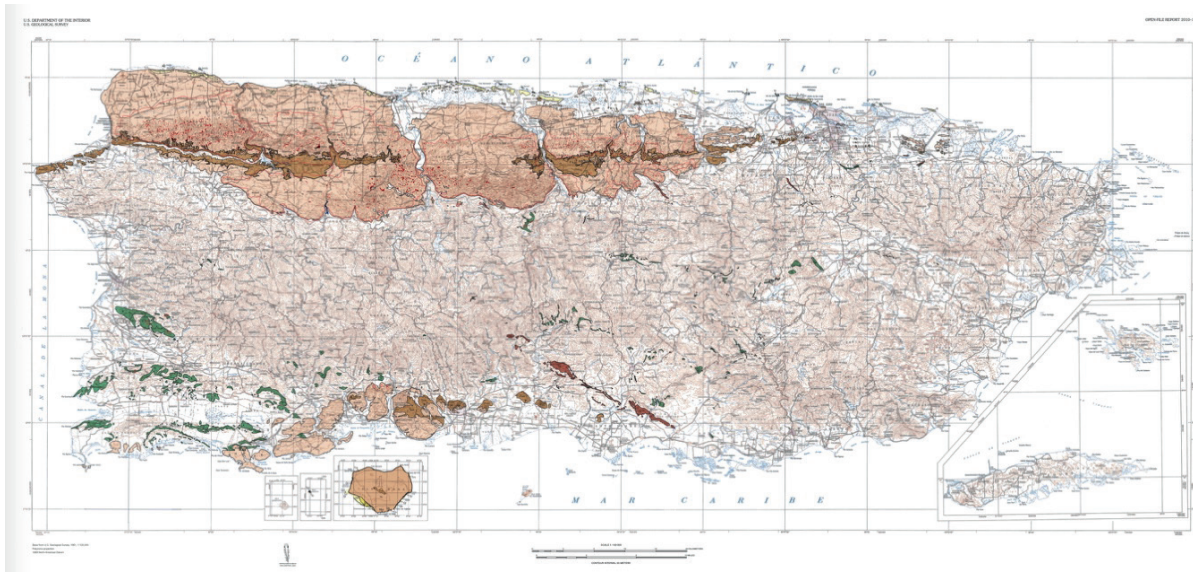


Figure 1 : Karst Map of Puerto Rico (Alemán-González 2010).

## 1. Introduction

The limestone rock region of Puerto Rico covers approximately 244,285 hectares, 27.5% of the island's surface, and is subdivided into the Northern Limestone Zone, the Southern Limestone Zone, and the Dispersed Limestone Zone (LUGO et al. 2001). The following map shows the different limestone zones of Puerto Rico, including its presence in the adjacent islands of Mona, Monito, Caja de Muertos and Vieques, which also have limestone formations (Figure 1). All limestone zones have karst characteristics of significant diversity, its value not only geologic, hydrologic, and ecological ; it is also historical and cultural (Figure 2).

In 1994, a group of Puerto Rican resident cavers, naturalists, and other concerned citizens formed the non-profit organization Ciudadanos del Karso (Citizens of Karst or CDK) to conserve Puerto Rico's karst ([www.cdk-pr.org](http://www.cdk-pr.org)). This effort was premised on the fact that caves alone

are impossible to truly conserve if not understood and valued as part of a complex web of relations and systems. Indeed, as is increasingly recognized in the caving community worldwide, caves are only one of a vast array of karst features with both surficial and subsurface features, including freshwater aquifers. Accordingly, the organization's mission broadened its scope to include other natural systems, thus recognizing and valuing the ecological and environmental interdependence of a web of life upon which all living beings depend. This paper reports on the most significant achievements of the organization so far as well as describe its ambitious ongoing projects which further its commitment to research, education, and conservation, not only for the benefit of Puerto Ricans, but also the Caribbean and beyond.

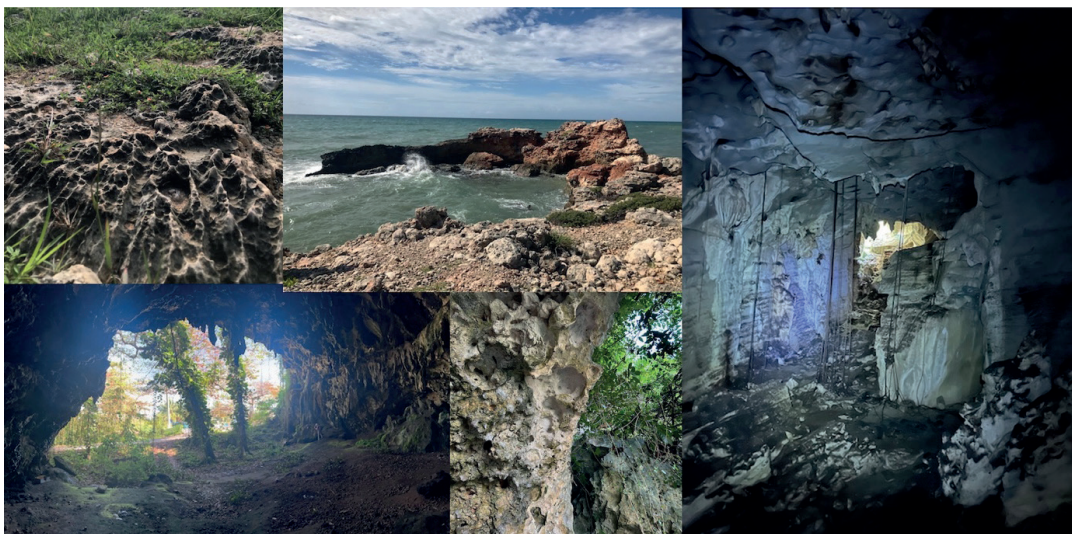


Figure 2 : All limestone zones have karst characteristics of significant diversity, its value not only geologic, hydrologic, and ecological; it is also historical and cultural (photos by M. Pérez, 2022-2025).

## 2. Volunteer-based Projects and Collaborations for the Benefit of Puerto Rico and Beyond

Over our 30 years, CDK has achieved a number for volunteer-based projects and collaborations of direct benefit to Puerto Rico. Significantly, it advanced the drafting and implementation of key laws for the protection of karst. While we already had Law 192 which states to conserve caves, there was no law that protected the other systems that make up the Karst Region. Citizens of the Karst voluntarily collaborated in the drafting of Law 292 for the Protection of Karst Physiography, approved unanimously by our legislative system in August 1999. This fact led to our country being internationally recognized by the International Union of Speleology during its Congress in Slovenia in 2000 for being one of the first in the world to create comprehensive legislation for the protection and conservation of its karst systems. It also led the Planning Board in the designations of use of the Territory to declare 232,000 acres of Karst land as rustic use especially protected in the 2014 Land Use Plan.

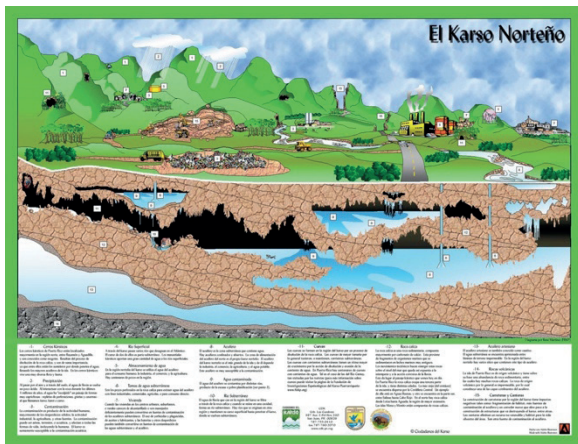


Figure 3 : El Karso Norteño poster to advance the public education of karst systems.

Moreover, among the educational programs developed by CDK are free conferences to government and community sectors, churches, schools, universities and civic and professional entities. We have developed posters, books, and videos distributed in all educational regions and

media to convey information about the importance of these regions and their value in terms of water resources for our island (Figure 3). Significant, CDK volunteers were central to the publication (and eventual translation into Spanish) the report *Karst: A Vital Resource* (LUGO et al. 2001).

A significant contribution to educational efforts ranging from K-12 and university levels was the establishment of the Mata de Plátano field station in Arecibo, with a collaboration agreement with the Inter-American University of Puerto Rico. This field station is, as of this writing, going through significant remodeling to better support research field activity by students and investigators of Puerto Rico and beyond. It is the only one of its kind in the country's karst

region, and one of very few in the entire Caribbean. It is also worth noting that CDK also offers administrative support with the capacity to help the management of funds of research projects carried out in the country and internationally. At a time when public universities are increasingly vulnerable to political and economic challenges, CDK services offer an important alternative for investigators and students alike to continue their important work.

Among our most significant educational campaigns to date is "Karst is Water and Life. Protect it!" With the support of volunteers across the country, it has already had an impact in all towns of Puerto Rico. Again, this work and impact would not have been possible without the collaboration of various organizations that posted the billboards in each area.

Moreover, a key contribution of CDK has been the past and ongoing acquisition of land in the heart of the northern karst belt. Over 100 hectares of privately owned and managed stewardship forest serve research, education, and conservation efforts. Among the most recent is the ongoing work to conserve the sapo concho (*Peltophryne* lemur), an effort involving a complex web of national and international agencies, conservancies, zoos, and other collaborators.

Last but not least, given the situation of global warming, in 2007 Ciudadanos del Karso obtained a grant from Forest Service to carry out a project that determined the impact of the rise in sea level on several cities in Puerto Rico. Its analyses and results projected a rise in sea level of 1-3 meters. Dr. Aurelio Mercado from the UPR Mayagüez Campus carried out the projections and the REX company carried out the measurement and printing work.

## 3. Current Agenda of Ciudadanos del Karso

Currently CDK is developing the first significant Natural History Museum of Puerto Rico and the Caribbean in a building whose title was obtained by Ciudadanos del Karso in 2016. The structure was the site of the old Roosevelt school in the historic center of the town of Arecibo, a place of extraordinary historic and cultural significance for the people of Puerto Rico. This structure is the future home of the Instituto del Karso de Puerto Rico y el Caribe (Karst Institute of Puerto Rico and the Caribbean or IKPReC) (Figure 4). The Institute will consist of the Museum of Natural History of Puerto Rico and the Caribbean, as well as a Scientific Research Center. The importance of this project is that it integrates community groups and science professionals in continuous scientific work through important projects that seek answers to their life situations and knowledge of the natural systems of their country. In addition, the natural history museum will display this wealth of new

knowledge in its exhibitions.

As of this writing (early 2025), CDK is also prominently featured in the news given its role supporting and advancing efforts to save the sapo concho (*Peltophryne* lemur) from extinction (EL NUEVO DÍA 2025). While we are aware of the risks of focusing on the conservation of one particular species in ways that sever it from the complex and interdependent connects to what is undeniably a complex web of life, we are also encouraged by prominent Puerto Rican artists (such as Bad Bunny) for focusing on the sapo concho. This extraordinary coincidence, right at the time when CDK and US-based conservancies were ramping up their conservation efforts, has amplified both the ecological, cultural, and even political significance of the sapo concho for Puerto Rico. It is the commitment of CDK and its growing web of volunteers to keep this momentum alive for years to come, regardless of the challenges we face.



Figure 4 : This structure is the future home of the Instituto del Karso de Puerto Rico y el Caribe (Karst Institute of Puerto Rico and the Caribbean or IKPREC) (photo of building facade by M. Pérez, 2022).

#### 4. Concluding Remarks

The work carried out in these 30 years by Ciudadanos Del Karso, Inc. in the field of education for the entire population of the country has been continuous and important. It can be seen in the media how in recent years communities aware and aware of the importance of this Karst region participate by calling for the conservation of these natural systems, attending administrative processes such as public hearings and making themselves heard by making claims of opposition to the decisions of the executive branch of the government in power.

Citizens of the Karst invites you to enter our portal [cdk-pr.org](http://cdk-pr.org) and the social networks of the Karst Institute of Puerto Rico and the Caribbean and to be attentive to collaborate with these great projects. The organization, which in 2024 celebrated its 30th anniversary (Figure 5), continues with the conservation of forests, expanses of karst lands,

collaborates and has agreements with universities in the country and the US and government agencies in PR and the US for the reintroduction of endangered species and wide-ranging educational projects. Caving groups have been of great help in the work of CDK, as have community and civic organizations which have recognized the work of CDK going on three decades.

In these 30 years of arduous educational work at all social levels, the greatest contribution of Ciudadanos del Karso and its greatest achievement has been to bring to the public spotlight the importance of these ecological systems of great importance for everyone, as they are part of our vital heritage, not only for the country, but the broader Caribbean region and beyond.



Figure 5 : Images from the CDK 30th Anniversary Celebration, October 2024 (photos by M. Pérez).

## Acknowledgments

We gratefully thank all of the members, supporters, and volunteers who make the work of Ciudadanos del Karso possible. Special thanks to the Coastal Cave Survey and Dr. María Alejandra Pérez (West Virginia

University) for this contribution's formatting and editing support and recent images of fieldwork throughout Puerto Rico.

## References

Alemán-González, Wilma. (2010) Karst Map of Puerto Rico. US Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/of/2010/1104/>. Accessed February 9, 2025.

EL Nuevo Día. (2025) Entidades firman acuerdo para relocalizar en Puerto Rico la reproducción del sapo concho. January 29. <https://www.elnuevodia.com/ciencia-ambiente/flora-fauna/notas/entidades-firman-acuerdo-para-relocalizar-en-puerto-rico-la-reproduccion-del-sapo-concho/>.

Accessed February 9, 2025.

LUGO AE, CASTRO LM, VALE A, TANIA DEL MAR LÓPEZ, PRIETO EH, MARTINÓ AG, ROLÓN ARP, TOSSAS AG, MCFARLANE DA, MILLER T, et al. (2001) Puerto Rican Karst: A Vital Resource. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office Report No.: WO-GTR-65.

# EspeleoEducar: A Extensão Universitária como Ramo da Espeleologia em Conjunto com a Educação Ambiental

Ana Lucia Vieira dos Santos (1,2), André Luiz Marques de Andrade (1,2),  
Ananda Andrade Cordovil (1,2), Ana Julia Pereira Rodrigues (1,2),  
Pedro Pires Barbosa Senhorinho (1,2).

(1) Grupo Espeleológico da Geologia da Universidade de Brasília (GREGEO), Instituto de Geociências, ICC AS 386/11, Campus Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, gregeo.unb@gmail.com / anavieira87@gmail.com (autora correspondente)

(2) Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

## Resumo

Em 2025 o Grupo Espeleológico da Geologia (GREGEO) da Universidade de Brasília (UnB) celebra 40 anos, focando na conservação, documentação e educação espeleológica. Em 2023, iniciou o Projeto de Extensão Universitária EspeleoEducar, que associou esforços do GREGEO e UnB para fomentar a educação na área. Com o objetivo de assegurar a continuidade do grupo e difundir a espeleológica para pessoas com pouco ou nenhum conhecimento nesta ciência. A iniciativa resultou em minicursos de introdução a espeleologia com mais de 100 participantes, participação em eventos como o Encontro Nacional de Estudantes de Biologia (XLI ENEB), além de treinamentos interno de técnicas de mapeamento de cavernas que visa capacitação de novos membros por meio da experiência de veteranos.

## Abstract

In 2025, the Speleological Group of Geology (GREGEO) at the University of Brasília (UnB) celebrates its 40th anniversary, focusing on conservation, documentation, and speleological education. In 2023, the group launched the University Extension Project EspeleoEducar, integrating efforts from GREGEO and UnB to promote education in the field. The initiative aimed to ensure the group's continuity and disseminate speleological knowledge to individuals with little or no prior experience in this science. As a result, introductory speleology courses were conducted, engaging over 100 participants, alongside participation in events such as the XLI National Meeting of Biology Students (ENEB). Additionally, internal training sessions on cave mapping techniques were held to equip new members through hands-on experience guided by veteran members.

## 1. Introdução

Em junho de 2025, o Grupo Espeleológico da Geologia (GREGEO) da Universidade de Brasília (UnB) completa 40 anos com uma vertente científica e suas atividades são voltadas para a conservação, documentação e educação espeleológica.

O GREGEO se organiza como uma entidade estudantil que realiza ações de exposição sobre a espeleologia para a sociedade com o intuito de captar membros e inspirar futuros espeleólogos.

A promoção de cursos e atividades extensionistas contribuem com a difusão do conhecimento sobre o patrimônio espeleológico e a importância para sua conservação FIGUEIREDO (2017).

Para consolidar essas ações, em 2023 foi criado o Projeto de Extensão Universitária EspeleoEducar, uma colaboração entre o GREGEO e a UnB, no qual o grupo se compromete com a educação espeleológica

e a Universidade se dedica ao apoio de material e logística para as saídas de campo.

As ações são divididas em dois eixos: espeleologia para todos e treinamento de membros. O primeiro trata de apresentações em eventos universitários e em escolas, bem como o minicurso de noções básicas em espeleologia que, desde a fundação do grupo, se apresenta como ferramenta importante para a divulgação da Espeleologia para a sociedade e concepção de futuros membros para o GREGEO.

O treinamento de membros se desenvolve internamente no grupo, no qual o conhecimento de membros veteranos prepara os membros iniciantes para a continuação do GREGEO, baseando a formação de futuros espeleólogos.

## 2. Materiais e Métodos

O EspeleoEducar foi estruturado em três etapas principais:

### Minicursos teóricos e práticos

O primeiro minicurso abordou noções básicas de espeleologia, com

aulas teóricas e práticas. Essa abordagem permitiu que os participantes desenvolvessem um conhecimento introdutório sobre cavernas, ambientes cársticos e as técnicas fundamentais para sua exploração. O segundo minicurso teve foco em topografia de cavernas, com uma

introdução teórica e simulação prática de mapeamento com métodos tradicionais (trena a laser e clinômetro+bússola Eyeskeys).

#### Treinamento de Topografia

Foram oferecidas oficinas para capacitar os membros em técnicas topográficas, abrangendo o uso de equipamentos como trena a laser, bússolas e clinômetros. A preparação incluiu atividades teóricas e práticas, com foco na segurança e na precisão dos levantamentos topográficos.

### 3. Resultados

Participação de mais de 100 pessoas em cursos, treinamentos e atividades de espeleologia do Centro Oeste brasileiro. Formação de 19 novos membros que receberam treinamento introdutório sobre espeleologia e topografia de cavernas. Além de promover aos integrantes do grupo o aprendizado sobre conceitos gerais de geologia, como estruturas minerais.

Desenvolvimento de competências em mapeamento espeleológico por parte dos membros internos do GREGEO, que estarão aptos a participar de futuras expedições científicas. Expansão do conhecimento teórico e prático sobre ambientes cársticos e cavernas entre os participantes de todas as atividades.



Figura 1: Minicurso de Noções Básicas em Espeleologia (2023).

#### 3.1. Introdução à Espeleologia

Realização de três minicursos entre o segundo semestre de (Fig. 1) 2023 e o de 2024, apresentando conteúdos introdutórios relativos a cavernas e ambientes cársticos com foco principal em atingir um público interno e externo à universidade que nunca teve contato com os conhecimentos relativos à espeleologia. Todos contaram com etapas teóricas e práticas que ocorreram no Monumento Natural do Conjunto Espeleológico do Morro da Pedreira para fixação dos conteúdos e vivência nos ambientes apresentados. Em específico para o público universitário, o EspeleoEducar auxiliou na saída de campo da turma de Geologia Geral da Faculdade UnB de Planaltina (Fig. 2), Distrito Federal, que tem como intuito apresentar o ambiente cárstico para os alunos dos cursos de Ciências Naturais.

#### Saídas de campo

Saídas ao Conjunto Espeleológico do Morro da Pedreira e à caverna Volks permitiram aos participantes aplicar as técnicas aprendidas em ambiente real, realizar o levantamento topográfico das cavernas e desenvolver habilidades práticas essenciais para o mapeamento de cavidades subterrâneas.

Buscando diferentes maneiras de divulgar a espeleologia do centro oeste foi realizado um minicurso teórico em ambiente virtual para alunos da Universidade Federal de Goiás (UFG) abordando temas como formação das cavernas, biodiversidade e a importância da conservação e exploração espeleológica.

Atuação no evento “Semana da Biologia” (Semabio), enfatizando aspectos da biologia subterrânea, e no Encontro Nacional de Estudantes de Biologia (XLI ENEB), com aula teórica sobre geologia na parte de sedimentologia, aulas teóricas sobre microbiologia na parte de estromatólitos, aula teórica sobre biologia subterrânea e saída de campo. O tema do ENEB 2024 foi “O Cerrado já foi mar”, e o Gregeo contribuiu na sustentação desta afirmativa do tema (Fig. 3).



Figura 2: Saída de campo da turma de Geologia Geral da FUP UnB (2023).



Figura 3: Coleta e Identificação de Chiroptera durante a Semabio (2024).

### 3.2. Mapeamento de Cavernas

Foi realizado um minicurso de introdução a topografia em cavernas ou cavidades subterrâneas, dividido em parte teórica e prática, com foco principal em atingir o público que nunca teve contato com o tema ou conhece pouco. O curso apresentou as etapas da topografia convencional e a utilização de novas tecnologias como equipamentos de medição, técnicas de desenho e interpretação dos dados coletados. Na parte prática foi possível utilizar todos os equipamentos de topografia clássica a fim de produzir um mapa.

Para a capacitação dos membros do GREGEO ocorreram oficinas teóricas para introduzir conceitos fundamentais de topografia espeleológica, tais como instrumental e técnicas de medição, essenciais para a realização de levantamentos precisos no ambiente espeleológico. Três práticas teóricas foram feitas na caverna Volks localizada em Brasília a fim de capacitar os participantes na interpretação, representação gráfica e todas as etapas que compõem um mapa e documentação espeleológica (Fig. 4).



Figura 4: Treinamento de topografia na caverna Volks (2023).

## 4. Discussão

O projeto representa um grande avanço na espeleologia, dentro e fora do ambiente acadêmico, consolidando-se como iniciativa que combina ensino, pesquisa e extensão. A estrutura adotada para a realização do projeto, à qual, em sua maioria, se fundamentou na realização de minicursos teóricos e práticos, demonstrou ser uma abordagem com grande potencial na formação de espeleólogos. Tendo em vista a realização de cursos de topografia, por exemplo, que evidenciam a importância da precisão na coleta e interpretação de dados, incentivando a postura científica criteriosa.

Para além do desenvolvimento técnico, o projeto se revelou como um espaço de fortalecimento das relações interpessoais e do trabalho colaborativo.

## 5. Conclusão

O projeto EspeleoEducar proporcionou uma experiência completa de aprendizado sobre espeleologia e topografia para os participantes, preparando-os para a atuação em campo com segurança e precisão. A divisão entre etapas teóricas e práticas foi eficaz, permitindo que os conhecimentos fossem consolidados e aplicados de maneira direta nas saídas de campo.

### 3.3. Mineralogia Cárstica

Oficinas de minerais para identificação das rochas e minerais mais comuns com parte teórica e amostras de mão para que os participantes se familiarizem com a caracterização e classificação destes que são comumente encontrados em ambientes cársticos.



Figura 5: Oficina de identificação de minerais e rochas (2024).

A interação entre os membros experientes e novatos favorece a transmissão de conhecimento garantindo a continuidade das atividades do grupo. Entretanto, o projeto ainda encontra desafios, especialmente no que se refere à obtenção de recursos e o fortalecimento de parcerias institucionais. O apoio da Universidade de Brasília e de outras entidades pode ser decisivo para a expansão da sustentabilidade do projeto. Dessa forma, o EspeleoEducar transcende a capacitação técnica ao assumir um papel essencial na sensibilização ambiental e na geração de conhecimento científico. Seu impacto se reflete na formação de futuros profissionais e no fortalecimento da espeleologia como campo fundamental na compreensão e conservação dos ecossistemas subterrâneos.

Além disso, o projeto permitiu a formação de novos membros interessados em ingressar no GREGEO, fortalecendo o grupo e garantindo a continuidade dos estudos espeleológicos. O uso de tecnologias de medição e mapeamento contribuiu para a modernização das técnicas empregadas, resultando em mapas precisos e detalhados, essenciais para futuras expedições.

## Agradecimentos

O EspeleoEducar gostaria de agradecer ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IG-UnB) pelo apoio com transporte para as saídas de campo e recursos financeiros. Agradecemos a todos os

membros do GREGEO que auxiliaram na execução das atividades, por todo o apoio e principalmente aos demais membros do EspeleoEducar: João Faria e Fábio Osório.

## Referências

FIGUEIREDO, L.A.V. Educação Ambiental e Formação espeleológica no Brasil: estado da arte e perspectivas. In: RASTEIRO, M.A.; PEREIRA-FILHO, M. (org.) Congresso Brasileiro de Espeleologia, 24, 1977. Ouro Preto. Anais. Campinas: SBE, 2027.17-24p.

# Caves in conservation units: surveying sites for geodiversity education and interpretation

Darcy José dos Santos (1), Mauro Gomes (2), Úrsula de Azevedo Ruchkys (3)  
& Luiz Eduardo Panisset Travassos (4)

(1) Cecav/ICMBio, Parque Estadual da Serra do Rola Moça, av. Montreal s/nº, Nova Lima, Brazil, darcy.santos@icmbio.gov.br (corresponding author)

(2) Cecav/ICMBio, Parque Estadual da Serra do Rola Moça, av. Montreal s/nº, Nova Lima, Brazil, mauro.gomes@icmbio.gov.br

(3) Instituto de Geociências/Universidade Federal de Minas Gerais (IGC/UFMG), Belo Horizonte, Brazil, tularuchkys@yahoo.com.br

(4) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), Belo Horizonte, Brazil, luizepanisset@gmail.com

## Abstract

In 2024, over 20,000 caves are known in Brazil, many of which are situated in conservation units like national parks, which serve as platforms for educational activities and environmental protection awareness. This study focuses on surveying sites in conservation units, emphasising caves and karst features. Selected areas in Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Pará, and Mato Grosso do Sul involved presentations for teachers and managers, field visits, and the preparation of educational materials. These units boast diverse geological formations, including caves in carbonate, ferruginous, and siliciclastic rocks, as well as other geodiversity features. Strategies are proposed to enhance environmental education and geoconservation, integrating biodiversity and geodiversity for a holistic environmental preservation view. Although results remain preliminary, this study highlights the importance of facilitating access to knowledge about these natural heritage sites for communities near conservation units, thereby strengthening environmental awareness and conservation efforts.

## Résumé

En 2024, plus de 20 000 grottes sont recensées au Brésil, dont beaucoup sont situées dans des unités de conservation telles que les parcs nationaux, qui servent de plateformes pour des activités éducatives et de sensibilisation à la protection de l'environnement. Cette étude se concentre sur l'inventaire des sites situés dans les unités de conservation, en mettant l'accent sur les grottes et les caractéristiques karstiques. Des zones sélectionnées dans le Minas Gerais, le Rio Grande do Norte, le Pará et le Mato Grosso do Sul ont été impliquées, avec des présentations destinées aux enseignants et aux gestionnaires, des visites sur le terrain et la préparation de supports éducatifs. Ces unités présentent une grande diversité de formations géologiques, notamment des grottes dans des roches carbonatées, ferrugineuses et silicoclastiques, ainsi que d'autres éléments de géodiversité. Des stratégies sont proposées pour renforcer l'éducation à l'environnement et la géoconservation, en intégrant la biodiversité et la géodiversité dans une vision holistique de la préservation environnementale. Bien que les résultats restent préliminaires, cette étude souligne l'importance de faciliter l'accès aux connaissances sur ces sites du patrimoine naturel pour les communautés vivant à proximité des unités de conservation, renforçant ainsi la sensibilisation à l'environnement et les efforts de conservation.

## Resumen

En 2024, se conocen más de 20.000 cuevas en Brasil, muchas de las cuales se encuentran en unidades de conservación como los parques nacionales, que sirven como plataformas para actividades educativas y de concienciación sobre la protección ambiental. Este estudio se centra en el levantamiento de sitios en unidades de conservación, con énfasis en las cuevas y las características kársticas. Se seleccionaron áreas en Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Pará y Mato Grosso do Sul, involucrando presentaciones para docentes y gestores, visitas de campo y la preparación de materiales educativos. Estas unidades cuentan con una diversidad de formaciones geológicas, incluyendo cuevas en rocas carbonatadas, ferruginosas y siliciclásticas, así como otros elementos de geodiversidad. Se proponen estrategias para fortalecer la educación ambiental y la geoconservación, integrando la biodiversidad y la geodiversidad en una visión holística de la preservación ambiental. Aunque los resultados aún son preliminares, este estudio resalta la importancia de facilitar el acceso al conocimiento sobre estos sitios de patrimonio natural para las comunidades cercanas a las unidades de conservación, fortaleciendo así la concienciación ambiental y los esfuerzos de conservación.

## 1. Introduction

By 2024, more than 22,000 caves have been catalogued in Brazil (CANIE, 2024), some recognised as geoheritage sites due to their scientific relevance, showcasing elements, features, or processes critical for understanding speleological and karst evolution. The country's vast geoheritage associated with karst and caves remains under evaluation and formal recognition. Despite its potential, only 14 sites are categorised

as geoheritage in Brazil by the Brazilian Commission of Geological and Paleontological Sites (SIGEP) (SIGEP, 2002; 2009; 2013), underscoring the need for greater attention and investment in the inventory and conservation of these areas.

Given Brazil's continental dimensions, these sites are accessible to only a small segment of the population, mainly the scientific community,

which values them for their geological, biological, and archaeological attributes, and tourists, drawn to their scenic qualities. Educational activities at these sites, when conducted, are still poorly systematised and primarily focused on biodiversity aspects.

At the same time, many existing conservation units, particularly national parks, house many caves and karst areas. Among the objectives of these units is to promote educational activities that raise awareness about natural resource protection. Generally, these areas feature attractions or routes where educational activities are already conducted with local school communities.

Environmental education through activities in contact with nature

## 2. Materials and methods

The study area was defined by evaluating several national parks, emphasising the variety of caves formed in various lithologies, including siliciclastic, carbonate, and ferruginous rocks. This guaranteed the distribution of conservation units throughout Brazil's regions and geological representativeness. Prioritising areas with the potential to develop new interpretive strategies, the degree of prior use of geodiversity elements for educational activities was also considered.

The management teams of a few chosen parks participated in structured interviews to learn about current educational uses, pinpoint needs, and determine whether adding content about geodiversity—specifically, karst processes and speleological heritage—is feasible. This method allowed us to tailor the activities while honouring the unique characteristics of every conservation unit.

After that, the project was showcased in two distinct conservation units. The presentation in the first park, directed at local schoolteachers who already used the area for extracurricular activities, made possible an exchange of experiences regarding the pedagogical use of caves and other geodiversity elements. The presentation in the second park was intended for professionals in charge of tourism and educational initiatives, encouraging the fusion of environmental education and educational tourism.

The concurrent comprehensive bibliographic review covered the scientific and technical studies that described the geodiversity features and processes within the conservation units. To expand the scope of environmental education, it was essential to identify pertinent geological and geomorphological elements to incorporate into interpretative activities.

Field trips were undertaken in the conservation units to investigate sites already utilised for educational activities to find new caves and other geological features that could enhance the interpretation of geodiversity and investigate sites already utilised for educational activities to find new caves and other geological features that could enhance the interpretation of Speleological mapping techniques and photographic documentation of geological formations was used during these visits, making it easier to create visual educational resources to aid learning.

Lastly, interpretive techniques that emphasised the integration of biodiversity and geodiversity were suggested based on the ideas of

## 3. Results

Four national parks were selected—Serra do Cipó, Furna Feia, Campos Ferruginosos, and Serra da Bodoquena—as well as one national forest, the Carajás National Forest (Fig. 1). The parks, as strict nature conservation units, allow only indirect use of their resources, limited to tourism, scientific research, and educational activities. In contrast, national forests, classified as sustainable use conservation units, permit the direct exploitation of some resources, provided they are conducted sustainably, balancing conservation with responsible use (BRASIL, 2000).

The Serra do Cipó National Park, located in Minas Gerais in southeastern Brazil, covers an area of 31,617 hectares, featuring caves formed in

fosters affective-cognitive interactions that can lead individuals to reevaluate their symbolic structures. For this education to be effective, it is important to promote direct interaction with natural elements and develop interpretative strategies that enable a deeper understanding beyond what is immediately visible (NEIMAN, 2007).

This article presents work conducted in four national parks containing caves and other karst features. The main goal was to evaluate the use of these caves, karst, and other geodiversity elements by surrounding school communities and propose points or routes for utilising these resources and assisting in their interpretation and understanding.

critical environmental education. By encouraging active conservation among participants and going beyond simple observation, these tactics aimed to foster a deeper understanding of natural elements and their environmental effects. The management teams of a few chosen parks participated in structured interviews to learn about current educational uses, pinpoint needs, and determine whether adding content about geodiversity—specifically, karst processes and speleological heritage—is feasible. This method made it possible to tailor the activities while honouring the unique characteristics of every conservation unit.

After that, the project was showcased in two distinct conservation units. The presentation in the first park, directed at local schoolteachers who already used the area for extracurricular activities, made possible an exchange of experiences regarding the pedagogical use of caves and other geodiversity elements. The presentation in the second park was intended for professionals in charge of tourism and educational initiatives, encouraging the fusion of environmental education and educational tourism.

The concurrent comprehensive bibliographic review covered the scientific and technical studies that described the geodiversity features and processes within the conservation units. To expand the scope of environmental education, it was essential to identify pertinent geological and geomorphological elements to incorporate into interpretative activities.

Field trips were undertaken in the conservation units to investigate sites already utilised for educational activities to find new caves and other geological features that could enhance the interpretation of geodiversity and investigate sites already utilised for educational activities to find new caves and other geological features that could enhance the interpretation of Speleological mapping techniques, and photographic documentation of geological formations was used during these visits, making it easier to create visual educational resources to aid learning.

Lastly, interpretive techniques that emphasised the integration of biodiversity and geodiversity were suggested based on the ideas of critical environmental education. By encouraging active conservation among participants and going beyond simple observation, these tactics aimed to foster a deeper understanding of natural elements and their environmental effects.

carbonate and siliciclastic rocks. In this park, a presentation was given to educators, followed by a visit to a cave, where most participants were unaware of the existence of these formations in the area. Nine sites were selected for the development of interpretive materials focused on geodiversity. One of these sites represents a karst environment in carbonate rocks, where exokarstic and endokarstic features can be observed and interpreted. Additionally, two other sites include caves in siliciclastic rocks, with features such as doline-like depressions, sinkholes, and resurgence (Fig. 2).

The Furna Feia National Park, located in Rio Grande do Norte, in

northeastern Brazil, covers an area of 8,494 hectares and contains 207 caves formed in carbonate rocks.

Previous academic studies in this conservation unit identified and assessed geodiversity sites, focusing on karst systems' geomorphological and historical-cultural aspects (ALVES & MEDEIROS, 2019; 2020). Tourism

infrastructure is under development, and school activities are already taking place using support materials primarily focused on biodiversity. Six sites were selected for didactic use and materials development to interpret geodiversity. Five sites feature exokarstic and endokarstic formations and archaeological and historical elements (Fig. 3).

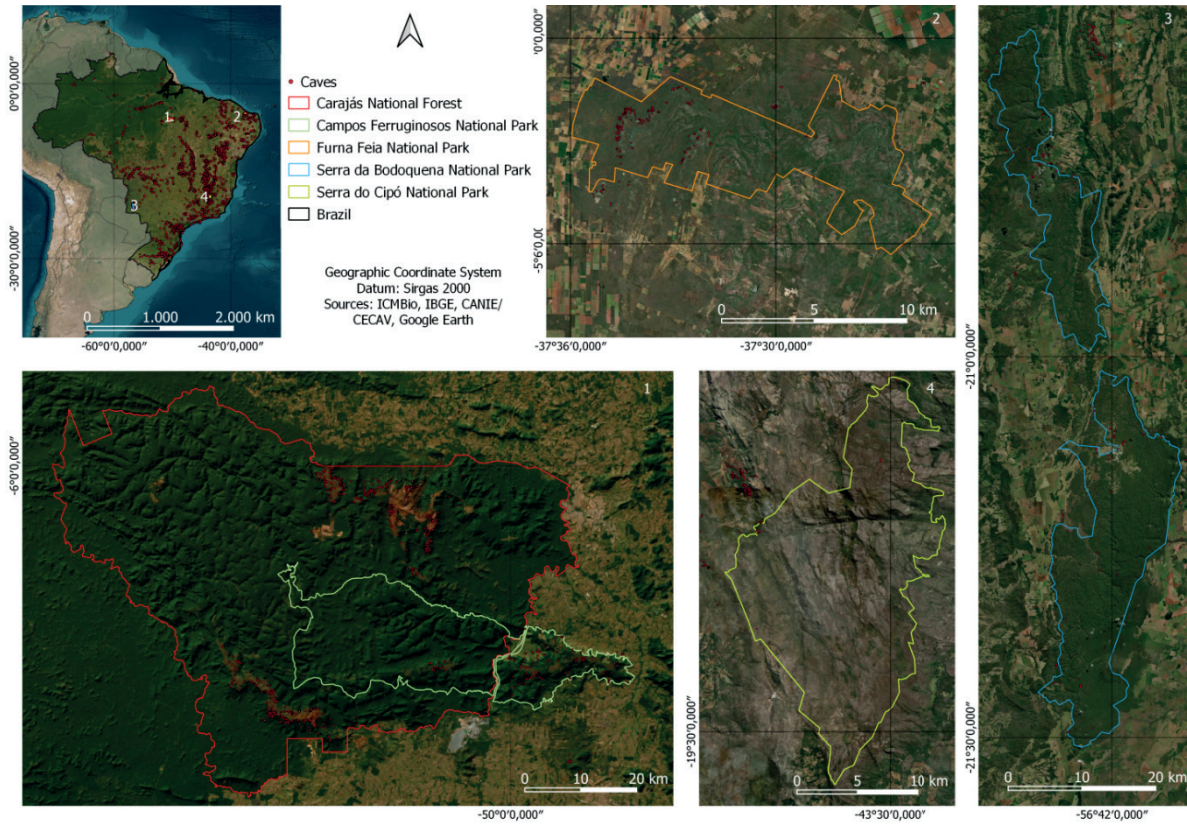


Figure 1: Location of the national forest and national parks in Brazil.



Figure 2: Features in siliciclastic rocks with educational potential at Serra do Cipó National Park. a) A closed depression and a cave entrance.

The Campos Ferruginosos National Park and the Carajás National Forest are located in Pará, in northern Brazil. These conservation units are contiguous and together cover an area of over 450,000 hectares, where more than 1,600 caves have been identified. Along with four other conservation units and an indigenous reserve, they form the Carajás Mosaic of Protected Areas. In the park, tourism activities are not yet structured, whereas in the national forest, tourism routes are

managed by surrounding communities, allowing visits to two caves developed at the contact zone between laterite and iron ore. Five areas in the national forest and two in the park were selected, where aspects of this geosystem can be interpreted, including its caves and associated formations, as well as various other elements of geodiversity and the ecosystem services they provide (Fig. 4).



Figure 3: Cave with educational potential at the Furna Feia National Park.



Figure 4. Features for Interpretation in Iron-Rich Rocks at the Campos Ferruginosos National Park and Carajás National Forest

The Serra da Bodoquena National Park, located in Mato Grosso do Sul in central-western Brazil, covers an area of 76,481 hectares and is home to 61 known caves. Carbonate rocks predominate, with numerous karst features on the surface and in the subsurface. The identified demand was to evaluate the areas already selected for tourism and explore other elements that schools could use. Additionally, there is a need to produce interpretive materials accessible to high school students.

Seven areas related to caves and other karst features were selected for this purpose (Fig. 5).

In addition to selecting interpretation points in the five conservation units, aspects to be included in interpretive materials were identified, photographed, and studied. Specific materials will be produced for each project-defined conservation unit, tailored to each unique characteristic.



Figure 5: Serra da Bodoquena National Park: Karst Features for Environmental Interpretation – Cockpits and tufas.

## 4. Discussion

Although no caves have been explored, several schools in the municipalities that border the Serra do Cipó National Park use the area for school activities. Even though park managers have expressed interest in incorporating caves into educational programs, many people are ignorant of the dynamics and processes involved in forming karst environments. Most teachers are unaware that the caves exist in the park because they are not included in the tourist routes. It emphasises how important it is to raise awareness and educate people about the region's geological heritage.

Numerous activities already take place within the boundaries of Furna Feia National Park, even though visitor routes are still being developed there. The educational resources under development could greatly enhance these visits, providing a more comprehensive understanding of abiotic factors, especially those pertaining to karst systems. This could greatly improve the local community's and tourists' comprehension and appreciation of geological heritage.

The Secretariat of Environment and Sustainability of Parauapebas requested the Carajás National Forest be included in the project, which had previously only been concerned with national parks. Due to the exploitation of massive iron ore deposits, the region has one of Brazil's fastest-growing populations (IBGE, 2023). As a result, mining operations and environmental preservation must be balanced. Due to mining pressure, caves in ferruginous rocks—particularly those found in laterite and high-grade iron ore—are being suppressed. Nonetheless, the ferruginous

geosystem merits preservation due to its distinct biotic and abiotic features, including lagoons, doline-like depressions, and caverns. Environmental agents can better grasp the significance of preserving viable portions of these formations by interpreting abiotic features in these settings.

Along with rare Brazilian formations like karst cones and tufa deposits, the karst in the Serra da Bodoquena National Park and its environs is notable for its geomorphological features, including lapiaz fields, dolines, sinkholes, resurgences, caves, and canyons. Numerous caves in the vicinity have already been identified as geosites. Many of these attractions are situated on private property outside the park boundaries, making their use in educational activities more difficult, even though the area has seen a large number of karst studies and environmental interpretation courses for tour guides offered (IG-USP, 2021). It draws attention to obstacles to entering and incorporating private spaces into educational programs.

Since the project is still in progress, the results are preliminary. To aid in interpreting geodiversity and geoconservation, the educational resources under development are intended to help educators and learners comprehend the geological and geomorphological processes of caves and karst regions. Print and digital versions of these materials will be available. They will be shown to educators from schools close to each park to establish fundamental ideas and make it easier for teachers to incorporate these geological landscapes into their lessons.

## 5. Conclusion

A large percentage of Brazil's caves are protected by conservation units, which offer a broad geographic distribution that makes it easier for more people to access geodiversity features. In addition to their conservation purposes, these protected areas seek to foster nature-based learning experiences, which are crucial for fostering a sense of connection between school communities and this natural legacy.

A key tactic for geoconservation is to provide interpretive tools to comprehend abiotic processes while facilitating communication between the school community and conservation units. Geological interpretation promotes a deeper understanding of the natural resources near communities and emphasises the significance of their preservation by supplying information about caves, karst, and other geodiversity elements.

In addition to characterising the different components of geodiversity within conservation units, the project sought to explain the natural processes that led to their formation and place them within the Earth's geological history. This understanding allows for a deeper and more knowledgeable view of the environment and its dynamics.

The project contributes substantially to developing a comprehensive understanding of the environment, where biodiversity and geodiversity are acknowledged as interrelated and essential elements in advancing knowledge and protecting the environment. To be more thorough and successful, these factors must be integrated for environmental education and geoconservation initiatives.

## Acknowledgments

This work was funded through the Speleological Compensation Commitment Terms (TCCE) No. 01/2020, signed between ICMBio and

Mineração Ferro Puro, and TCCE No. 01/2018, signed between ICMBio and Vale S.A., for which we are grateful.

## References

- ALVES, J.J.F.; MEDEIROS, W.D.A. Ecogoturismo e geodiversidade no Parque Nacional da Furna Feia: estratégias para a conservação do patrimônio natural. *Turismo: Estudos & Práticas*, Mossoró/RN, v. 8, n. 2, p. 59-91, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://geplat.com/rtep/index.php/tourism/article/view/193/179>.
- ALVES, J.J.F.; MEDEIROS, W.D.A.A. A geodiversidade e o potencial geoturístico do Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. *Revista GeoUECE*, v. 9, n. 2esp., p. 34-147, 2020. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/2184>.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03//LEIS/L9985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03//LEIS/L9985.htm). Acessado em: 19/09/2024.
- CARMO, F. F., & KAMINO, L. H. (2015). Introdução. In: F. F. Carmo, L. H. Kamino, Geossistemas Ferruginosos no Brasil. Belo Horizonte - MG: 3i.
- CECAV. Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/cadastro-nacional-de-informacoes-espeleologicas/canie>. Acessado em 19/09/2024.
- IBGE. População. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa>. Acessado em 01/10/2024.
- IG-USP. Aprendendo com os guias turísticos de Bonito. 2021. Disponível em [https://www.youtube.com/playlist?list=PL-bDrelOMNjC\\_rzesMFOVY-FBL1etyn9mb](https://www.youtube.com/playlist?list=PL-bDrelOMNjC_rzesMFOVY-FBL1etyn9mb). Acessado em 19/09/2023.
- NEIMAN, Z. A educação ambiental através do contato dirigido com a natureza. 2007. 138f. Tese (Doutorado em Psicologia Experimental) Departamento de Psicologia da Universidade do Estado de São Paulo – USP, 2007.

# Development Strategies for Study Tourism in the Guanyan Karst Underground River Basin

Lina Shen (1,2), Jinyun Tuo (3), Zhengjie Jiang (4), Tian Li (5)

(1) Institute of Karst Geology, CAGS/Key Laboratory of Karst Dynamics, MNR&GZAR/International Research Center on Karst under the Auspices of UNESCO, Guilin 541004, China;

(2) Pingguo Guangxi, Karst Ecosystem, National Observation and Research Station, Pingguo, Guangxi 531406, China

(3) Guilin University of Technology, Guilin, 541006;

(4) Guanyan Cave Scenic, Guangxi 541004;

(5) Guilin College, Guilin, 541006)

## Abstract

This study explores the potential of the Guanyan Karst Underground River Basin, centered around Guanyan Cave, as a resource for study tourism. Study tourism, encompassing travel for cultural learning, research, and practical experience, has seen rapid growth in China since 2016, particularly among primary and middle school students. The Guanyan Karst Underground River, the largest underground water system in Guilin, originates from the Siyuan area and converges into the Lijiang River. The Guanyan Cave, a giant underground river cave, offers a unique three-dimensional tourism experience, featuring cave deposits, waterfalls, and the region's typical karst landscapes, such as through-caves, sinkholes, and peak cluster depressions. The area also has cultural significance as the hometown of Bai Chongxi and a Hui Autonomous Township. Using SWOT analysis, the study examines the strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with study tourism development in the basin. The study identifies gaps in the current development and proposes strategies to address them, including integrating online and offline platforms, developing karst-themed study tours, and leveraging local karst resources for innovative tourism routes. These strategies aim to promote sustainable study tourism and expand the educational potential of karst cave-themed experiences.

## Résumé

Cette étude explore le potentiel du bassin de la rivière souterraine karstique de Guanyan, centré autour de la grotte de Guanyan, en tant que ressource pour le tourisme éducatif. Le tourisme éducatif, qui englobe les voyages à des fins d'apprentissage culturel, de recherche et d'expérience pratique, a connu une croissance rapide en Chine depuis 2016, notamment parmi les élèves du primaire et du secondaire. La rivière souterraine karstique de Guanyan, le plus grand système d'eau souterraine de Guilin, prend sa source dans la région de Siyuan et se jette dans la rivière Lijiang. La grotte de Guanyan, une gigantesque grotte de rivière souterraine, offre une expérience touristique unique en trois dimensions, présentant des dépôts de grotte, des cascades et les paysages karstiques typiques de la région, tels que des grottes traversantes, des dolines et des dépressions de clusters de pics. La région possède également une signification culturelle en tant que ville natale de Bai Chongxi et une commune autonome Hui. En utilisant l'analyse SWOT, l'étude examine les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces associées au développement du tourisme éducatif dans le bassin. L'étude identifie les lacunes dans le développement actuel et propose des stratégies pour y remédier, notamment l'intégration de plateformes en ligne et hors ligne, le développement de circuits éducatifs à thème karstique et l'exploitation des ressources locales en karst pour des itinéraires touristiques innovants. Ces stratégies visent à promouvoir un tourisme éducatif durable et à élargir le potentiel éducatif des expériences thématiques de grottes karstiques.

## Resumen

Este estudio explora o potencial da Bacia do Rio Subterrâneo Karst de Guanyan, centrado na Caverna de Guanyan, como um recurso para o turismo educacional. O turismo educacional, que engloba viagens para aprendizado cultural, pesquisa e experiência prática, tem experimentado um rápido crescimento na China desde 2016, especialmente entre estudantes do ensino fundamental e médio. O Rio Subterrâneo Karst de Guanyan, o maior sistema de água subterrânea de Guilin, tem origem na área de Siyuan e se junta ao Rio Lijiang. A Caverna de Guanyan, uma gigantesca caverna de rio subterrâneo, oferece uma experiência turística única em três dimensões, apresentando depósitos de cavernas, cachoeiras e as paisagens karsticas típicas da região, como cavernas atravessadas, sumidouros e depressões de aglomerados de picos. A área também possui significado cultural como cidade natal de Bai Chongxi e uma Aldeia Autônoma Hui. Usando a análise SWOT, o estudo examina os pontos fortes, fraquezas, oportunidades e ameaças associadas ao desenvolvimento do turismo educacional na bacia. O estudo identifica lacunas no desenvolvimento atual e propõe estratégias para abordá-las, incluindo a integração de plataformas online e offline, o desenvolvimento de excursões educacionais temáticas sobre o karst e a exploração dos recursos locais de karst para rotas turísticas inovadoras. Essas estratégias visam promover o turismo educacional sustentável e expandir o potencial educacional das experiências temáticas de cavernas karsticas.

## 1. Introduction

Study tourism can be defined as: “Travel and stay activities undertaken by individuals for the purposes of cultural learning, practical experience, and research exploration, involving short-term departures from their usual living environments to visit different locations.” In a broad sense, study tourism includes summer camps, winter camps, spring and autumn outings for primary and secondary school students, professional internships for university students, and summer research activities, as well as travel activities conducted by other age groups for research, study, or practical purposes.

“Study” is the purpose, “travel” is the means, and “base (camp)” is the venue guarantee. A study tourism base is a place with study course resources, complete reception service facilities, and educational teaching facilities, serving primary and secondary school students’ study and practice education activities. In 2016, the Ministry of Education, the National Development and Reform Commission, and 11 other departments

jointly issued the “Opinions on Promoting Study Tourism for Primary and Secondary School Students.” As policies related to study tourism continue to mature, they have greatly promoted the development of the industry. Nature reserves, world natural heritage sites, museums, and tourist attractions have leveraged natural resources and existing supporting facilities such as transportation and catering to establish study tourism bases, incorporating study tourism into their development scope.

Against this backdrop, this study takes the Guanyan Karst Underground River Basin in the core area of the Guilin Karst World Natural Heritage Site as the research object. Using the SWOT analysis method, the study investigates, organizes, and analyzes the resources related to study tourism in the basin. It proposes corresponding development strategies and recommendations, providing reference and insights for the successful implementation of study tourism in the Guanyan Basin.

## 2. Study area

The Guanyan Karst Underground River originates in the Siyuan area at the foot of the Haiyang Mountains in Lingchuan County (Figure 1). The underground river flows from east to west and emerges at Guanyan on the east bank of the Lijiang River in Caoping, where it converges into the Lijiang River, making it the largest underground water system in Guilin. Guanyan is described in detail in Xu Xiake’s Travel Notes.

The Guanyan Scenic Area is located in the core area of the Guilin Karst World Natural Heritage site, within the karst peak cluster region. It is situated in the downstream section of the Guanyan Karst Underground River and lies in the most picturesque part of the Lijiang River. It is the only developed tourist resort in the most scenic section of the Lijiang River and is considered one of Guilin’s most representative scenic areas, often referred to as the «Crown of Guilin’s Caves.» Guanyan is a giant underground river cave with a total length of 12 kilometers, of which

3 kilometers are currently open for tourism. It offers a unique «land, sea, and air» three-dimensional participatory tourism experience. In addition to its rich and diverse cave deposits, Guanyan also features underground river waterfalls formed by elevation differences within the cave. The Guanyan Scenic Area is located in Caoping, the only Hui Autonomous Township in Guangxi, a town known for its Lijiang River folk culture and as the hometown of Bai Chongxi, a prominent figure in the Guangxi Clique. The Guanyan Scenic Area was fully opened to tourists at the end of 1995 and was approved as the Guanyan Underground River Karst Study Base in 2021. It has since become primary and secondary school study tour practice education bases in Guangxi and a study tour practice education base for primary and secondary schools in Guilin, officially launching its study tour activities.

## 3. SWOT Analysis

The SWOT analysis method, also known as the Situation Analysis Method, is a widely applied systematic approach for comprehensive planning. It organizes the strengths (S), weaknesses (W), opportunities (O), and threats (T) closely related to the subject of investigation into a matrix format. By using a systematic analytical approach, it matches and analyzes these factors to formulate appropriate development strategies. In this paper, the SWOT method is employed to analyze the current strengths, weaknesses, opportunities, and challenges of the scenic area in conducting study tours. Based on the actual situation, relevant strategic recommendations are proposed.

### 3.1. Strengths

**Unique Geological Features:** The Guanyan Karst Underground River Basin offers a diverse range of karst landscapes, providing a natural classroom for studying karst underground rivers.

**Cultural and Historical Significance:** The town of Caoping adds cultural and historical value, enhancing the educational experience for study tourists.

**Tourism Infrastructure:** The Guanyan Cave Scenic Area has well-developed tourism infrastructure, including a three-dimensional participatory tourism experience.

### 3.2. Weaknesses

**Limited Development:** Only 3 kilometers of the 12-kilometer-long Guanyan Cave are currently developed for tourism, limiting the potential for study tours.

**Accessibility:** The remote location of the Guanyan Scenic Area may pose challenges for accessibility and visitor numbers.

### 3.3. Opportunities

**Government Support:** The Chinese government’s promotion of study tours among primary and middle school students provides a significant opportunity for the development of study tourism in the Guanyan River Basin.

**Educational Trends:** Increasing interest in experiential learning and outdoor education presents an opportunity to attract more study tourists.

### 3.4. Threats

**Environmental Impact:** Increased tourism could have a negative impact on the fragile karst environment, necessitating careful management and conservation efforts.

**Competition:** Other karst regions in China may offer similar study tour experiences, posing a competitive threat.

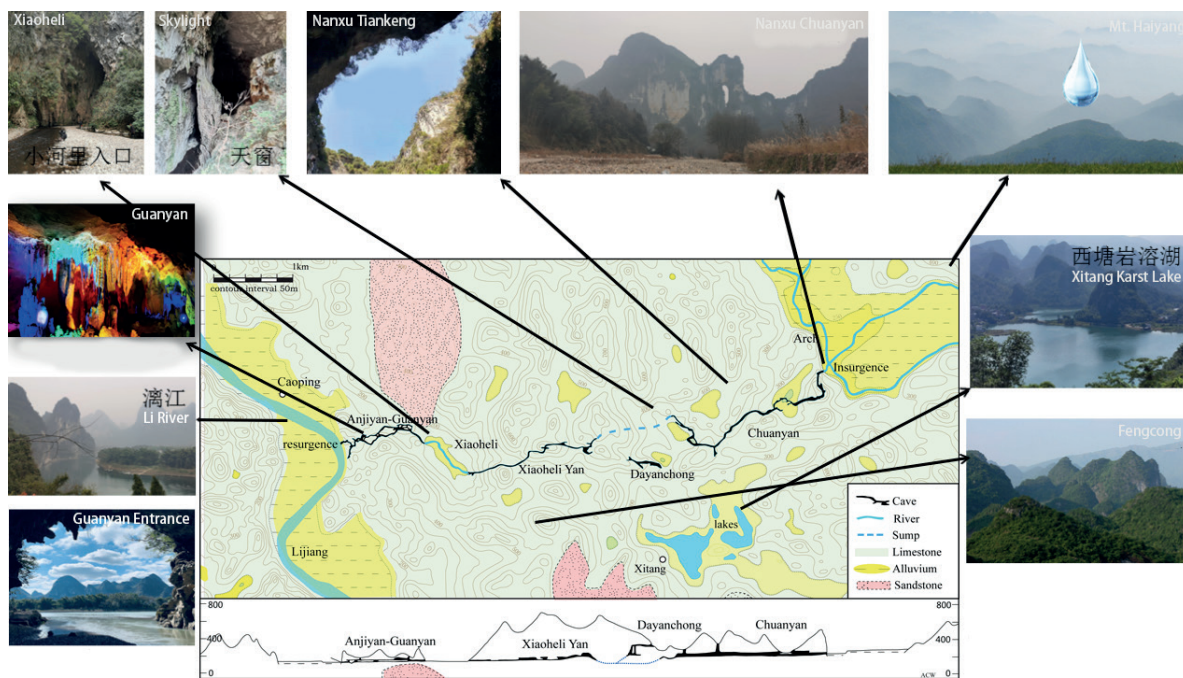


Figure 1 : Guanyan Karst Underground River Basin

## 4. Development strategies

### 4.1. Integration of Online and Offline Platforms

To enhance the study tourism experience, the Guanyan Scenic Area should integrate online and offline platforms. Online platforms can provide virtual tours, educational resources, and interactive content, while offline platforms can offer hands-on experiences and guided tours.

### 4.2. Establishment of Karst-Themed Study Tour Courses

Developing a series of karst-themed study tour courses can provide structured educational content for study tourists. These courses should cover various aspects of karst geology, hydrology, and ecology, tailored to different age groups and educational levels.

### 4.3. Combination of Study Tours with Scenic Tourism Operations

Study tours should be combined with existing scenic tourism operations

## 5. Conclusion

The Guanyan Karst Underground River Basin offers significant potential for the development of study tourism. By leveraging its unique geological features, cultural heritage, and existing tourism infrastructure, the area can become a leading destination for study tours. The proposed

strategies to maximize resource utilization and enhance the overall visitor experience. This approach can attract a broader audience, including both study tourists and general tourists.

### 4.4. Leveraging Karst Landscape Resources

The Guanyan Scenic Area should leverage its unique karst landscape resources to differentiate itself from other study tour destinations. This can be achieved by highlighting the basin's geological features, cultural heritage, and biodiversity.

### 4.5. Exploration of New Routes and Markets

Exploring new routes and markets can help expand the reach of study tourism in the Guanyan River Basin. This includes targeting international study tourists, developing partnerships with educational institutions, and promoting the area through various marketing channels.

## Acknowledgments

This research was supported by the National Natural Science Foundation of China (U21A2041), (42442708), and Guangxi Key Research and Development Program (Guike-AB25069160).

## 7. References

Zhou Z, Yu W. Conceptual Analysis and Research Progress of Study Tourism [Journal of Central South University of Forestry & Technology (Social Sciences), 2020, 14(2): 104-110]

Yang C, Xue B. Discussion on the Connotation and Construction Elements of Study Tourism Bases and Camps in China [Journal of Wuhan Business University, 2019, 33(6): 5-8]

Zheng Y. Research on the Development Strategy of Study Tourism for Primary and Secondary Schools in China Based on SWOT Analysis [Geography Teaching, 2019, 13: 54-57]

British Caving Association, Sino-British Joint Cave Exploration and New Discoveries in the Guanyan Underground River System [Chinese Karst, 1986, 5(2): 135-140]

Xie L. Research on the Implementation Path of Geography Study Tours Based on SWOT Analysis [Tropical Geomorphology, 2018, 39(2): 58-62]

# Pedagogical mapping of caves in São Desidério (BA, Brazil) as learning spaces for high school students

Ana Clara Renault Souza Silva (1), Leonardo Morato (2) & Tamila Marques Silveira (2)

(1) Freelance geologist, Barreiras, Brazil, anaclararss15@gmail.com (corresponding author)

(2) Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias, Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOP), Barreiras, Brazil, leonardo.morato@ufob.edu.br, tamila.marques@ufob.edu.br

## Abstract

Six areas that include caves in São Desidério (Bahia, Brazil) were identified for potential pedagogical itineraries aimed at high school students, being the target of a survey of their access conditions and didactic aspects, including the surrounding exokarst, speleothems and other highlights such as cave paintings and fossils, in addition to the observable underground fauna. The Lapa of Fazenda Palmeiras was the most relevant in terms of diversity and abundance of aspects, with quality and ease of viewing, and proximity to the urban center, although it is the cavity with the greatest restrictions in its narrow entrance and difficulties in moving inside. The village of Beleza in its entirety, taking advantage of the so-called Grutão da Beleza to Seu Camé's Archaeological Site, follows as a didactic alternative, but the conditions of its access road may make it impossible for large groups of students to visit. The Lagoa Azul Park prevails as an option with less restrictions, and stands out in the karst ensemble. Other areas considered were the Pedras Brilhantes Site, Tapuias' Hill and João Baio's sinkhole. This work provides basis for teachers to develop their own itineraries, and may even combine more than one area, to complement their approach.

## Resumo

**Mapeamento pedagógico de cavernas em São Desidério (BA, Brasil) como espaços de aprendizagem para estudantes do Ensino Médio.** Seis áreas que incluem cavernas em São Desidério (BA, Brasil) foram identificadas para potenciais roteiros pedagógicos voltados a estudantes do Ensino Médio, sendo alvo de levantamento de suas condições de acesso e aspectos didáticos, incluindo o exocarste no entorno, espeleotemas e outros destaques presentes como pinturas rupestres e fósseis, além da fauna cavernícola observável. A Lapa da Fazenda Palmeiras foi a mais relevante em termos de diversidade e abundância de aspectos, com qualidade e facilidade de visualização, e proximidade ao centro urbano, embora seja a cavidade com maiores restrições em sua entrada, estreita, e dificuldades no deslocamento em seu interior. O povoado de Beleza em totalidade, aproveitando-se do denominado Grutão da Beleza ao Sítio Arqueológico de Seu Camé, segue como alternativa didática, mas as condições de sua estrada de acesso podem inviabilizar a visita de turmas de estudantes numerosas. O Parque da Lagoa Azul prevalece como opção com menores restrições, e se destaca no conjunto cárstico. As outras áreas consideradas foram o Sítio das Pedras Brilhantes, o Morro dos Tapuias e o Sumidouro do João Baio. Este trabalho dá bases para professores elaborarem seus próprios roteiros, podendo inclusive aliar mais de uma área, para complementar suas abordagens.

## Résumé

**Cartographie pédagogique des grottes de São Desidério (BA, Brésil) en tant qu'espaces d'apprentissage pour les lycéens.** Six zones comprenant des grottes à São Desidério (BA, Brésil) ont été identifiées pour d'éventuels itinéraires pédagogiques destinés aux lycéens, faisant l'objet d'une enquête sur leurs conditions d'accès et leurs aspects didactiques, y compris l'exokarst environnant, les spéléothèmes et d'autres points forts présents. Le Lapa da Fazenda Palmeiras était le plus pertinent en termes de diversité et d'abondance d'aspects, avec la qualité et la facilité de visionnage, et la proximité du centre urbain, bien que ce soit la cavité avec les plus grandes restrictions dans son entrée, étroite, et des difficultés à se déplacer à l'intérieur. Le village de Beleza dans son intégralité, profitant de ce que l'on appelle Grutão da Beleza pour le site archéologique de Seu Camé, reste une alternative didactique, mais les conditions de sa route d'accès peuvent rendre impossible la visite de grands groupes d'étudiants. Le Parc du Lagon Bleu prévaut en tant qu'option avec moins de restrictions, et se distingue dans l'ensemble karstique. Autres zones considérées étaient le site des Pierres Brillantes, le Colline de Tapuias et le doline-gouffre du João Baio. Ce travail fournit des bases aux enseignants pour élaborer leurs propres scénarios, et peut même combiner plus d'un domaine, pour compléter leurs approches.

## 1. Introduction

According to educational documents, both legislative, such as Law No. 9394/96 (BRASIL, 1996), as normative, such as the National Common Curricular Base (BRASIL, 2018), it is extremely important to develop pedagogical alternatives in which students are active in discussions inherent to the curricular contents. To this end, one of the alternatives is to plan activities in spaces beyond the classroom, as a form of

complementation, which promote exchanges of experiences, multiple knowledge and quality Education (e.g., JACOBUCCI, 2008, SILVEIRA & MILTÃO, 2013, PEREIRA & SILVA, 2019). At the heart of this issue, caves can be considered as non-formal Education spaces to enhance formal teaching, with a diversity of information, and contribute to greater student participation in school activities.

However, despite the interest in speleotourism, MENIN et al. (2022) point out that in schools, in general, even when located close to underground environments, caves are rarely used to address curricular topics. Part of this problem may be related to a general lack of knowledge about Speleology and the aspects inside a cave that can be observed, combined with negative preconceptions about the cave environment, arising from informal knowledge.

In this context, the importance and potential of planning school activities in cave spaces can be seen, as a way of sharing knowledge, demystifying and re-signifying this environment. However, in order to carry out a technical field visit with a group of students, in addition to information about the existence of visitable caves, it is also important for the teacher to know in advance the specific characteristics of the place to be visited, so that he can carefully plan the activity, in an attempt to meet the expectations of both the students and his own, and to seek

the best possible outcome.

In this sense, we mapped six areas including caves, which could be used as educational itineraries for school-age students, focusing on high school students, in the municipality of São Desidério (west of the state of Bahia, Northeast region of Brazil). We identified aspects of educational appeal for this knowledge level, evaluating their quality and accessibility, and pointing out potential speleological themes to be addressed in terms of the physical, chemical, biological and historical-cultural environment. São Desidério has hundreds of registered caves, of which only a few have already been used for tourism and occasionally for educational purposes, which may even have reasonably implemented trails and signs that are suitable for different types of visitation. The Lagoa Azul Municipal Park stands out, with caves such as Gruta do Catão, which has the most developed infrastructure, but it would certainly not be the only area with potential for teaching curricular themes in an approach to Speleology.

## 2. Materials and methods

Defining a location for a technical visit for educational purposes requires surveying the access characteristics and mapping points of didactic interest present in caves in the region, of potential choice for visiting. We note that the term mapping here is not used in the strict topographic or speleometric sense, as speleologists would commonly use it, but in the pedagogical sense, representing an instrument to record and analyze spaces in their potential resources for teaching, learning and/or means of evaluation (e.g., FANTIN et al., 2019, FELIPPE, 2019).

For this mapping, locations with caves in the municipality of São Desidério (BA) with potential for conducting educational field trips were pre-selected, based on the authors' prior knowledge or recommendations from local speleologists and tour guides or employees of the Municipal Department of Environment and Tourism of São Desidério, based on the following criteria: access, as in the case of caves already used for tourism, with clean and easy trails; ease of entry into the caves, without the need for climbing equipment or crossing dangerous slopes; and spaciousness, with relatively high ceilings so that there is no need to pass through tunnels or tight spaces, also disregarding cavities and recesses that are too small, with little diversity of observable features. According to these criteria, six locations were defined for analysis: Lapa of Fazenda Palmeiras, in the village of the same name; Tapuias' Hill, with a shelter with cave paintings and a cave that share its name, Gruta Morro dos Tapuias; João Baio's sinkhole, with a doline containing small caves and shelters and a rhythmic karst spring due to an underground siphon; Pedras Brilhantes archaeological site, with caves and walls with cave paintings; Beleza, a village located in a karst canyon with caves such as Grutão da Beleza and Seu Camé's shelter with rock paintings; and Lagoa Azul Municipal Park, which contains several karst features, and caves such as Gruta do Catão and Grutinha da Onça.

The municipality of São Desidério can be accessed from the capital of Bahia, Salvador, via BR-242, or via BR-020 if departing from Brasília (DF), and then access BA-463. Starting from the urban center of São Desidério, to reach the caves of Tapuias' Hill, João Baio's sinkhole and Lagoa Azul Park, access is via BR-135, which in this section is characterized by an unpaved road, generally in good condition. The caves are located 5, 13 and 16 km, respectively, from the municipal center. Lapa of Fazenda Palmeira is accessed via the same road, but 1.5 km from the city, after crossing the Desidério stream, a local road leads south

towards the village of Palmeiras, for another 600 m. The village of Beleza is accessed via an unpaved local road after Palmeiras, and is located 18 km from the center of São Desidério. Finally, the Pedras Brilhantes site is located in the district of Sítio do Rio Grande, in São Desidério, and must be accessed via BA-463 until reaching this district, to then travel 2 km on a local road, totaling 19 km from the municipal headquarters.

During field trips to map the caves and their educational potential, aspects such as the exokarst in the surroundings, the conditions and distances on the access road, the trail, the cave entrance, the moving within it, the speleothems and other highlights present, such as cave paintings, in addition to the observable cave fauna, were raised. Each aspect raised was evaluated in three distinct dimensions, in terms of quantity, quality and ease of access. Thus, in the first criterion, the observation of the occurrence or not of an aspect and its abundance along the entire route are tabulated; in the second, the state of conservation or intrinsic quality of the specimen(s) available, in view of their effective use, are evaluated; and finally, regarding access, we refer to restrictions on the use of the aspect evaluated mainly with regard to its distance and possibility of approach (here, restrictions on approach due to fragility are also included). A speleothem may be a rare or unique occurrence, but if it is didactic and accessible, even with small restrictions (e.g., when close viewing is possible, but one person at a time), this limitation for its pedagogical use can be overcome, particularly in small classes. Roads and trails may be in good condition in terms of quality, but a greater distance will be negatively identified in the ease of access topic.

Nevertheless, topographic maps of the caves were useful, when available, as support for such mapping, and even helped to indicate aspects of didactic interest even before a more detailed investigation in the field. They were obtained from those already published in the literature or from speleology groups that hold the topographies, with emphasis on the work of the Bambuí Speleological Research Group (see RUBBIOLI, 1997; PARIZI, 2005), which provided maps of the caves of Morro dos Tapuias (SD24), João Baio II and Catão. For Lapa of Fazenda Palmeiras and Grutão da Beleza, we used maps prepared by the extinct Morcegos do Cerrado EspeleoGrupo (MorCEg), currently in the possession of the Federal University of Western Bahia (UFOB). Maps of the archaeological sites of Seu Camé and Pedras Brilhantes can be found published in LEÃO (2019) and BAETA & PAULA apud JULIANI (2012), respectively.

## 3. Geological context

The study area is geologically located in the northwest region of the São Francisco Craton, encompassing Neoproterozoic metasedimentary rocks of the Bambuí Group, represented by the São Desidério and Serra da Mamona formations, and Phanerozoic sedimentary covers of the Uru-

cuia Group on the Sanfranciscana Basin (CAMPOS & DARDENNE, 1997). The siliciclastic and biochemical lithofacies of the Bambuí Group were developed from the deposition of platform sediments in an extensive epicontinental sea. In addition, the weak to moderate deformation

present in these rocks was interpreted by MARSHAK & ALKMIN (1989) as the result of tectonic activity along Brazilian fold belts (Brasília, Araçuaí, and Rio Preto belts), leading some authors to suggest that the Bambuí Group represents sedimentation in a foreland basin of this orogeny.

São Desidério Formation, where karst and caves mainly occur in the region, consists of oolitic black metalimestones, with intercalations of metasiltstones at the base, with intercalations of metamarls, clayey metalimestones and metasiltstones going to the top (according to SILVA et al., 1989). Regarding Structural Geology, GODINHO and PEREIRA (2013)

## 4. Results and discussion

Of the selected areas and caves, Lapa of Fazenda Palmeiras or Gruta da Palmeira is the closest to the urban center of the city of São Desidério, and can be easily accessed, even on foot. However, it is located on private property and it is necessary to obtain authorization to enter, with a possible charge for this. The trail is short, about 100 meters long from the road, with a moderate climb at the end, but the single entrance is narrow, requiring crawling, and there are sections that require special attention inside the cave also due to unevenness of terrain and fallen blocks.

The cave has at least 374 m of total length and 21 m of vertical range, much of this extension in the aphotic zone. The main passage bifurcates at its end, developing a slightly labyrinthic pattern at different levels. Inside the cave, we can observe many stalactites (including straws), stalagmites and columns, as well as coralloids, flowstones and draperies. There is considerable depredation, given the proximity to the city, but this can be used to promote teaching, not only in relation to awareness and conservation aspects, but also including the internal observation of speleothems, with emphasis on the observation of euhedral calcite in a stalagmite. In addition, it is common to observe bats, with guano and invertebrates in several places, as well as spiders and amblypygians. Fossils of undetermined vertebrates can also be observed, at one point being accessible. Other highlights of this cave are related to the rock in which it is formed, with the presence of a faulted layer with stromatolites, and the morphology of the passages is didactically related to deformational structures and bedding.

The Tapuias' Hill cave (Gruta Morro dos Tapuias) is the second closest to the city center and can also be easily accessed. It is located on private property and that requires authorization to enter, but it is free of charge. The trail is moderate, 650 meters long from the road, and it is clean and has some signs indicating the way. Before entering the cave, you can see a wall with several rock paintings, in addition to incisions and other marks on blocks on the ground, making it a very expressive place to discuss Archaeology.

The cave itself has two entrances, with a total length of 417 m and a 31 m vertical range, and requires the use of flashlights to explore its interior. Inside the cave we can see some stalactites, straws, stalagmites and columns, with few other speleothems. In addition, it has a passage with bats, large quantities of guano and invertebrates are commonly observed in many places along its length, including spiders and amblypygians. There are also some archaeological engravings on an flowstone on the floor, in the chamber near the entrances.

The João Baio's Sinkhole is one of the most interesting tourist attractions in the region, considered a geosite of international relevance, as it houses a rare geological phenomenon at the bottom of a doline, which consists of a rhythmic karst spring with approximately regular variation in water flow, in which there is an increase of approximately 50 cm in the river level in matter of a few minutes (FEITOSA et al., 2019). This variation occurs throughout the year, regardless of the hydrological regime, and is associated with a karst siphon. Despite containing this phenomenon, the location itself is not very significant in terms of educational potential, as it does not have many significant speleothems, containing only a few stalactites, dams and coralloids. There is a small cave near the resurgence where we can observe the oscillation of the

described the main foliation of the carbonates as having a dip direction varying from NNW to SSE, forming a pattern of conical folds with an axis preferentially oriented in the ENE-WSW direction. To these authors, the drainage networks have a preferential direction parallel to the fold axes, that may present an opening plane that favors the flow of water in this direction. SILVA et al. (1989), through geological profiles, estimated a thickness of up to 450 meters for the metasedimentary rocks of the São Desidério Formation, in the pericratonic region.

water level as well, known as Gruta do João Baio II (João Baio I is located almost diametrically opposite, on the other side of the doline). The area is located on private property, and the owners charge a small fee.

The Lagoa Azul Municipal Park has several features with educational potential along its main trail until reaching the Gruta do Catão, including passing through another smaller cave, the Grutinha da Onça. Along the way, it is possible to discuss the geological processes of cave formation, see exokarst features, hydrography, vegetation associated with karst, among others. In addition, of all the pre-selected caves, these are the best and easiest to access, and it is possible for a bus to reach the park entrance.

As this is a tourist destination, the entire trail is well-marked and clean, and also has viewpoints (Figure 1) that make it easier to see features resulting from geological processes. However, this is the longest trail to be covered on foot, with approximately 3 km in length and a difference in elevation of 85 m, which requires participants to take breaks to rest. Access to the park also usually requires hiring a tour guide.



Figure 1 : One of several viewpoints on Lagoa Azul Municipal Park.

Among the caves in the park, the Grutinha da Onça is the first to be observed on the trail, with approximately 25 m in total length and a 7 m depth. Despite being small, the cave has a variety of speleothems, such as stalactites, straws, stalagmites, columns, coralloids and draperies. Bats are also routinely observed during the day, inside it. The main highlight of the park, however, is usually given to the Gruta do Catão. With a horizontal length of 160 m and a 10 m vertical range, the cave is an approximately linear tunnel, with two openings, and has probable stalactitic tufa of various shapes and sizes high on both entrances, large boulders and blocks, in addition to the João Rodrigues river, which runs through the cave. It is interesting to note that many of these stalactitic formations are inclined, hanging out of the cave. Because its large openings, the cave has considerable amounts of vegetation at the entrances and does not necessarily require flashlights to explore it.

In the village of Beleza, the most notable features are the canyon itself, the Grutão da Beleza and the archaeological sites of Seu Camé, with at least two shelters with rock paintings (LEÃO, 2019). The cave is located just 230 meters away from where vehicles are parked, and has

an easily accessible trail and entrance. The cavity is on private property and residents charge a fee to visit it.

The Grutão da Beleza is located at the end of a large sheltered area. Right at its entrance, it is possible to see small cave paintings on a collapsed block. In fact, there are two conduits at different levels, with the upper passage generally considered by visitors to be a separate cave, identified as the “Grutinha” da Beleza (the “small grotto”). The larger, lower passage has several speleothems: stalactites, straws, stalagmites, columns, sparkling flowstones, sets of draperies, coralloids, dams, and helictites. It is possible to get close to many of them for viewing. Moving around inside is generally easy, and this cave has even been visited by people in wheelchairs (NUNES et al., 2015).

Close to the cave, in the continuity of the village, about 800 m from the parking point, it is also possible to access archaeological sites on the Seu Camé property, with good representations of rock paintings. The trail to these sites is in the middle of woodland area, sometimes having to pass through pasture that can be high and, therefore, access is somewhat difficult.

Combining reasonably large caves and expressive archaeological sites, the aspects observed in the village of Beleza are analogous to those observed in the Tapuias’ Hill. The negative point of this location is the access road, which is in a worse state of conservation, normally only allowing the passage of passenger cars.

Finally, the Gruta das Pedras Brilhantes or Lapa dos Tapuias comprises a small set of cavities, with the presence of large panels with cave paintings and other archaeological evidences associated with blocks (JULIANI, 2012). Although this cave has been indicated as having potential for pedagogical use, and literature attests to this, it has not been directly investigated in recent times, as visitation is restricted by determination of the Public Ministry. There is no release forecast, nor certainty of obtaining temporary authorizations.

In all locations it was possible to observe characteristics regarding the substrates and geological structures that conditioned the formation of the caves. In addition to what has already been mentioned for Lapa of Fazenda Palmeiras, also noteworthy are conduits in the caves Morro dos Tapuias and Beleza, whose triangular morphologies in cross-section attest to stratigraphic-structural controls.

After completing the pedagogical mapping of all the locations and their caves, we began to analyze and compare the various aspects raised. For better visualization, we developed a comparative table (Figure 2) for the caves and locations visited, where, based on the criteria of occurrence or quantity, quality and accessibility, we classified each observed aspect as unsatisfactory, average, good and excellent, being a scale for when the cave does not present the criterion or it is in prohibitive or inaccessible conditions, until when it presents satisfying the pedagogical requirements, respectively.

Three items that are not included in the table, but that should also be taken into consideration, are occasional expenses with surface land owners, the ease of dialogue or contact with these owners, and finally, the effective release of access (which may be directly interconnected). These aspects, however, are fluid and can change according to unforeseeable circumstances, both negatively and positively. The case of the Pedras Brilhantes site exemplifies this issue.

It is important to emphasize that, in any case, the definition of locations for a technical visit must also take into account the target audience, determined in agreement between schools and guardians. It is also necessary to consider, in addition to the number of people served and their age, the demand for monitors to assist with control and movement, in each of the scenarios discussed here. We also recommend the accompaniment of one or more licensed tour guides, depending on the size of the group, but this condition is not currently mandatory for all the areas mentioned – which may also change in the future.

	LAPA OF FAZENDA PALMEIRAS	TAPUIAS' HILL	JOÃO BAIÓ'S SINKHOLE	LAGOA AZUL PARK	BELEZA	PEDRAS BRILHANTES SITE
Access road	▲	▲	▲	▲	■	▲
Trail	▲	■	▲	**	▲	▲
Karren	■	★★★	■	★★★	▲▲	■
Entrance	■	■	★	★	■	★★
Moving inside the cave (safety)	■	■	★	★	★	★
Stalactites	★★★	★	■	★★★	★★	▲▲
Soda straws	★★★	▲	×	■	★★	×
Stalagmites	★★★	■	×	■	★★	■
Columns	★★★	■	×	■	★★	×
Helictites	★★	■	×	×	★	×
Draperies	★★★	■	■	■	★★	■
Flowstones/sparkling flowstones	★★★	■	■	×	★★	×
Dams	★★★	■	★★★	■	★	×
Coralloids	★★★	■	■	■	▲▲	★★★
Aphotic zone	★★★	▲▲	×	■	▲▲	×
Archaeology	×	★	×	×	★★	★★
Palaeontology	★★	×	×	×	×	×
Underground Biology	★★	★★	■	■	▲▲	★★

Figure 2 : Comparative table of criteria for pedagogical evaluation of selected locations. The different symbols normally refer to the state or intrinsic quality of the observed aspects, using: ■ for bad or terrible; ▲ regular or good; ★ great or excellent (or extremely didactic). Non-existent or unobserved aspect is indicated by X. Still regarding quantity or observation, the following is used: one symbol when the aspect is rare or occurs only once; two when present in more than one situation, even in small occurrences; and three when common, abundant, in large occurrences. And regarding ease of access, different sizes are used for the symbols, with the smallest representing a distant aspect, difficult to see or access (■); medium size (■) when visible, accessible, with minor restrictions; and large (■) when easily visible and/or for close, good or unrestricted access. Considering these aspects, in the general evaluation of the criteria, they are indicated by colors as unsatisfactory (red), regular (yellow), good (green) or excellent/great (blue).

## 5. Conclusion

After comparing the established criteria, we can conclude that the caves/locations that present the greatest pedagogical potential for high school education as a whole are Lapa of Fazenda Palmeiras, followed by the village of Beleza and the Lagoa Azul Park. However, it is important to note that Lapa of Fazenda Palmeiras is the one with the greatest restrictions on its entrance and difficulties in moving inside, creating limitations on the number of students it can receive that must be considered. In addition, the access road to Beleza is often in very poor

condition, not allowing buses to pass through and, therefore, making it usually unfeasible to take large groups of students. It would be desirable if valuing the pedagogical nature of this region could raise awareness among public authorities about better maintenance of the access roads. Nevertheless, we list several options here and provide initial support for teachers to start developing the itinerary that best suits them, and may even, depending on the time available, combine more than one area, for an even richer approach.

## Acknowledgments

We gratefully thank Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas for providing maps for some of the caves discussed herein, Robson Soares BRASILEIRO, Bruno Castro da SILVA, and Lucas Alves MEDEIROS for help during the field activities, the Tourism Secretary of the Municipality of

São Desidério for facilitating access to the Lagoa Azul Municipal Park, all particular proprietaries for access through their land, and Luiz Afonso Vaz de FIGUEIREDO and Jorge Santos NÉRIS for criticism on a previous stage of this work.

## References

- BRASIL (1996) Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB. 9394/1996.
- BRASIL, Ministério da Educação (2018) Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC.
- CAMPOS J.E.G., DARDENNE M.A. (1997) Estratigrafia e sedimentação da bacia sanfranciscana: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências* 27:269-282.
- FANTIN M., SANTOS L.F.S., VALENTE L.S.B. (2019) Espaços da cidade e a educação de crianças: um mapeamento geográfico, histórico, afetivo, cultural e pedagógico. X Seminário Internacional As Redes Educativas e as Tecnologias, Rio de Janeiro, p.1-5.
- FEITOSA G.D.S., PEREIRA R.G.F.A., FIGUEIREDO JUNIOR S.M. (2019) Sumidouro do João Baio. Geossit: Cadastro de Sítios Geológicos. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/geossit/geossitios/ver/1553>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- FELIPPE L.S. (2019) Cartografia social da Vila Cachorro Sentado: mapeamento coletivo pedagógico e o projeto da casa dos Cata-Ventos. Universidade do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Licenciatura em Geografia, 51p.
- GODINHO L.P.S., PEREIRA R.G.F.A. (2013) Caracterização geomorfológica preliminar do sistema cárstico do Rio João Rodrigues, São Desidério – BA. In: RASTEIRO M.A., MORATO L. (orgs.) Congresso Brasileiro de Espeleologia, 32, 2013. Barreiras. Anais. Campinas: SBE, p.341-351.
- JACOBUCCI D.F.C. (2008) Contribuições dos espaços não formais de educação para a formação da cultura científica. *Revista Em Extensão* 7(1):55-66.
- JULIANI M.L.J.C.O. (coord.). (2012) Relatório Técnico: Levantamento do Patrimônio Arqueológico – Área de Abrangência do Sistema Cárstico do rio João Rodrigues, município de São Desidério - BA. A Lasca Arqueologia, 54p.
- LEÃO F.M.S. (2019) Discussões iniciais sobre a geodiversidade dos sítios arqueológicos Serra do Mimo (Barreiras) e Seu Camé (São Desidério), Bahia, Brasil. Trabalho de conclusão de curso em Geologia, Universidade Federal do Oeste da Bahia, 93p.
- Marshak S., Alkmin F.F. (1989) Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco Region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics* 8(3):555-571.
- MENIN D.S., TOGNETTA L.R.P., BACCI D.C. (2022) As cavernas como tema interdisciplinar no ensino fundamental. *Revista Brasileira de Educação Ambiental* 17(3):72-91.
- NUNES E., MORATO L., VASCONCELOS W., BRAGANTE FILHO M.A., SILVA L.V. (2015) Atividade espeleoturística adaptada no Grutão da Beleza (BA-539): relato de caso de pessoas com deficiência (PCD): cadeirantes, visuais, mobilidade reduzida e espeleólogos voluntários. In: RASTEIRO M.A., SALLUN FILHO W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. Anais... Campinas, SBE, p.687-696
- PARIZI A.C. (2005) Abufelando em São Desidério. *O Carste* 17(1):22-29.
- PEREIRA A.F., SILVA V.F. (2019) A mediação da aprendizagem em espaços não formais com estudantes da rede pública. in: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, XII, Natal, UFRN, 6p.
- RUBBIOLI E. (1997) São Desidério – A Fronteira Final. *O Carste* 9(3):46-57.
- SILVA M.E., KARMANN I., TROMPETTE R. (1989) Litoestratigrafia do Supergrupo Espinhaço e Grupo Bambuí no Noroeste do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 19(2):141-152.
- SILVEIRA T.M., MILTÃO M.S.R. (2013) Educação Não-Formal e Mapas Conceituais: estudo de fenômenos da natureza em alguns pontos turísticos de Salvador-BA. *Caderno de Física da UEFS* 10:23-42.

# Pedagogical workshop for the dissemination of Speleology at a school in Barreiras (BA, Brazil)

Ana Clara Renault Souza Silva (1), Leonardo Morato (2) & Tamila Marques Silveira (2)

(1) Freelance geologist, Barreiras, Brazil, anaclararss15@gmail.com (corresponding author)

(2) Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias, Universidade Federal do Oeste da Bahia, Barreiras, Brazil, leonardo.morato@ufob.edu.br, tamila.marques@ufob.edu.br

## Abstract

The aim of this study was to promote Speleology in a public school in the city of Barreiras (Bahia state, Brazil), by the development of a pedagogical workshop. The content was taught to a class of third year high school students, in accessible language, according to the participants. Theoretical aspects of subjects such as Biology, Geography, History, Physics, Chemistry and Mathematics were presented, relating themes that are part of the curricular components (according to the current Common National Curricular Base) to caves. Practical experiments consisted of artificial production of speleothems, analysis of water acidification for speleogenesis, and simulation of cave paintings. Field activities were carried out in the Parque Municipal da Lagoa Azul, in the neighboring city of São Desidério, whose caves were used as learning spaces. The workshop was evaluated, after the activities were carried out, with a feedback questionnaire with spontaneous participation, with 82% of responses returned, and testimonials were filmed and edited into an advertising video made available on the internet to enhance scientific dissemination. Finally, this work attests to how Speleology can and should be used as a learning tool in various areas, in addition to proving the need for more activities like this.

## Resumo

**Oficina pedagógica para a divulgação da Espeleologia em uma escola de Barreiras (BA, Brasil).** Este trabalho tem como objetivo a divulgação da Espeleologia em uma escola pública no município de Barreiras (BA, Brasil), por meio da elaboração de oficina pedagógica. O conteúdo foi ministrado a uma turma de estudantes do 3o ano do Ensino Médio, em linguagem acessível, de acordo com os participantes. Foram apresentados aspectos teóricos de disciplinas como Biologia, Geografia, História, Física, Química e Matemática, relacionando temas que fazem parte dos componentes curriculares (conforme a Base Nacional Comum Curricular vigente) às cavernas. Experimentos práticos consistiram na produção artificial de espeleotemas, análise da acidificação da água para a gênese de cavernas, e simulação de pinturas rupestres. Atividade de campo foi realizada no Parque Municipal da Lagoa Azul, no município vizinho de São Desidério, cujas cavernas foram utilizadas como espaços de aprendizagem. A oficina foi avaliada, após a realização das atividades, por meio de um questionário de feedback com participação espontânea, com 82% de retorno de respostas, e depoimentos foram filmados, editados em vídeo publicitário disponibilizado na internet para potencializar a divulgação científica. Por fim, este trabalho atesta como a Espeleologia pode e deve ser utilizada como instrumento de aprendizagem em diversas áreas, além de comprovar a necessidade de mais atividades como essa.

## Résumé

**Atelier pédagogique pour la promotion de la spéléologie dans une école de Barreiras (BA, Brésil).** Ce travail vise à promouvoir la spéléologie dans une école de la municipalité de Barreiras (Bahia, Brésil), à travers le développement d'un atelier pédagogique. Le contenu a été enseigné à une classe de 3e année de lycée, dans un langage accessible. Les aspects théoriques de matières telles que la biologie, la géographie, l'histoire, la physique, la chimie et les mathématiques ont été présenté, en reliant des thèmes faisant partie des composantes curriculaires (selon la base curriculaire nationale actuelle) aux grottes. Les expériences pratiques comprenaient la production artificielle de spéléothèmes, l'analyse de l'acidification de l'eau pour la spéléogenèse et la simulation de peintures rupestres. L'activité de terrain a été réalisée dans le parc municipal de Lagoa Azul, dans la municipalité voisine de São Desidério, dont les grottes ont été utilisées comme espaces d'apprentissage. L'atelier a été évalué, après la réalisation des activités, au moyen d'un questionnaire avec participation spontanée, avec 82% de réponses renvoyées, et témoignages ont été filmés dans une vidéo mise à disposition sur internet pour favoriser la diffusion scientifique. Enfin, ce travail démontre comment la spéléologie peut et doit être utilisée comme outil d'apprentissage dans plusieurs domaines, en plus de prouver la nécessité de davantage d'activités comme celle-ci.

## 1. Introduction

Bahia is the third Brazilian state in terms of the number of known caves, and São Desidério, located in the far west, is one of the municipalities of this state with the largest number of underground cavities, developed over Neoproterozoic limestones of the Bambuí Group (see RUBBIOLI et al.,

2019). Even though the region is rich in karst environments, Speleology is not widely publicized among the local community and, in general, MENIN et al. (2022) point out that, although caves attract tourism, the schools, even those located close to underground environments, rarely

use them to address curricular themes. FIGUEIREDO & SILVA JÚNIOR (2019) highlight that generally the teaching of Environmental Education in schools, even when linked to a karst scenario, also focuses more on the speleogenesis and cave faunas. However, these authors state that it is necessary to rethink the approach, expanding the interdisciplinary vision of Speleology.

In this sense, the aim of this work is to promote Speleology among students of Basic Education in the city of Barreiras, in the west of Bahia, relating subjects from various disciplines of their curricular base to caves, and through this work on the importance of the conservation of

speleological heritage, in order to generate in the school community an initial reflection on how their behaviors can interfere in nature and the underground environment, dialoguing with Environmental Education. We seek to present a report of a pilot experience, working on speleological themes related to the physical, chemical, biological and historical-cultural environment, addressed in a theoretical and practical way through a pedagogical workshop, also counting on different simple experiments and a technical visit to a real cave in the city of São Desidério (BA), in order for the students to see this environment not just as a trip destination, but as a place of learning.

## 2. Materials and methods

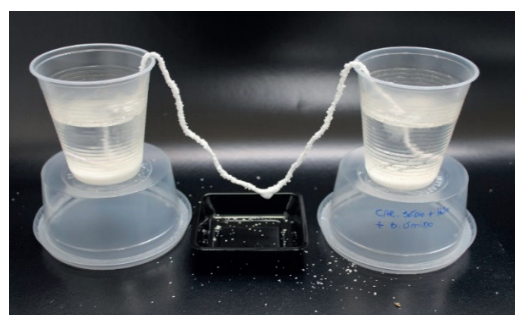
The methods adopted in this work include different approaches and learning environments, between formal spaces (the school itself) and non-formal spaces (in this case, a visit to a cave) to promote Speleology. Based on this scenario, the work was developed in five main stages, which began with preparatory activities for the theoretical and practical parts, followed by the workshop at the school, the field activity, the production of an advertising video and the evaluation of the results.

In the preliminary activities, the following were carried out: identification and selection, with meeting with managers, of the school and class(es) included in the workshop, with scheduling of the dates for its realization; the bibliographic survey on the caves and the regional and local geological-speleological context, as well as content elements that can be observed in the potential locations; obtaining topographic maps of pre-selected caves with tourist-pedagogical potential; on-site mapping of the pedagogical potential of the pre-selected caves; evaluation and selection of the cave(s) for practical field visit; planning, elaboration and testing of the practical experiments to be developed in the classroom during the workshop.

It was decided to contact a school that had previous agreements or partnerships with the Federal University of Western Bahia (UFOB, in the portuguese acronym) and had already shown interest in university extramural activities, to facilitate bureaucratic procedures. Thus, the workshop was held at the Herculano Faria State School, a public institution in the city of Barreiras (BA). A class of 33 third-year high school students, whose training itinerary was Natural Sciences, was defined for pilot application.

It is important to emphasize that the definition of the location for a technical visit also took into account the target audience determined by the school. That said, after evaluating the access and didactical characteristics present in caves in the region, the visit was determined to be at the Lagoa Azul Municipal Park, in the municipality of São Desidério.

After analyzing the literature and prior testing, three practical experiments were selected for application at the school. The first one, which simulated the development of speleothems using household and/or easily accessible materials, was based mainly on the work of STUMPF & RIBEIRO (2018). The basic setup of the experiment consists of dissolving a substance in liquid until it is saturated, placing this solution in two containers, and positioning a piece of string with one end inside each container. The string must have its curvature below the liquid level (see Figure 1). In this way, the string, through capillarity, will pull the saturated liquid and allow it to drip at its lowest point, allowing the precipitation of solids, representing what happens in the formation of speleothems. We used a ratio of 100 ml of liquid to 50 ml of solid, in 200 ml cups, with five solution options, with limestone in vinegar, and table salt, sodium bicarbonate, sodium carbonate, or Epsom salt in water. These experiments require at least one week of follow-up to present satisfactory results.



*Figure 1: Assembly setups for the speleothem growth experiment, where additional pots were used to raise the containers with the solutions.*

For the second experiment, we based ourselves on the work of GRANDISOLI et al. (2015), proposed to discuss global warming, but used here to demonstrate the effect of acidification on limestone structures, showing students how caves can be formed. Basically, it consists of taking an infusion (or extract) of red cabbage (a homemade acid-base indicator) to the classroom, dividing it into three glasses, and adding a little vinegar to one of the glasses and sodium bicarbonate to the other. In this way, the three glasses will have solutions with different pH, resulting in different colors for the solutions in the neutral (only with the infusion), acidic (with vinegar) and basic (with bicarbonate) states. Next, the glass containing the neutral solution should be covered with PVC plastic wrap and blown into it through a straw. This will add CO<sub>2</sub>, changing the color of the liquid, and by comparing it with the solutions with vinegar and baking soda, the acidification of the water will be observed. In nature, this is a fundamental reaction indicated in the genesis of carbonate caves. This relationship can be further made explicit by adding a chalk stick (partially composed of calcium carbonates) to the glasses of acidic and neutral solution, so that the release of gas and its eventual dissolution in contact with the acidic medium can be observed.

The third experiment consists of reproducing “cave paintings” with household materials and others available in nature. Cardboard and a tray with some objects are provided, where participants must discover which of these materials can be used and/or combined to make paints and artistic representations, thinking about how ancient people did it. The tray will contain materials that provide pigments or serve as binders and can be used for art, while other materials do not. Among the materials provided, we include sand and clay (dry and sifted), powdered limestone, powdered chalk, charcoal (whole and crushed), wood, leaves, fruits, seeds, eggs and water. Students are also asked to make paintings that represent their generation, without using writing, which can lead to a discussion of symbolic representation and potential mistakes in attempts at future interpretations.

When preparing the theoretical class, some speleological subjects should be presented to the class, relating it to school subjects, according to the Common National Curricular Base (BRASIL, 2018). These topics can also be discussed during the technical field visit, in order to conduct an educational dialogue, since the time available in the classroom is

usually limited – and in this case, it was restricted to just two class hours, divided between theory and practice.

Subjects potentially covered in the workshop include (but are not limited to):

- **Physics/Mathematics:** echoes, force/weight in rocky environments, siphon effect, scale and trigonometry for mapping;
- **Biology:** ecosystems, interactions and ecological-evolutionary adaptations of living beings in caves (accidental individuals, troglonexes, troglóphiles and troglóbites), and the vegetation associated with karst;
- **Chemistry:** chemical reactions, precipitation, dissolution and origin of caves and speleothems;
- **Geography:** Hydrology, Hydrography (water circulation in the karst system) and Climatology (climate changes in geological time, external terrestrial dynamics);
- **History:** History of Humanity (in archaeological and cultural/religious contexts);
- **Arts:** Photography, Sculpture and Painting (in current and past records);
- **Environmental Education:** environmental impacts (deforestation, agriculture, mining and vandalism) and the importance of conservation as an environment for living beings (ecology), Archaeology, Paleontology, speleothems, among others.

In carrying out the technical visit, the method adopted is the guided

interpretive trail, where a route for educational use is determined based on the analysis of environmental resources and the interpretation of these resources (according to OLIVEIRA et al. apud BLENGINI et al., 2019). In interpretive trails, the landscape is understood as a didactic resource and, through its interpretation, participants can be informed and made aware of environmental complexity. The guided interpretive trail is accompanied by an instructor, who mediates the discussions; during the execution of the route, this person will guide the participants and provide information, leading them to observe, feel and question the facts related to the established theme (BLENGINI et al., 2019). Safety aspects must be widely observed, such as prior guidance and instructions also on site, use of individual safety equipment, and the following by monitors (with at least one monitor for every 10 participants).

During all workshop activities, photographs and video recordings may be made. To do so, participants must sign an image usage authorization form. These recordings were later edited with Adobe Premiere Pro 2024 software, with the collaboration of advertising professional Gabriel MACEDO, resulting in a video, as a tool to expand scientific dissemination.

After the field trip, participants who felt comfortable answered a questionnaire to help evaluate the effectiveness of the workshop and eventually suggest improvements for its applicability. Observations made from recorded videos and directly from interactions with students were also annotated for evaluation. It should be noted that the workshop is not intended to approve students in their respective school subjects, and any questions answered here were intended solely to evaluate the effectiveness of the proposed activity.

### 3. Results

The workshop was held at the school on May 7, 2024, lasting 1 hour and 40 minutes, divided into 50 minutes of theory and 50 minutes of experimental practice. First, there was an explanation, which began by asking students if they had ever been to a cave and if they were interested in the subject. We also addressed the fact that the western region of Bahia includes a karst region, an environment in which people live, and therefore it is important to have some knowledge about caves. With this, the presentation began, where some basic concepts about caves were briefly explained to the students: how cavities and speleothems are formed; cave fauna and how their adaptations and interactions occur, in addition to the importance of underground ecosystems; climatological studies through speleothems; archaeology and paleontology present in caves; religious tourism in caves; speleological mapping and some speleological exploration techniques. All these topics were addressed with the aim of developing a dialogue with students about Environmental Education and conservation.

After the theoretical part, the students were taken to the school laboratory for the practical part, where the three selected experiments were carried out. It is important to highlight that we set up the speleothem growth experiment with the students two weeks before the day of the workshop, which was longer than initially planned, due to a standstill carried out between teachers and government, requiring the rescheduling of the workshop and the field. In this way, the students were able to monitor the growth of the deposits for 15 days before the application of the rest of the theory and practice. The students had the opportunity to observe different results. Since the deposits had already formed on the day of the workshop, there was initially a discussion about the types of speleothems that were formed, highlighting the formation of deposits similar to stalactites and flowers, respectively in the solutions with sodium carbonate and limestone fragments.

The students were then divided into eight groups to carry out the other practices. Four groups were responsible for developing the experiment related to the cave formation, while the other four carried out the

experiment on cave art. In the latter, most of the students mixed pigments using water as a base, others used charcoal directly to draw, but none used eggs as a binder for pigments. We considered this use, based on the tempera technique (see THOMPSON JR., 1962), as a way of creating more robust and adhesive paints on natural walls, unlike what would be obtained with water in most cases, but the technique was unknown to all of the students. Among the motifs represented, although different thoughts may have emerged, depending on the group, there were also some in common, such as representations of the participants themselves as individuals, whether through drawings of stick figures or the initials of their names. Furthermore, some students made representations of the logo of a short video application that was currently widely used by them, but that may not have any meaning for future generations. Finally, one group also drew the National High School Exam (ENEM, in portuguese) notebook, which, according to them, represents the “terror of students” at this stage in their lives.

The field activity took place at Lagoa Azul Municipal Park, in São Desidério, on May 11, 2024, with 19 students (58% of the participants). Some teachers from the school itself also accompanied the activity. The researchers were responsible for providing helmets for the participants; water and snacks were the responsibility of the participants, as well as sunscreen and flashlights. The activity also had three monitors to assist on the route and inside the caves, which included students from the Geology course at UFOB with experience in field activities, and one of whom is a civil firefighter, and carried a first aid kit in case of any eventuality. The field trip took place in the morning, from 7:30 am to 12:00 pm.

The activity was carried out along the pre-existing trail in the park, taking advantage of strategic viewpoints and stopping points to facilitate explanations, questions and discussions. During the field activity, students were able to see up close several aspects that were discussed in the classroom, such as the geological processes that form caves, karst features, speleothems, underground organisms and ecosystems and Hydrology.

Photographic and video documentation was carried out during the workshop, both in the theoretical/practical part in classrooms, but especially during the field work. At the end of the trip, students and other participants who felt willing were given the opportunity to record an individual testimony, declaring their impressions of the entire activity. Also noteworthy were the comments made by teachers and monitors, who noted the workshop's potential and its relationships with the pedagogical activities they routinely carry out. Several clippings were selected for editing, resulting in the workshop's promotional video, which will be made available on UFOP's social networks.

After the field activity, each student was given a feedback questionnaire to evaluate the workshop. In addition to fields for identification (optional), there was a general question about previous experiences with caves and six questions specifically related to the workshop: approval of the activity (question 1); support in content fixation (2); educational quality of the experiments (3); importance of the field activity (4); ability to pass on the subjects seen to others (5); and a general report with possible comments, criticisms and suggestions (6). Questions 4 and 6 were discursive, while the others suggested the answer through scores from 0 to 5, in terms of satisfaction.

Completing the questionnaire was not mandatory. The responses were collected by the teacher the week after the field trip. Among the 33 workshop participants, 27 responded to the questionnaire, with a response rate of 82%. Of the responses, 15 were from students who participated in all workshop activities, 11 attended the theoretical/practical part and did not go to the field, and only one was from a student who did not observe the practical experiments, but attended the theory and went to the field. In other words, three of the 18 students (17% of the total) who participated in all activities, including the field trip, did not respond, and the other three unanswered questionnaires were from the 14 students who only attended the theoretical/practical part (20% of the total). It was not possible to determine why all the students did not go to the field, whether due to lack of interest on their own, that of their guardians (since the majority were minors and depended on authorization) or another reason (we have records of some students being prevented for religious reasons, but they were not in the same number as those absent).

Evaluating the answers, we observed that the vast majority of students had never come into contact with caves before. Two of the students said they knew about caves from Lapa de Bom Jesus, in Bom Jesus da Lapa city (BA), a cave with major engineering interventions, with religious use. None of the students knew about the caves of São Desidério.

The answers to the questions classified with scores from 0 to 5 are summarized in Figure 2. We observed that the answers in general were quite satisfactory, although in question 5, about aptitude to pass on content, the students revealed greater insecurities.

## 4. Discussion

Since the topic must still be new to most students, a theoretical approach was necessary, before moving on to the practices, to present general aspects of Speleology and the activities that will be developed. MORGADO et al. (apud MENDES, 2013, p. 40) present a suggestion for discussing Speleology in Elementary and High School, which is based on the principle that students may already have some informal knowledge on the subject, whether through films, documentaries, cartoons and other media, or because some may have even visited a cave or heard reports from people who have visited them, since they can be popular tourist attractions in the regions where they occur. Thus, those authors suggest that this should be the starting point for teaching Speleology in schools, advising that this informal knowledge be used first and, from there, formal knowledge be provided.

As such knowledge may have come from different sources, it is possible that some students have negative views of caves, as several

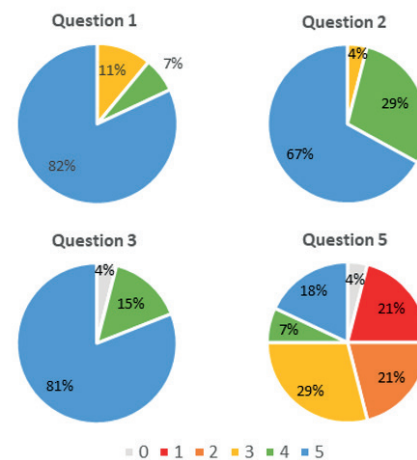


Figura 2: Student responses to questions 1, 2, 3, and 5 of the questionnaires, scoring from 0 to 5 according to the degree of satisfaction.

As for the theoretical and practical parts of the workshop, applied at the school, most students reported that they were interested in the subject and were excited because they were learning new content, including in relation to the Geosciences as a whole. One student even noted "the relevance that Geology has for the world" in his final remarks. However, there were also responses from students who stated that they were not interested in the subject (two students). Those who responded that they enjoyed the workshop also reported that doing the experiments after the theory was essential for understanding the content and that, in addition, some reported it as a fun and different experience. There were positive reports about the observation of the speleothem growth experiment. In the feedback, four students stated that they would like this type of activity to be done more often with them and/or that they would like to do it again. The students who participated in the field activity also left their reports about the field. Many said they really enjoyed seeing a cave firsthand, and stated that in the field it was possible to better understand some geological phenomena, such as the formation of caves. Therefore, they emphasize the importance of having had the field activity after the theory for understanding and fixing the subject. In addition, there are also several reports about the experience of contact with nature, and that their view on conservation, especially of caves in this case, was also awakened. In the field of criticism and suggestions, students demonstrated the lack of this model of activities and the need for more practical activities in the classroom, in addition to activities in non-formal spaces.

films and cartoons emphasize this environment as a place of danger and fear, and this can generate limitations in interest in participating at the activity. Therefore, the natural beauty and curiosities of caves will also be addressed in the classroom, in addition to dispelling doubts about the possible risks inherent to speleological activities as a whole, in order to show that such stereotypes are not related to the reality of the karst environment. In this way, the aim is to nurture students' confidence, making them aware, prepared and comfortable for the practical part in the field. Before this trip, still in the theoretical class, the specific cave (with its history and geological contexts) and the field area to be visited should be presented to the classes, in addition to safety recommendations for this activity.

The theoretical part of the workshop can be reinforced with the help of slide presentations, maps, equipment used by speleologists and materials needed for practical activities. Technical information should

be presented in accessible language, according to the selected school, so that students can participate, interact and discuss the topics and experiments presented.

The duration of the theoretical portion and its content were also based on the school's availability. It is noted that teachers have a programmatic content to fulfill and it may not be easy to fit an extra activity into their planning, making it necessary to adapt the content to the time allotted. This will also affect the feasibility of practical experiments, which may create limitations on the number of activities, their complexity, and the degree of depth in the explanations of the phenomena experienced.

The implementation of the practices at Herculano Faria State School was benefited by an adequate number of students, but also by the anticipation of the speleothem growth experiment. The prior involvement of teachers helps in this situation, as suggested by BACK et al. (2017), but the time available to implement this proposal still limited this.

Regarding the evaluation, it is important to emphasize that, based on a questionnaire with spontaneous feedback and a small sample size, few interpretations can be drawn that are truly conclusive, and

it is only possible to make conjectures about the responses obtained. Even so, for future workshops, it is possible to suggest improvements to the feedback, based on the difficulties in interpreting the current responses. Questions could be added to assess the reasons for absence of those who did not go to the field, which would encourage them to reflect on what they learned and how they can apply this knowledge in future contexts, and also a self-assessment of their participation and learning during the workshop. Asking if they would like to visit another cave and if they had previously been interested in this, and if they would recommend visiting the park to someone else, would be other ways to assess whether the workshop was effective in promoting speleology. And preferring assessment questions using markings from poor to excellent rather than scoring from 0 to 5 may be better to reduce uncertainty in interpreting results. However, it is clear that feedback questionnaires are momentary, and the answers will vary according to the experience and the conduct during the activities, motivating or not people to be active in the process.

## 5. Conclusion

Throughout this work, students had the opportunity to explore theoretical and practical aspects of Speleology, which encompass Sciences, Geography, History, Biology, Chemistry, Physics and even Geology. Practice, both in the laboratory and in the field, is important, as it generates active learning that contributes to a deeper and lasting understanding of the content. The feedback from students was very positive in this regard. And by personally observing the natural processes that occur over time, appreciation for nature increases and attitudes of conservation and sustainability are encouraged, such as caring for speleothems.

Students were motivated when they realized the practical relevance of what they were learning. Many reported a new appreciation for cave studies, Geosciences, and the environment in general, expressing

interest in continuing to explore topics related to Speleology and environmental conservation. However, better assessment of learning is needed, and a larger sample of students will make the analysis of results more meaningful.

With all this, we conclude that the activity achieved its educational objectives, promoting Speleology and providing students with a greater understanding and an enriching experience, in addition to consolidating for the school that there are different learning environments. It is recommended to continue and expand this type of action, adding visits to different caves and the inclusion of research and conservation projects, further strengthening young people's learning and commitment to Sciences and environmental conservation.

## Acknowledgments

We gratefully thank Robson Soares BRASILEIRO, Bruno Castro da SILVA, Lucas Alves MEDEIROS, Hellen Soares BITENCOURT, Myllena Gomes MOTA, Ingrid Ariane Soares OLIVEIRA and Tainá Vasconcelos de ANDRADE for help during the field activities, the Tourism Secretary of the Municipality of São Desidério for facilitating access to the Lagoa

Azul Municipal Park, the publicist Gabriel MACEDO for the photo and video acquisition and edition, Luiz Afonso Vaz de FIGUEIREDO and Jorge Santos NÉRIS for criticism on a previous stage of this work, and all from the school community at the Herculano Faria School.

## References

- BACK D., RADEZKE F.S., GÜNZEL R.E., WENZEL J.S. (2017) Educação em Espaços não Formais no Ensino de Ciências. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC, p.1-10.
- BLENGINI I.A.D., LIMA L.B., SILVA I.S.M., RODRIGUES C. (2019) Trilha interpretativa como proposta de Educação Ambiental: um estudo na RPPN do Caju (SE). *Revista Brasileira de Ecoturismo* 12(1):142-161.
- BRASIL, Ministério da Educação (2018) Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC.
- FIGUEIREDO L.A.V., SILVA JUNIOR A.A. (2019) Educação ambiental, Espeleologia e a conservação das cavernas brasileiras: reflexões a partir de uma base de dados sobre produções científicas e pedagógicas. In: ZAMPAULO R.A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. Anais (...). Campinas: SBE, p.509-542.
- GRANDISOLI E., TOLEDO R.F., MAIA R.A. (2015) Apoio ao ensino – métodos e ferramentas de aprendizagem social. In: JACOBI P.R., GRANDISOLI E., COUTINHO S.M.V., MAIA R.A., TOLEDO R.F. Temas atuais em Mudanças Climáticas para os Ensinos Fundamental e Médio. São Paulo: IEE – USP, parte V, capítulo 2, p.92-108.
- MENDES J.B. (2013) Propostas didáticas para o ensino do carste na educação básica. Pós Graduação em Geografia (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 118p.
- MENIN D.S., TOGNETTA L.R.P., BACCI D.C. (2022) As cavernas como tema interdisciplinar no Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de Educação Ambiental* 17(3):72-91.
- RUBBIOLI E., AULER A., MENIN D., BRANDI R. (2019) Cavernas: Atlas do Brasil Subterrâneo, ICMBio. Brasília, 340 p.
- STUMPF C.F., RIBEIRO T.G.R. (2018) Formação de espeleotemas de sal como proposta de conscientização ambiental por meio da educação não formal em Geociências. *Terrae Didática* 14(4):445-454.
- THOMPSON JR D.V. (1962) *The Practice of Tempera Painting: Materials and Methods*. New York: Dover Publications Inc.

# Cursos de Introdução a Espeleologia do Guano Speleo e a difusão do conhecimento sobre o Patrimônio Espeleológico

Patrícia Fernanda Carvalho de Sousa (1), Carla C. Alves Pereira (1), Maryanne Normitta Miranda e Silva (1) & Leonardo Vieira Silva (1)

(1) Grupo de Extensão e Pesquisa em Espeleologia Guano Speleo, Belo Horizonte, Brasil - pfcousa.bio@gmail.com maryanne.normitta@gmail.com

## Resumo

A educação, tanto formal quanto não formal, desempenha um papel essencial no desenvolvimento humano e na construção de uma sociedade mais consciente e engajada. No contexto da conservação ambiental, a educação não formal se destaca por sua abordagem flexível e interativa, permitindo a disseminação do conhecimento de maneira acessível e participativa. O Grupo de Pesquisa e Extensão em Espeleologia Guano Speleo exemplifica essa atuação ao promover iniciativas voltadas à preservação do patrimônio espeleológico por meio do Curso de Introdução à Espeleologia onde apresenta aos participantes os fundamentos da espeleologia e a importância da conservação das cavernas. A capacitação de espeleólogos responsáveis contribui diretamente para a preservação do patrimônio espeleológico.

## Abstract

Education, both formal and non-formal, plays an essential role in human development and in building a more conscious and engaged society. In the context of environmental conservation, non-formal education stands out for its flexible and interactive approach, allowing the dissemination of knowledge in an accessible and participatory way. The Guano Speleo Speleology Research and Extension Group exemplifies this action by promoting initiatives aimed at preserving speleological heritage through the Introduction to Speleology Course, which introduces participants to the fundamentals of speleology and the importance of cave conservation. Training responsible cavers directly contributes to the preservation of speleological heritage.

## 1. Introdução

A educação desempenha um papel fundamental no desenvolvimento individual e coletivo, sendo geralmente categorizada em dois tipos principais: formal e não formal. Embora possuam características distintas, essas modalidades são complementares e contribuem para a formação do indivíduo em diferentes momentos e contextos da vida.

A educação formal refere-se ao ensino estruturado e sistematizado, oferecido por instituições reconhecidas, como escolas, universidades e centros técnicos. Essa modalidade segue diretrizes curriculares previamente estabelecidas, normas legais e padrões oficiais definidos por órgãos reguladores, abrangendo desde a educação infantil até o ensino superior ou técnico GOHN (2006). Já a educação não formal ocorre fora do ambiente tradicional de ensino, proporcionando oportunidades de aprendizagem mais flexíveis e interativas. Diferente da formal, essa modalidade não segue um currículo rígido, permitindo abordagens práticas e participativas CASCAIS & TERÁN (2014). Exemplos incluem cursos livres, workshops, atividades culturais e recreativas, programas de treinamento, voluntariado e grupos de estudo, possibilitando a aquisição de novas habilidades e a ampliação do conhecimento de forma autodirigida e contextualizada.

A Educação Ambiental Não Formal compreende um conjunto de ações e práticas educativas voltadas à sensibilização, conscientização e mobilização da sociedade em relação às questões ambientais. No Brasil, a Lei nº 9.795/1999, alterada pela Lei 14.393/2022, estabelece diretrizes para a educação ambiental, abrangendo diversas iniciativas realizadas

fora do ambiente escolar, destinadas a diferentes públicos e contextos sociais. Essas ações são fundamentais para fomentar a participação cidadã na defesa do meio ambiente e na melhoria da qualidade de vida BRASIL (2022).

Nesse contexto, o Grupo de Pesquisa e Extensão em Espeleologia Guano Speleo desempenha um papel relevante na difusão do conhecimento espeleológico e na promoção da educação ambiental não formal. Trata-se de uma associação civil sem fins lucrativos, filiada à Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), composta por voluntários de diversas áreas do conhecimento. O grupo tem como objetivo principal a pesquisa e proteção de cavernas, além da promoção de atividades educativas, como cursos, minicursos e palestras. Entre suas iniciativas, destaca-se o Curso de Introdução à Espeleologia, realizado anualmente, que visa apresentar uma visão geral sobre essa ciência, destacar a importância da preservação do patrimônio espeleológico e ampliar o conhecimento dos participantes.

Por meio dessas ações, o Guano Speleo não apenas contribui para a difusão da espeleologia, mas também fortalece o engajamento social e científico na proteção e valorização do patrimônio natural. A atuação do grupo demonstra a relevância da educação ambiental não formal como ferramenta para a sensibilização e mobilização da sociedade em prol da conservação ambiental e do desenvolvimento sustentável.

## 2. Materiais e Métodos

O Grupo de Pesquisa e Extensão em Espeleologia Guano Speleo é uma organização não governamental sem fins lucrativos, sendo filiada à Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). O Guano Speleo é constituído de membros voluntários vindos de várias áreas de conhecimento, entre elas: geografia, geologia, biologia, arqueologia, paleontologia, engenharia, meio ambiente, história, entre outros.

A missão do Guano Speleo é desenvolver pesquisas em espeleologia, zelando pela valorização e preservação do Patrimônio Espeleológico, disseminar o conhecimento sobre a espeleologia contribuindo para o desenvolvimento dessa ciência, realizar atividades espeleológicas com a devida consciência de preservação e respeito ao meio ambiente e ao Patrimônio Espeleológico.

Visando a extroversão do conhecimento anualmente, o grupo realiza o Curso de Introdução à Espeleologia (CIE), com o intuito de apresentar uma visão geral sobre a ciência espeleológica, bem como alertar o público geral para a importância da preservação do patrimônio espeleológico.

O despertar para a importância do CIE do Guano Speleo, surgiu nos dois últimos cursos realizados, onde estiveram presentes pessoas de outros estados (Pará e Rio de Janeiro) para participar do curso no formato presencial. O curso, geralmente, ocorre em dois finais de semana, sendo dois dias de aulas teóricas e um dia com saída de campo, abrangendo as mais diversas temáticas relacionadas à espeleologia, desde saúde e segurança em cavidades até conhecimentos técnicos de topografia, fotografia entre outros.

Nesse ínterim, decidiu-se por resgatar no acervo histórico do grupo arquivos que fizessem parte dos longos anos de curso de introdução. Foram identificados posters, listas de presença, apostilas que eram produzidas nos primeiros cursos (Fig 1.) Com os dados das listas em mãos fizemos um apanhado da quantidade de pessoas por ano que passou pelos CIEs, cujos resultados serão apresentados no próximo tópico.

## 3. Resultados

No mês de março, o Grupo de Pesquisa e Extensão Guano Speleo celebrou 31 anos de fundação, consolidando-se como uma referência no desenvolvimento de projetos educacionais voltados às comunidades, no estudo interdisciplinar das cavidades naturais e na promoção da ciência espeleológica. Ao longo dessas três décadas, o grupo tem ministrado cursos e minicursos de Introdução à Espeleologia em parceria com diversas instituições, atendendo alunos do ensino fundamental, médio, graduação, pós-graduação e o público em geral interessado na área.

Mais do que um espaço para apaixonados pela espeleologia, o Guano Speleo acompanhou mudanças significativas no perfil de seus membros. Se inicialmente a vinculação universitária era um fator predominante, hoje o grupo se fortalece pela diversidade de seus participantes, ampliando seu impacto na luta pela preservação das cavernas e no engajamento em causas socioambientais.

Durante a pesquisa no acervo foi possível identificar as apostilas utilizadas durante os primeiros CIE do Guano. A apostila mais antiga data de setembro de 1995 (Fig. 2), sendo esse o segundo volume emitido.

Também foi identificado a apostila de 1998, com o nome dos palestrantes e convidados a colaborar com a escrita do texto. Entre as pessoas estão Castor Cartele, Alenice Baeta e Rodrigo Lopes (Fig. 3)



Figura 1 : Exemplo de pôster de divulgação antes da difusão das mídias sociais.

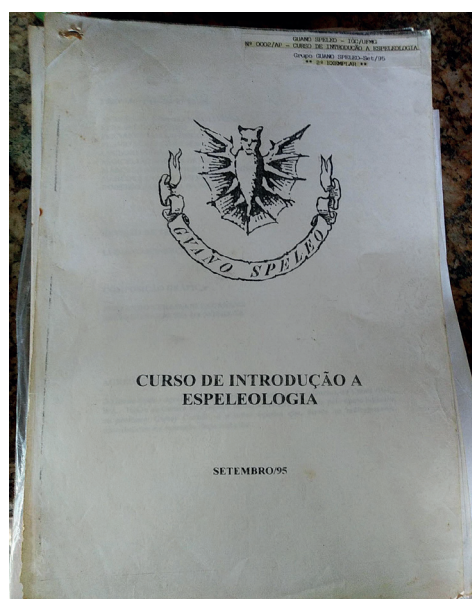


Figura 2 : Capa da apostila produzida em 1995

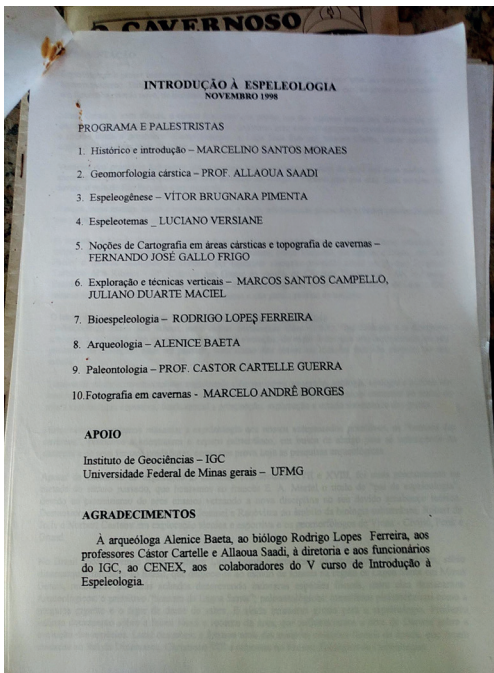


Figura 3 : Contra capa da apostila do V CIE do Guano Speleo realizado em 1998 com os integrantes e colaboradores do grupo naquela época

Não foi possível identificar algumas listas de presença de alguns anos, mas é sabido por relatos orais de antigos membros, que o curso de introdução era ministrado todos os anos. Sendo alguns anos ministrado duas vezes no primeiro e no segundo semestres.

Nas listas de presença do CIE que foram resgatadas no acervo, até o

momento a participação variou entre 16 inscritos em 2002 e 86 em 2024, totalizando 591 participantes ao longo desses anos. Porém sabemos que a quantidade do público atingido é maior, haja vista que não ainda não foram identificadas as demais listas de presença.

Cabe aqui, enfatizar que todos os dados dos cursos aqui apresentados ocorreram de forma presencial na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais tendo em vista que o Grupo começou na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e, atualmente, é uma ONG sem fins lucrativos, desvinculado de universidades e atuando ainda em Belo Horizonte.

Não foram contabilizados o CIE realizado online em 2021, nem as ações de extroversão do conhecimento realizadas em cursos de férias ou que abrangem o público infantil através do Speleo Mirim e do CIE para Crianças. Como há uma necessidade de melhor organização no acervo para a identificação das listas de presença desses eventos esses dados serão apresentados futuramente.

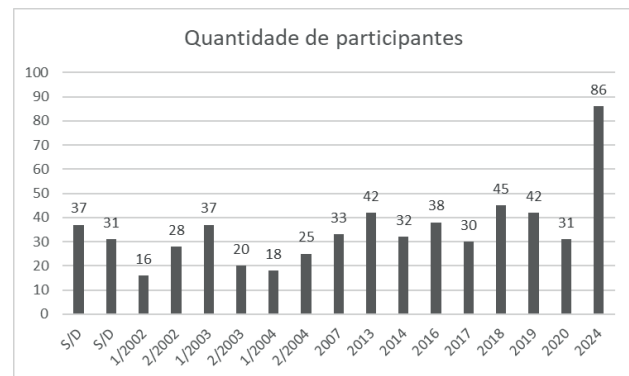


Figura 4 : Gráfico quantidade de participantes ao longo dos anos nos cursos do CIE.



Figura 5: Turma do Curso de Introdução a Espeleologia de 2024 na saída de campo no Parque Estadual do Sumidouro.

## 4. Discussão

Os cursos de introdução à espeleologia, organizados principalmente pelos grupos de espeleologia com integrantes que atuam de forma voluntária na disseminação do conhecimento a respeito do patrimônio

espeleológico, desempenham um papel fundamental na formação de espeleólogos responsáveis e na promoção da conservação de cavernas. Essas iniciativas não apenas apresentam aos participantes a importância

da exploração segura e ética desses ambientes, mas também fortalecem o engajamento comunitário e contribuem para o avanço da pesquisa científica e do turismo sustentável.

Os cursos de espeleologia e agora com apoio ativo da Escola Brasileira de Espeleologia (eBRE), proporcionam uma base teórica e prática essencial sobre os aspectos geológicos, biológicos e ecológicos das cavernas. Ao popularizar o conhecimento científico, eles tornam-no acessível a um público amplo, que vai desde estudantes, profissionais atuantes e até entusiastas da natureza. Essa democratização do saber é crucial para despertar o interesse pela ciência e pela conservação ambiental, incentivando mais pessoas a se envolverem ativamente na proteção desses ecossistemas únicos.

Além disso, a espeleologia é uma atividade que exige técnicas específicas e cuidados especiais para evitar danos aos ambientes cavernícolas. Os cursos ensinam práticas seguras e éticas, como o uso correto de equipamentos, a minimização de impactos durante a exploração e o respeito à biodiversidade e às formações geológicas. Essa formação é vital para criar espeleólogos conscientes e comprometidos com a conservação, capazes de atuar de maneira responsável e sustentável.

Ao conscientizar os participantes sobre a fragilidade desses ecossistemas, eles ajudam a reduzir impactos negativos, como vandalismo, poluição e coleta ilegal de espécimes e se tornam difusores desse conhecimento. A compreensão da importância das cavernas como patrimônios naturais e culturais é essencial para garantir sua preservação a longo prazo.

## 5. Conclusão

As pessoas que passaram pelo curso de Introdução do Guano, apresentam sementes plantadas na construção de uma sociedade mais consciente da importância do patrimônio espeleológico. Os registros arquivados que foram rastreados evidenciam o crescimento e a multiplicação desse conhecimento, reforçando o papel essencial da educação espeleológica na valorização e proteção das cavernas.

O ensino voluntário, especialmente no campo da espeleologia, desempenha um papel transformador na formação de indivíduos mais conscientes e engajados com a preservação ambiental. Através de cursos, palestras e atividades educativas, grupos como o Guano Speleo proporcionam acesso ao conhecimento científico e incentivam práticas responsáveis na exploração e conservação das cavernas. Essa troca de saberes não apenas amplia o repertório técnico e acadêmico

Outro aspecto relevante é o fortalecimento do engajamento comunitário e do voluntariado. Os cursos organizados por grupos de voluntários incentivam a participação ativa da comunidade local e de entusiastas em ações de monitoramento, pesquisa e educação ambiental. Essa mobilização cria uma rede de colaboradores comprometidos com a causa, ampliando o alcance e o impacto das iniciativas de conservação.

No campo da pesquisa científica, muitos grupos de espeleologia voluntários realizam estudos em cavernas, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento sobre biodiversidade, geologia e paleontologia. Os cursos de introdução à espeleologia podem despertar o interesse de novos pesquisadores e voluntários, ampliando o escopo dessas pesquisas e promovendo a ciência cidadã.

Por fim, a capacitação de guias e visitantes por meio desses cursos é crucial para o desenvolvimento do turismo sustentável em cavernas. Eles ensinam práticas que minimizem os impactos ambientais, garantindo que as atividades turísticas sejam realizadas de forma responsável e em harmonia com a conservação dos ecossistemas. Isso não apenas protege as cavernas, mas também promove uma experiência mais enriquecedora e consciente para os visitantes.

Em síntese, os cursos de introdução à espeleologia realizados por grupos de voluntários são uma ferramenta essencial para a conservação das cavernas, a promoção da ciência e o engajamento comunitário. Por meio dessas iniciativas, é possível formar cidadãos conscientes, fomentar a pesquisa científica e garantir que as cavernas sejam preservadas como patrimônios naturais e culturais para as gerações futuras.

dos participantes, mas também desperta um senso de pertencimento e responsabilidade em relação ao patrimônio espeleológico.

Além de fortalecer a conscientização ambiental, o ensino voluntário contribui para a construção de redes de colaboração entre pesquisadores, estudantes e entusiastas. Essas conexões fomentam a pesquisa científica, ampliam o alcance das ações de conservação e incentivam a participação ativa da comunidade em iniciativas voltadas à proteção dos ecossistemas cavernícolas.

A educação, quando compartilhada de forma acessível e engajadora, torna-se uma ferramenta poderosa para transformar realidades e garantir que o patrimônio espeleológico seja valorizado e preservado para as futuras gerações.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos que passaram pelo Guano Speleo nos Cursos de Introdução a Espeleologia -CIE's e aos membros que dedicaram e continuam dedicando seu tempo ao trabalho voluntário. Também expressamos nossa gratidão aos grupos de espeleologia que promovem a divulgação científica e à SBE e à eBRE pelo incentivo à educação. Reconhecemos a educação como uma ferramenta essencial para a sen-

sibilização e mobilização da sociedade, contribuindo para a conservação ambiental, a proteção e valorização do patrimônio espeleológico. É por meio do conhecimento e do engajamento coletivo que fortalecemos a preservação dos ecossistemas subterrâneos e incentivamos uma relação mais consciente e responsável com o meio ambiente.

## Referências

BRASIL. LEI No 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm)> Acesso: 10/02/2025

BRASIL. LEI Nº 14.393, DE 4 DE JULHO DE 2022. Altera a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental, para instituir a Campanha Junho Verde. Disponível em : <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Lei/L14393.htm#art2](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Lei/L14393.htm#art2)> Acesso: 10/02/2025

CASCAIS, M.G.A.C. & TERÁN, A.F (2014). Educação formal, informal e não formal na educação em ciências. Ciência em Tela. Manaus-AM. Volume 7, n.2, p. 1-10.

GOHN, M. G (2006). Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas. Ensaio:aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v.14, n.50, p. 27-38.

GUANO SPELEO (s.d). O grupo. Disponível em:<<https://guanospelio.blogspot.com/p/guano-em-acao.html>>Acesso: 10/02/2025

# Speleo Dentro Project, sociological and pedagogical analysis of educational results

Camilla Tossi (1), Ambra Mainard (2), Vincenzo De Giorgio (3), Silvia Marrone (4),  
Elisabetta Viroli (5), Francesco Ornaghi (6), Timoteo Colnaghi (7), Luca Migliorina (8),  
Giuseppe Priolo (9)

- (1) Speleo Dentro Team, Gruppo Speleo Pisa (GSPI) CAI Pisa, cam.tossi@gmail.com  
 (2) Speleo Dentro Team, Gruppo Speleologico CAI - SAT Lavis, ambra.1987mainardi@gmail.com  
 (3) Speleo Dentro Team, Gruppo Speleologico Vespertilio CAI Bari, degiorgio.vincenzo.85@gmail.com  
 (4) Speleo Dentro Team, Gruppo Speleologico Vespertilio CAI Bari, silviamarrone95@live.it  
 (5) CAI Scuola Nazionale di Speleologia, Speleo Dentro Team, Gruppo Speleo Ambientalista CAI Ravenna, elisabetta.viroli@sns-cai.it  
 (6) Speleo Dentro Team, Gruppo Speleologico Lecchese CAI Lecco, ornaghi.francesco@gmail.com  
 (7) Speleo Dentro Team, Gruppo Grotte Milano, timoteo.colnaghi@gmail.com  
 (8) Speleo Dentro Team, Gruppo Speleologico Comasco, speleologia@caicomo.it  
 (9) CAI Commissione Centrale Speleologia e Torrentismo, Speleo Dentro Team, Gruppo Grotte Catania CAI Sez. Etna, ccst@cai.it e picchiospeleo@gmail.com (corresponding author)

## Abstract

In Italy, speleological training is typically provided by the CAI (Italian Alpine Club) or the SSI (Italian Speleological Society) within their respective local groups. Once individuals receive basic training, it is the responsibility of the group to foster their growth and development, which implies that the instructors specialization, the size and location of the local groups might cause a significant difference. This creates a context where training, although it is centrally regulated and held up to high standards, is not equally accessible to all the budding speleologists of the country. In light of this discrepancy, the CCST (Central Speleology and Canyoning Commission) has decided to experiment with a new approach, based on a nationwide collection of participants with diverse levels of expertise. The goal of the project, named "Speleo Dentro" (Speleo Inside), was to provide a learning platform where the transfer of skills from instructors to trainees is expanded by a continuous exchange of experiences through dialogue and communal living, with a low barrier between trainees and instructors. The project has also featured instructors across a broad range of topics related to speleology, and it has demonstrated to be an effective tool for the diffusion of speleological training across the country.

## Résumé

En Italie, la formation spéléologique est généralement dispensée par le CAI (Club Alpin Italien) ou la SSI (Société Spéléologique Italienne) au sein de leurs groupes locaux. Une fois que les individus ont reçu une formation de base, il incombe au groupes de favoriser leur croissance et leur développement, ce qui implique que la spécialisation des instructeurs, la taille et la localisation des groupes locaux peuvent entraîner une différence significative. Cela crée un contexte où la formation, bien que soit réglementée au niveau central et qu'elle soit soumise à des normes élevées, n'est pas accessible de la même manière à tous les spéléologues en herbe du pays. Face à ce constat, la CCST (Commission Centrale de Spéléologie et de Canyoning) a décidé d'expérimenter une nouvelle approche, basée sur une collecte nationale de participants de différents niveaux d'expertise. L'objectif du projet, baptisé "Speleo Dentro" (Spéléo à l'intérieur), était de fournir une plateforme d'apprentissage où le transfert de compétences des instructeurs aux stagiaires est élargi par un échange continu d'expériences à travers le dialogue et la vie en communauté, avec une faible barrière entre les stagiaires et les instructeurs. Le projet a également présenté des instructeurs dans un large éventail de domaines liés à la spéléologie et s'est avéré être un outil efficace pour la diffusion de la formation en spéléologie dans tout le pays.

## Abstract

In Italia, la formazione speleologica è sviluppata dal Club Alpino Italiano (CAI) o dalla Società Speleologica Italiana (SSI) tramite i gruppi locali affiliati. Dopo che i neofiti hanno frequentato il corso di introduzione, è responsabilità del gruppo di appartenenza favorirne la crescita e lo sviluppo, ciò implica che la specializzazione degli istruttori, la dimensione e la localizzazione dei gruppi locali possano generare significativa variabilità. Questo genera un contesto dove la formazione, nonostante sia regolata centralmente e basata su alti standard, non sia egualmente accessibile da tutti gli speleologi in erba. Alla luce di questa discrepanza, la Commissione Centrale per la Speleologia e il Torrentismo (CCST) del CAI ha sperimentato un nuovo approccio, basato su un raggruppamento nazionale di partecipanti con diversi livelli di esperienza. L'obiettivo del progetto, chiamato "Speleo Dentro", è stato di offrire una piattaforma di apprendimento dove il trasferimento di abilità dagli istruttori agli apprendisti è ampliato da uno scambio continuo di esperienze tramite il dialogo e la vita comunitaria, senza porre barriere tra alunni e docenti. Il progetto ha anche coinvolto un ampio spettro di argomenti legati alla speleologia, dimostrando di essere uno strumento efficace per la diffusione di lezioni sulla speleologia in tutta la nazione.

## 1. Introduction

In terms of training for speleological activity, Italy presents a world-recognized formative system, based on a strongly centralized body of institutions, and marked by high-level training programs such as CAVES [Sauro et al., 2021]. The main actors are the *Commissione Centrale per la Speleologia e il Torrentismo* (CCST, Central Speleology and Canyoning Commission) within the *Club Alpino Italiano* (CAI, Italian Alpine Club) and the *Società Speleologica Italiana ETS* (SSI, Italian Society of Speleology); the CAI also includes the *Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico* (CNSAS, National Alpine and Speleological Rescue Corp), and conducts its educational activity through the *Scuola Nazionale di Speleologia* (SNS, National Speleology school).

The CAI [<https://www.cai.it/>, accessed 08 February 2025] promotes all the activities tied to the mountain environment, while the CCST is one of its technical and operational bodies, which focuses on the growth and the promotion of Speleology and Canyoning also from a cultural and ethical point of view. In parallel, the SSI [<https://speleo.it/>, accessed 08 February 2025] is an entity dedicated to didactics, and to the exploration and documentation of all hypogean environments, with its educational body being the *Commissione Nazionale Scuole di Speleologia* (CNSS-SSI, National Commission of the Speleology Schools).

The education of young or otherwise budding speleologists is therefore centrally managed, through both CAI and SSI, with introductory and specialty courses being provided by the local groups, which are roughly 150 in numbers, counting between 3000 and 4000 speleologists across the country.

This structure allows the issue of a high-quality uniform standardized technical and cultural education. The instructors are qualified on a national level, and the methods are upgraded on a yearly basis to reflect safety and technology standards, but the courses are organized locally and are tied to the territory covered by the group.

## 2. Materials and methods

### Teaching methods

The project has been named “Speleo Dentro” (Speleo Inside), in order to highlight how it is based on the exchange of experiences, delving into the deeper layers one’s personal understanding of speleology, to bring it out and share it with the other participants. The leitmotif of the experience, in fact, is the most open communication possible.

The project has been broadly advertised, with the goal of recruiting trainees with varying levels of experience. The applicants have been vetted on the basis of their speleological curriculum vitae, to select 79 initial trainees, who had at least completed the standard introductory course to speleology, which guarantees an independent progression in the cave. The official instructors were 34, with the addition of 6 invited experts.

The program featured 18 online lectures and 4 in-person workshops of the span of 6 months, from May 2024 to November 2024. The program is expected to continue with 2 more workshops in April and September 2025. The themes of the on-line lectures ranged from technical materials, to photography, to mapping techniques, to the psychology of isolated environments, and the workshops were centered on technique, mapping, simulated exploration, and communication.

The on-line lectures, with nation-wide access, featured a seminar from the expert, followed by a group discussion. This method allowed the participants to familiarize themselves with each other, and favored an even exchange between trainees and experts, who made themselves fully available for further questioning.

The in-person workshops were arranged in 4 macro-regions for the first two stages focused on technique and survey. The third stage,

The teaching methods are traditional, with frontal theoretical lectures and practical drills, both in the open air and in the cave environments of the area. Typically, every group arranges the basic introductory course, with advanced courses being organized by fewer groups. This discrepancy, paired with a slow flow of information and with the most ambitious projects being confined to a few groups where the local instructors are highly active in the central bodies, has led to a high abandonment rate, with a ballpark estimate of 4 out of 5 trainees leaving after the introductory course.

To reverse this trend and contain the dispersion of newly trained competences, the CCST and the SNS have decided to embark on the pilot project “*Speleo Dentro*” presented in this study: the purpose of the project is to test a different educational environment for budding speleologists. This environment is meant to remove geographical barriers by grouping participants in macroregions and at a national level, and to remove skill barriers by favouring direct communication between beginners and instructors, which leads to a more tailored teaching approach, based on the experiences and the motivations of the individuals [Pans et al., 2024].

A similar philosophy has been applied by CAI in a previous project, aimed at providing high-level training to young alpinism trainees, called CAI Eagle Team, with starkly positive results, but on a limited number of participants (6).

The early results of the project Speleo Dentro, verified through a self-assessment questionnaire, demonstrate an increase in the technical skill levels not only of the trainees, and in the communication and teaching skills of the instructors. The most relevant result, in line with the intention of the project, has been an increase in the sense of community, in the personal sense of personal adequacy, both leading to an increased sense of nationwide reciprocal accessibility between trainees and instructors.

of a national nature, involved all the participants in Pian del Tivano (CO) in a simulated exploration and study of the geology of territory. The field activities were managed by Instructors and Director of SNS, supported by experts on the stage’s theme and with the support of the local speleological groups.

During the 16<sup>th</sup> Eurospeleo forum Syphonia 2024, held in Caselle in Pittari, a space was set up illustrating the phases of the project, with a number of participants sharing the experience. This last encounter provided a rare occasion to approach the speleological community at large, and for the trainees to put to the test their own sense of increase in the size and the accessibility of their budding network.

In line with the work of Marton and Säljö (1976), no final test or evaluation was conducted, in order to maximise learning. Further, to favour deep learning instead of superficial learning, the taught content focused on providing a general but accurate structure in which the trainees can allocate their acquired knowledge in a constructive manner. This method has the advantage of working regardless of the initial level of the trainee [Biggs J. and Tang, C., 2011]. Deep learning was also encouraged by the high level of involvement and confrontation with the trainees, and by focusing on the intended learning outcomes, which were the ability to discuss the topics introduced in every theoretical lecture, the execution of the technical tasks. Finally, it was important to place instructors and trainees on the same plane of authority, to quench their power distance, which limits the efficacy of the competence transfer [Biggs J. and Tang C., 2011].



*Figure 1 : Map of Italy, showing the four macro-regions in which the project has been divided for the first two workshops. For each region, the number of participants is marked, with the location of the local CAI and SSI groups to which the participants belong. The locations of the caves where the workshops have been held is marked by the second symbol atop of the legend.*

### Evaluation methods

The data were collected with a self-assessment questionnaire composed of 33 questions. 15 questions are designed to evaluate the technical and theoretical learning of the participants, 8 questions aimed to investigate the quality of the teaching and 9 questions aimed to monitor the sense of belonging and trust towards the national speleological community. The questionnaire was based on standard educational evaluation and educational orientation, with the addition of a few more questions on the sense of belonging and psychological safety [Fargion S., 2025, Siegel D. J., 1999, Di Fabio A., 1998]. The questionnaire was given to both students and project instructors, to decouple the psychological data from the role of the person, for example by evaluating the sense of learning in figures with an educational role and by evaluating the overall. The questionnaire traced the age and the experience groups of the participants, as well as their gender, in order to evaluate whether radical differences occurred due to these factors. Most of the questions were arranged to evaluate the differences between before and after the project, with the variation being accounted for as a percentage of the initial value.

## 3. Results

Since the launch of the application form and the opening of application, in two weeks, more than 80 interested people have been reached. Let's give some numbers of project's participants: 79 young (and less young) speleologists, 34 titled and qualified SNS, 6 external teachers. Of the participants, 59% had 5 or less years of speleological experience, 18% had between 5 and 10 years of experience, 8% between 10 and 20 years, 5% between 20 and 30 years, and 10% had more than 30 years of experience. Regarding age, the questionnaire reported that 1.6% were between 10 and 20 years old, 16.4% between 21 and 30, 36.1% between 31 and 40, 21.3% between 41 and 50 years old, 16.4% between 51 and 60, and 3.3% more than 60 years old. 4.9% of the participants chose to not answer. The gender balance is roughly 30% female and 70% male. On average, 80 participants logged in each online lecture. Figure 1 shows the distribution of the project across the country.

From the questionnaire, it emerged that the less experienced participants saw a positive increase in technical and theoretical learning in general speleology, communication and training; interestingly, in participants with several years of experience and in the older age bracket, the level of technical knowledge remained unchanged, as expected, but there was an increase in skills in the communication and training sectors, meaning that the experience had a positive impact also on the formative skills of the instructors, who are the largest part of the participants with decades of experience (Figure 2). In fact, this project came as a novelty for all participants, both trainees and instructors.

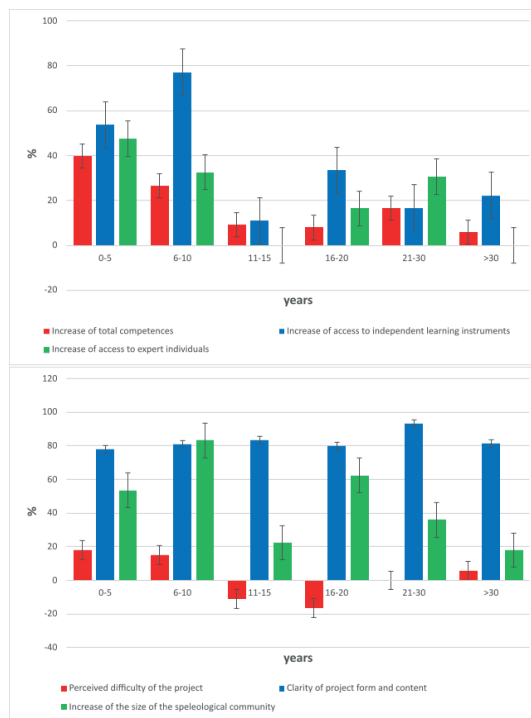
The capacity for continuous learning, measured as the perceived

access to instruments, networks, and experts, shows high values for inexperienced speleologists, but shows the highest results for those between 6 and 10 years of experience, who already perceive having a solid base.

The sense of belonging and of harmony, measured as the combined perception of being in a positive environment and of being able to contribute to such environment, were high enough to assume that the setting of the project was psychologically safe, which is recognized as the best state for one's learning development and for upholding one's potential [Vogel S. and Schwabe L., 2016].

A good result was in fact recorded in investigating the level of sense of self-confidence and adequacy of the participants: right away, in most cases, the subjects involved said they felt adequate, but their perception of the match between their skills and the required level was improved after a small number of encounters and usually after the first workshop.

To assess the sense of belonging to the speleological community at large, questions were asked concerning the perceived sense of adequacy before and after the project, and the perceived possibility to contact previously unacquainted speleology experts, i.e. to be able to independently expand one's own network and to take charge of one's own learning path. An increase in the perceived size and accessibility of the speleological community was recorded, high in the participants with less experience, and lower in the expert participants, who already have regular contact with most of the speleologists of the country, but not zero (Figure 2).



**Figure 2:** Results acquired from the self-evaluation questionnaire, grouped according to the years of speleological experience. On the left, the increase in the total competences, the increase in the access to learning instruments and networks, and the increase in the perceived access to previously unacquainted experts; all values present the increase in percent with respect to the value declared before the project. On the right, the perceived difficulty of the project and the clarity of the contents/form of the lectures and workshops are presented in absolute percentages related to the evaluation scale of the questionnaire, while the increase in the perceived size of one's speleological community is presented as the increase percent with respect to the value declared before the project.

## 4. Discussion

Initially, given the high number of people involved in this project, there were small misunderstandings due to the communication defects. After a short run-in period for all of the actors, the coordinators set up an efficient event communication system: surveys and update communications were shared in chat groups. In the online and in-person sessions the active participation of the student was immediately recorded, bringing out the enthusiasm for the topics covered in the project and the desire to learn and compare new techniques and knowledge. The online meeting maintained a technical but comprehensible level of exposition of the subjects covered and the speaker taking care to monitor that the content was accessible to everyone. Participants were invited to intervene and to interact with speakers and classmates, encouraging not only learning but also socialization. However, it was during the in-person sessions that the potential of the Speleo Dentro project developed: providing knowledge and networking among the subjects involved, whether students, tutors, instructors. From a virtual classroom network we moved on to a real network based on interpersonal relationships between people united by the same passion: speleology. This common path is not over yet: for some there will be the expedition to Brazil with participation in the International Speleology Congress and for everyone the online meetings already scheduled during 2025 will continue, so as to continue to propose and disclose the speleology topics not yet covered. Two other national in-person sessions have already been programmed.

The general trend, from the evaluation questionnaire, is that the

project was especially beneficial to the least experienced speleologists, who were the intended target. The benefit is expressed as increased competence, increased confidence, and access to a broader community not only in geographical terms. but also in terms of experience and areas of expertise. Additionally, the most experienced bracket showed that their own network and community has expanded, meaning that the access to young mentees was limited also for them.

The general trend, from the evaluation questionnaire, is that the project was especially beneficial to the least experienced speleologists, who were the intended target. The benefit is expressed as increased competence, increased confidence, and access to a broader community not only in geographical terms. but also in terms of experience and areas of expertise. Additionally, the most experienced bracket showed that their own network and community has expanded, meaning that the access to young mentees was limited also for them.

An additional trend that was not in the goals of the project has emerged from the collected data, which is that the level of apprehension over one's own sufficiency, in terms of competence, was higher in the female than in the male portion of the trainees. Conversely, the reported sense of personal adequacy after the project was the same, showing that a collateral effect of the project was to level upwards the sense of adequacy of the trainee population, making it equal between genders (Figure 3).

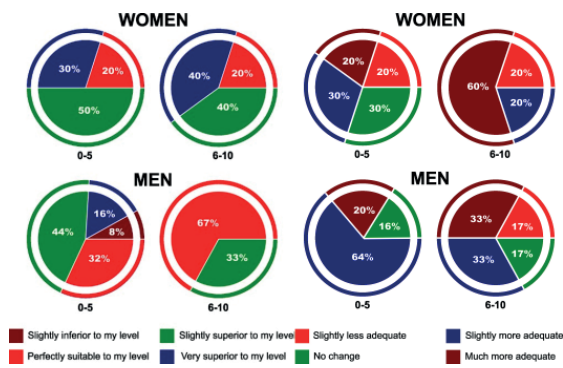


Figure 3: On the left, a self-evaluation of the concern, prior to the project, that the content and the form, particularly in relation to the national scale, of the project were higher than one's own level of competence, grouped by gender and by experience, only up to 10 years. On the right, a self-evaluation of the adequacy of one's own competence level, after the completion of one year of project.

## 5. Conclusion

This teaching environment, based on an unprecedented nation-wide engagement and on a direct two-way exchange of experiences between trainers and trainees, has led to increase the confidence of less experienced speleologists in the following areas: their own competence, their capability to contact previously unknown experts, the willingness to contact still unknown experts.

It is clear the project aimed to reach the goals defined: all the participants, both trainees and instructors, have been enthusiastic about the journey and it is clear everyone learned something new from the

experience.

The low barrier setting between teachers and students was the key for the good results, the friendly context helped to keep the engagement over the long span of work. The people involved in the project had the opportunity to expand their speleological community thanks to the network of contacts that has been activated during the online and in-person sessions. Speleo Dentro was a virtual and physical meeting point, which brought together distant people and realities, creating the foundations for collaborations and future projects.



Figure 4: Portrait of the Speleo Dentro participants, during the final national workshop.

## Acknowledgments

The authors would like to thank the Club Alpino Italiano (CAI) for its institutional and financial support of the project. Special thanks to Antonio Montani, President of CAI, Laura Colombo and Mauro Gaddi, CAI leaders, for their support and encouragement for the realisation of this project. Thanks for accepting the crazy idea of the Commissione Centrale Speleologia e Torrensismo del CAI (CCST): thanks to the members of the CCST for this intuition. This project and this paper could not have been born without the fundamental coordination of Marco

Fрати (Marchino, to friends), who directly led more than 40 speleology instructors and experts who contributed to the success of the project. Last but not least, the authors thank all the speleologists, young and not so young, who participated with joy and passion in the adventures of the Speleo Dentro project. All of them have contributed to this work. The authors acknowledge the funding issued by the Italian Ministry of Tourism (Ministero del Turismo), project number PEI 32/2024.

## References

- Sauro F., De Waele B., Payler S. J., Vattano M., Sauro F. M., Turchi L., Bessone L., (2021) Speleology as an analogue to space exploration: The ESA CAVES training programme, *Acta Astronautica*, 184, 150-166, <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.04.003>
- Pans, M., Antón-González, L. & Pellicer-Chenoll, M. (2024). Study on the motivations for the practice of speleology. *Apunts Educación Física y Deportes*, 156, 10-18. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2024/2\).156.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2024/2).156.02)
- Biggs, J. and Tang, C., (2011), *Teaching for Quality Learning at University*, McGraw-Hill. ISBN:
- MARTON, F. and SÁLJÓ, R. (1976), On qualitative differences in learning: I - outcome and process, *British Journal of Educational Psychology*, 46: 4-11. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1976.tb02980.x>
- Vogel, S., Schwabe, L., (2016) Learning and memory under stress: implications for the classroom, *npj Science Learn* 1, 16011. <https://doi.org/10.1038/npjscilearn.2016.11>
- Fargion S., (2025), *Il metodo del servizio sociale*, Carrocci Editore, ISBN: 9788874666836
- Siegel D. J., (1999), *The Developing Mind: Toward a Neurobiology of Interpersonal Experience*, Guilford Press, New York. ISBN: 1572304537
- Di Fabio A., (1998), *Psicologia dell'orientamento. Problemi, metodi e strumenti*, Giunti Psychometrics, ISBN: 8809215621

# Sicilia Bat Night: a tool for a proper and effective dissemination of bats

Marco Vattano (1), Pietro Valenti (1,2), Luisa Sausa (1), Salvatore Bondi' (3), Sandra Marineo (4)  
& Giuliana Madonia (3,5)

(1) Associazione Naturalistica Speleologica Le Taddarite, Palermo, Italy, marco.vattano@gmail.com, sausa.luisa@gmail.com

(2) Gruppi Ricerca Ecologica Sicilia ODV, Italy, pietrovalenti7@gmail.com

(3) National Biodiversity Future Center, Palermo, Italy, salvatore.bondi01@unipa.it

(4) Ministero dell'Istruzione e del Merito, Palermo, Italy, smarineo@gmail.com

(5) Earth and Marine Science Department, University of Palermo, Italy, giuliana.madonia@unipa.it (corresponding author)

## Abstract

Linked to the International Bat Nights organised under the auspices of UNEP/EUROBATS, the Sicilia Bat Night began in 2014 after the suggestion of a caver from the Le Taddarite Speleological Association. The seven editions organized, sometimes also as a course for cavers, have always included a theoretical and a field part, in some editions also followed by a short cave excursion. Each edition of the Sicilia Bat Night aimed to speak simply but thoroughly and with scientific rigour about bats, with particular attention to cave-dwelling bats, to a wide audience of people even without knowledge of caves and bats. The characteristics of these mammals are explained starting with caves and their characteristics as habitats in which they live, continuing with their biology and conservation, and then dealing with their anatomical and echolocation characteristics. In recent years, after the SARS-CoV-2 pandemic, we have also included a lesson on the relationship of bats with viruses. The seven editions of Sicilia Bat Night organized to date have been attended by 209 people, including a fair number of children.

## 1. Introduction

Appearing around 52 million years ago (JEPSEN, 1966), bats are the only mammals with active flight on our planet. There are about 1,200 species of bats known to date (RUSSO, 2017), about 20% of all mammal species, and are known from all continents except Antarctica (SIMMONS, 2005).

Bats play an important ecological role as predators of many insects. They help to keep their numbers under control, limiting the damage caused by various pests to natural ecosystems, crops and human health.

In Sicily, studies have been carried out for species recognition, distribution and abundance (ZAVA et al., 1986; MUCEDDA et al., 2019, MASSAAD et al, 2023). For palaeoecological and paleoenvironmental importance, bat fossils have recently been studied (SALARI et al., 2019) and caves hosting bat colonies have been investigated for the minerogenetic role of bats (AUDRA et al., 2019). In recent years, research has been carried out on the climatic characteristics of the caves they inhabit and their impact on them (VATTANO et al., 2022). Something has been lacking in Sicily from the point of view of dissemination on the characteristics,

peculiarities and vulnerability of bats.

The European Bat Nights were first organised in France and Poland before becoming, since 1997, International Bat Nights under the auspices of UNEP/EUROBATS, after the Agreement on the Conservation of Populations of European Bats in 1994.

The Bat Night has taken place every year since 1997 in more than 30 countries on the last full weekend of August. Organizers are given complete freedom to change the dates and organize the form and content of the various events, to make the event as participatory as possible.

Considering the bad reputation, the sad legends and the fake news that have been exaggerated during the pandemic, events such as the Bat Night are essential to raise awareness about the characteristics of bats and to dispel all the false stories about these unique mammals. For these reasons, in Sicily, where there are about 25 of the 35 Italian species of bats have been recognized (FULCO & LO VALVO, 2015; FICHERA et al., 2022), we decided to organise the Sicilia Bat Nights starting in 2014.

## 2. Materials and methods

The basic idea behind the organization of the Sicilia Bat Nights by a speleological association, was to talk properly and in depth about bats and the environment in which they live. The fact that several members of the organising association are graduates in scientific disciplines (e.g. geology, biology, natural sciences, environmental sciences) made it easy to imagine a course with a strong scientific rigor. However, the popularization skills of the speakers ensured that the discussion could be adapted to the audience.

Efforts have also been made to organize this event in different parts

of Sicily. For this reason, Sicilia Bat Nights were held in the provinces of Trapani, Agrigento and Siracusa, as well as in Palermo.

The Sicilia Bat Nights were organized with a theoretical part, a field part and, in some editions, a short night excursion in a cave (Figs. 1 and 2).

The theoretical sessions had the following topics:

- Caves and their characteristics as a habitat for bats: this lesson aimed to introduce the main characteristics of caves, focusing on the size of the underground environments and the characteristics of the cave climate, also from the point of view of bats.

- Life in caves: basic information about life in caves, the categories of animals that live in caves and the main adaptations to the underground environment that different species have developed.
- Biology of bats: the biological characteristics of bats and their annual life cycle were presented. The difference between the cycle classically presented for Europe and Italy and that recognised in Sicily was also highlighted. On the island, due to the climatic characteristics, the bat cycle is slightly advanced in months.
- Bat anatomy: the anatomical features of bats were highlighted, focusing on those that allow active flight and those that allow echolocation.



Figure 1: Presentation of the 7<sup>th</sup> Sicilia Bat Night at the head office of Legambiente Sicilia, the Nature Reserve management body, in Palermo.

- Conservation of bats: European and Italian regulations that protect bats and the reasons why they were established (e.g.: Bonn Convention, Bern Convention, Habitats Directive, European Bat Agreement) were presented.
- Bat sensory ecology and bioacoustic techniques: echolocation techniques and the importance of different emissions in bat activity were explained. Emissions related to orientation and hunting phases were played highlighting their characteristics both graphically, using spectrograms, and acoustically, listening to real recordings of bats.

### 3. Results and discussion and result

As mentioned above, the Sicilia Bat Nights have a structured basic setup, but adaptable to the organisational, weather and venue requirements of the different editions (Fig. 3).

The first Sicilia Bat Night was organised in Palermo on October 4<sup>th</sup>, 2014. It was attended by 31 people from all over the island. The talks described above were given by 6 different speakers. The “bat-walking” was held in the Piana degli Albanesi Lake, in the province of Palermo. At sunset it was possible to wait for bats on their way to the lake to drink and hunt. The night walk took place in the Grotta del Garrone, a sub-horizontal cave 130 m long, reached after a walk of about 1.5 km. For this edition, a T-shirt was also produced with a drawing of the annual cycle of the bats, adapted to Sicily and drawn in a playful key.

The second Sicilia Bat Night was held on October 3<sup>rd</sup>, 2015 in Cammarata, in the province of Agrigento. 30 people attended and listened to 6 speakers. The “bat-walking” was held along the Gallo d’Oro river, in the section where it is part of the ‘Monte Conca’ nature reserve. After listening to the bats, an excursion was made to the first gallery of the Monte Conca sink cave, also part of the Monte Conca Nature Reserve.

The third Sicilia Bat Night took place in Palermo. Held on June 25<sup>th</sup>, 2015, it was attended by 25 people and the activities were the same as

This last lesson served as a preparation for the field activities, which included a “bat-walking” session, i.e. a short walk at dusk to listen to the ultrasound emissions of bats using a bat detector.



Figure 2: Explanation of the sounds emitted by bats during flight and hunting, in the area of the ‘Grotta dei Puntali’ nature reserve, during the 7<sup>th</sup> Sicilia Bat Night.

The first three editions also included excursions to short horizontal caves to get to know a typical bat environment at close quarters and to appreciate the characteristics described in the corresponding lecture.

- Bat biology (immune system): since 2020, following the pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus, research has focused more on the role of intermediate hosts and reservoirs. Bats have been shown to be excellent reservoirs, as they host different viruses without ever developing the disease. The reason for this is probably the unique immune system of bats, which is linked to their active flight. Flight keeps the metabolism constantly active, causing a rise in temperature and a fever-like state. This state keeps the immune system active and ready to respond. Moreover, with this basal level of activation, the true ‘cytokine storm’ responsible for COVID deaths is never triggered.

When organising bat-walking, sites have always been chosen where disturbance to bats is minimal. For this reason, was decided to observe their activities only at watering places (i.e. rivers or artificial lakes), or near the entrances to caves protected and guarded as nature reserves, used by bats as a refuge.

Since the 2024 edition, the Sicilia Bat Nights have been organised in collaboration with the National Biodiversity Future Centre (NBFC), SPOKE 7 – Palermo, founded in 2022 at the University of Palermo to conserve, restore, monitor and enhance Italian and Mediterranean biodiversity.

in the first edition.

The fourth Sicilia Bat Night was held on September 24<sup>th</sup>, 2016 in Santa Ninfa, in the province of Trapani. The 29 participants listened to 4 speakers, guests of the “Grotta di Santa Ninfa” Nature Reserve. In the same reserve, a bat-walking was also held close to an artificial lake.

The fifth Sicilia Bat Night was organised on September 23<sup>rd</sup>, 2017 at the Masseria Scriverli in Melilli, in the province of Syracuse. It was attended by 32 people with 4 speakers. The bat-walking was held in the “Grotta Palombara” Nature Reserve, which hosts a large multi-species colony of bats.

The sixth Sicilia Bat Night was the first after the pandemic. On June 11<sup>th</sup> 2022, 6 speakers gave talks at the offices of the Gruppi di Ricerca Ecologica in Palermo. 11 people attended and the bat-walking was held at the entrance to the Grotta dei Puntali, a cave that hosts a large multi-species colony of bats and is also protected as a Nature Reserve.

The seventh Sicilia Bat Night took place on a very hot June 29<sup>th</sup>, 2024. The 51 participants and 6 speakers were hosted at the Spazio Mediterraneo, managed by Legambiente Sicilia in Palermo. The bat-walking was held, as in the sixth edition, in the “Grotta dei Puntali” Nature Reserve.



Figure 2: Some of the posters used to publicise the Sicilia Bat Nights (top row). Bottom right, the annual cycle of bats adapted to Sicily (drawing by G. Bisagna). Bottom right, the fans made for the 7th Sicilia Bat Night to cope with the hot day on which this event took place.

Theoretical lectures and practical activities, including the cave excursion, were highly appreciated by the participants in all editions. Many participants appreciated that the direct and rapid follow-up of the theory directly in the field, enabled them to visualise the concepts easily and fully understand them even if far from their background.

Another positive feedback from the participants was the multidisciplinary vision of the Sicilia Bat Nights, which, thanks to the participation of

several speakers, managed to cover a wide range of topics related to bats.

In terms of numbers, the Sicilia Bat Nights were also quite successful, with a slight drop in attendance towards the end of the pandemic (Fig. 4). The increase in the number of participants since the last edition, and in particular the increase in the number of children and young people taking part, is a strong encouragement to continue organising this type of event.

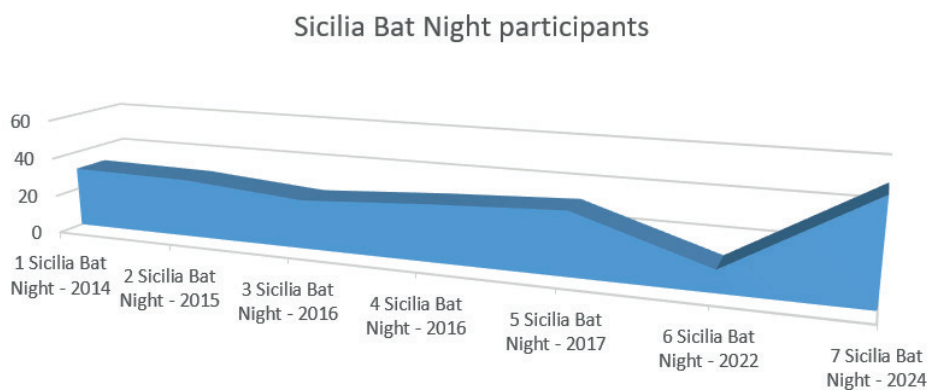


Figure 4: Number of participants in the seven editions of the Sicilia Bat Night.

## 4. Conclusion

After seven editions, the Sicilia Bat Night presents a consolidated structure in terms of organization and main themes. However, there is still the possibility to vary the topics to be covered according to current social issues, as in the case of the pandemic, or the various fake news about bats.

The division into short lectures and field activities, where many of

the oral topics are ‘hands-on’, has been a success.

Talking about bats with scientific rigor but extreme simplicity, it was noticeable how participants changed the perspective with which they thought about bats, moving from ancestral annoyance to a more ecological appreciation. A good explanation of their life cycle and the peculiarity of their diet, which binds them to natural and artificial cavities

(e.g. caves, attics, hollow trees), has highlighted their vulnerability to anthropogenic disturbance and insecticides. To overcome the innate fears of those unfamiliar with bats, it was important to explain their biology and ecology. This made it possible to suggest good practice by avoiding direct persecution, the main aim of lessons on bat biology and conservation.

Our fervent hope is to confirm the upward trend in the number of participants at the Sicilia Bat Night, for a continuous and increasingly

widespread dissemination of information on the characteristics of bats and the importance of their role in the ecosystem. With the increasing number of young participants, the idea of organising a Sicilia Bat Night for families is gaining importance, so that topics can be dealt with in a differentiated way, structured as educational laboratories for the youngest. But this is another step that we hope to be able to talk about soon.

## Acknowledgments

The authors would like to thank A. Fulco, whose suggestion led to the organisation of the Sicilia Bat Night. A. Scrima and S. Inzerillo, are thanked for their willingness to participate as speakers and organisers of the first four editions. We would also like to thank G. Bisagna for jokingly drawing the annual cycle of Sicilian bats. The seven editions of the Sicilia Bat Night were also organised thanks to the valuable and friendly collaboration of the Oros Association, the Municipality of Cammarata (AG) and Legambiente Sicilia, the Gruppi Ricerca Ecologica Sicilia, the

Club Alpino Italiano Sicilia and the Centro Universitario per la Gestione e la Tutela degli Ambienti Naturali e degli Agroecosistemi (CUTGAN), now the Third Mission Area of the University of Catania, nature reserve management bodies. GM and SB acknowledge the support of NBFC to University of Palermo, funded by the Italian Ministry of University and Research, PNRR, Missione 4, Componente 2, "Dalla ricerca all'impresa", Investimento 1.4, Project CN00000033.

## References

- AGNELLI P., DI SALVO I., RUSSO D., SARA' M. (2008) Chiroterofauna della Sicilia (Mammalia Chiroptera). In Massa B. (Ed.) *Atlante della Biodiversità della Sicilia: Vertebrati terrestri*. Palermo: Agenzia Regionale per la Protezione Ambiente – Sicilia:25-40.
- AUDRA P., DE WAELE J., BENTALEB I., CHRONAKOVA A., KRISTUFEK V., D'ANGELI I.M., CARBONE C., MADONIA G., VATTANO M., SCOPELLITI G., CAILHOL D., VANARA N., TEMOVSKI M., BIGOT J.-Y., NOBECOURT J.-C., GALLI E., RULL F. AND SANZ-ARRANZA. (2019) Guano-related phosphate-rich minerals in European caves. *International Journal of Speleology*, 48 (1):75-105. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.48.1.2252>
- FICHERA G., MUCEDDA M., RUSSO D., TOMASSINI A., KIEFER A., VEITH M., ANCILLOTTO L. (2022) Pantelleria island (Sicily, Italy): a biogeographic crossroad for bats between Africa and Europe. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 33 (2): 134–137. doi:10.4404/hystrix-00503-2021
- FULCO A., LO VALVO M. (2015) Geographical distribution of the bat fauna of Sicily: current state of knowledge. *Proceedings of the III Italian congress on Chiroptera*:30.
- JEPSEN, G. L. (1966) Early Eocene bat from Wyoming. *Science* 154:1333.
- MASSAAD M., BUENO R. S., BENTALEB I., LA MANTIA T. (2023) Bats of Sicily: historical evidence, current knowledge, research biases and trends. *Natural History Sciences. Atti Soc. it. Sci. Nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, 10 (2):45-58.
- MUCEDDA M., CASTORINA R., FICHERA G., PIDINCHEDDA E. (2019) Osservazioni sui pipistrelli della Grotta Palombara e della Grotta di Pantalica (Iblei – Sicilia orientale). *Sardegna Speleologica*, 31:44-50.
- RUSSO D. (2017) La vita segreta dei pipistrelli. *Tarka*:234
- SALARI L., AGNELLI P., CALCAGNILE L., DI MALTA J., GRASSO R., QUARTA G., SANTORO C., SPENA M.T. (2019) The fossil bat assemblages from the Grotta dei Pipistrelli in Pantalica (southeastern Sicily, Italy): Chronological and palaeoecological implications. *Comptes Rendus Palevol*, 18, 4:417-441
- SIMMONS, N. B. (2005) Order Chiroptera. In: *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*, D. E. Wilson and D. M. Reeder, eds., Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- ZAVA B., CORRAO, A., CATALANO E. (1986) Chiropteri cavernicoli di Sicilia. *Proceedings of the IX Congreso Internacional de Espeleologia, Barcellona*, Vol. II:187-189.
- VATTANO M., FULCO A., VALENTI P., MADONIA G., LO VALVO M. (2022) Low-cost temperature monitoring system in the Salnitro cave: a bat roost cave in Southern Sicily. *Proceedings of the 18th International Congress of Speleology. Vol. I - Karstologia Mémoires n° 21*:345-348.

# Caverna de Guareí: primeiro estudo espeleológico e potencial educacional

Edson Sarti Wernek (1), Jaqueline Almeida Samila (2) & Marcelo dos Santos Silvério (3)

(1) FATEC Itapetininga, Rua Dr. João Vieira de Camargo, 104, Itapetininga, Brasil, edson.wernek@fatec.sp.gov.br (autor correspondente)

(2) Grupo Pierre Martin de Espeleologia, Itu, Brasil, jaqueline\_samilla@yahoo.com.br

(3) FATEC Itapetininga, Rua Dr. João Vieira de Camargo, 104, Itapetininga, Brasil, marcelo.silverio@fatec.sp.gov.br

## Resumo

O estudo investigou uma caverna de litologia arenítica em Guareí, São Paulo, por meio de três expedições com cinco participantes. Coletaram-se dados como localização via GPS, foi realizado o registro no Cadastro Nacional de Cavernas (CNC) e o mapeamento do desenvolvimento da caverna com o dispositivo “Disto-X”. Realizou-se um estudo biospeleológico, observando a fauna em serrapilheira (com uso de quadrantes), paredes e teto, sem coleta de espécimes. Identificaram-se espeleotemas típicos de arenito, como coraloides, além de formações incomuns com pontos azulados e outras estruturas geomorfológicas. Registrou-se a presença de 27 espécies, predominantemente aracnídeos e alguns morcegos. Os resultados subsidiaram a criação de material pedagógico para inclusão no currículo escolar municipal. A pesquisa destacou a inviabilidade do ecoturismo devido aos riscos à integridade estrutural e ecológica da caverna, contrapondo-a ao seu potencial científico e educacional. Enfatiza-se a importância da colaboração entre a comunidade local, faculdades, o governo e grupos de espeleologia para o desenvolvimento de planos de conservação que assegurem a proteção da caverna e promovam oportunidades educacionais, impulsionando o investimento em ciência.

## Abstract

The study investigated a sandstone cave in Guareí, São Paulo, through three expeditions with five participants. Data such as location were collected via GPS, registration in the National Cave Registry (CNC) and mapping of the cave's development with the “Disto-X” device. A biospeleological study was conducted, observing the fauna in the litter (using quadrants), walls and ceiling, without collecting specimens. Typical sandstone speleothems were identified, such as coralloids, in addition to unusual formations with bluish dots and other geomorphological structures. The presence of 27 species was recorded, predominantly arachnids and some bats. The results supported the creation of educational material for inclusion in the municipal school curriculum. The research highlighted the unfeasibility of ecotourism due to the risks to the structural and ecological integrity of the cave, contrasting it with its scientific and educational potential. The importance of collaboration between the local community, colleges, government and caving groups is emphasized in developing conservation plans that ensure cave protection and promote educational opportunities, driving investment in science.

## Resumen

El estudio investigó una cueva de litología de arenisca en Guareí, São Paulo, a través de tres expediciones con cinco participantes. Datos como ubicación fueron recolectados vía GPS, se realizó el registro en el Registro Nacional de Cavernas (CNC) y se mapeó el desarrollo de la cueva con el dispositivo “Disto-X”. Se realizó un estudio biospeleológico, observando la fauna en hojarasca (utilizando cuadrantes), paredes y techo, sin recolectar ejemplares. Se identificaron espeleotemas típicos de arenisca, como coraloides, así como formaciones inusuales con puntos azulados y otras estructuras geomorfológicas. Se registró la presencia de 27 especies, predominantemente arácnidos y algunos murciélagos. Los resultados apoyaron la creación de material didáctico para su inclusión en el currículo escolar municipal. La investigación destacó la inviabilidad del ecoturismo debido a los riesgos a la integridad estructural y ecológica de la cueva, contrastándolo con su potencial científico y educativo. Se enfatiza la importancia de la colaboración entre la comunidad local, las universidades, el gobierno y los grupos de espeleología en el desarrollo de planes de conservación que garanticen la protección de las cuevas y promuevan oportunidades educativas, impulsando la inversión en ciencia.

## 1. Introdução

Conforme o CADASTRO NACIONAL DE CAVERNAS (2025), de sigla CNC, o Brasil possui em seu território 9.352 cavidades, sendo 1.158 delas de litologia siliciclásticas (12,6% dos cadastros), compreendendo nesses registros cavernas de argilitos, conglomerados, arenitos e outros. Ainda com CNC, esses registros ficam atrás apenas das de litologia metassedimentar (1.507) e calcária (5.253). Entretanto, em cavernas siliciclásticas, observa-se uma subestimação dos dados, sobretudo no potencial de

algumas áreas ainda não exploradas por prospecções espeleológicas (MORAIS & SOUZA, 2009 ; SPOLADORE, 2005).

Essa estimativa para menos pode interferir diretamente em ações de conservação, educação, pesquisa e ecoturismo que podem ser gerados pelos registros e estudos espeleológicos específicos e adjacentes às cavidades no território brasileiro.

Ainda sobre litologia arenítica e a formação de feições cársticas,

para o trabalho foram consideradas observações de HARDT et al. (2009), abolindo a ideia de “pseudo-carste” e considerando esse estudo como um artigo “guarda-chuva”, reunindo aspectos da cavidade e entorno, para estimular estudos específicos e descritivos acerca dos processos e situações preliminarmente denotados, para que assim essas pesquisas possam ser determinantes em suas atestações.

Sobretudo, o trabalho buscou descrever de forma abrangente,

observações gerais acerca da Caverna de Guareí (SP-922), chamada nessa pesquisa pela sigla CG, com sinonímia de Gruta da Camponesa, considerando aspectos biológicos, geológicos, etnológicos, estando presente no município de Guareí, sendo a primeira registrada formalmente na cidade dentro do CNC, por consequência do trabalho de WERNEK et al. (2024), com o desdobramento da confecção de material pedagógico para as escolas municipais da cidade de Guareí, São Paulo.

## 2. Materiais e Métodos

A CG está no município de Guareí, bairro Sobar, próxima do limite com a cidade de Bofete. Guareí, conforme INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2022), tem 15.013 habitantes e 567.884 km<sup>2</sup> de área territorial, composta pelos biomas Cerrado e Mata Atlântica.

Segundo o BANCO DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS (2023), a área da CG apresenta fitoecologia e vegetação pretérita classificada em “Savana”; estando geomorfologicamente no Patamar Oriental da Bacia do Paraná, no “Patamar de Ponta Grossa – Itapetininga”, de morfogênese mecânica e química, altimetria mínima de 511 e máxima de 1290. Ainda com o Banco, a estratificação da cobertura vegetal é dividida em 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>, respectivamente em Pastagem pecuarista (0,42 km<sup>2</sup>), Florestamento e Reflorestamento com Eucaliptos (0,88 km<sup>2</sup>) e Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria (1,93 km<sup>2</sup>), entendendo a necessidade de proteção CG circundada por antropismos (Fig. 1).

Também, geologicamente, sua litologia está classificada na Unidade Pirambóia, com formação proveniente de rocha metamórfica ou ígnea, em área de influência da zona de recarga do “Aquífero Guarani” (SCALCO, 2014).

O trabalho foi executado num estudo de caso, em pesquisa exploratória de método de avaliação qualitativa (TOLEDO & SHIAISHI, 2009). Os dados foram coletados em três incursões distintas. A 1<sup>a</sup>, em maio de 2023, buscou localizar a CG após pesquisa com municípios e Secretaria do Meio Ambiente. Após análise da dinâmica de relevo, foi decidido o local de prospecção, e a CG foi realocada, sua posição de GPS coletada, e dados preliminares de bioespeleologia, desenvolvimento, geologia e hidrologia foram observados e tomados nota. Na 2<sup>a</sup> incursão, em junho de 2023, a CG foi mapeada via dispositivo Leica Geosystems DISTO-X, com software Topodroid, demonstrando o desenvolvimento e demais características. Na 3<sup>a</sup> expedição em novembro de 2023, dados biológicos foram aventados, sem coleta, com fotografia da fauna observável sendo realizada, respeitando a finalidade da pesquisa « guarda chuva », que embasará posteriores.

O material pedagógico vem sendo desenvolvido pelo autor Edson Sarti Wernek, de produção independente e provável editoração pelo Centro Paula Souza, pela integração com o curso de Gestão Ambiental, da FATEC de Itapetininga.

## 3. Resultados

A 1<sup>a</sup> expedição localizou a CG, coletou o ponto GPS e cadastrou no CNC, tornando a primeira caverna do município no Cadastro. A localização, leitura do mapa topográfico, contato com membros do Grupo de Espeleologia Laje Seca e municípios, foi essencial para o reencontro. Matacões e garrafa PET, tendenciam a prospecção que teve acesso por uma plantação eucalipto.

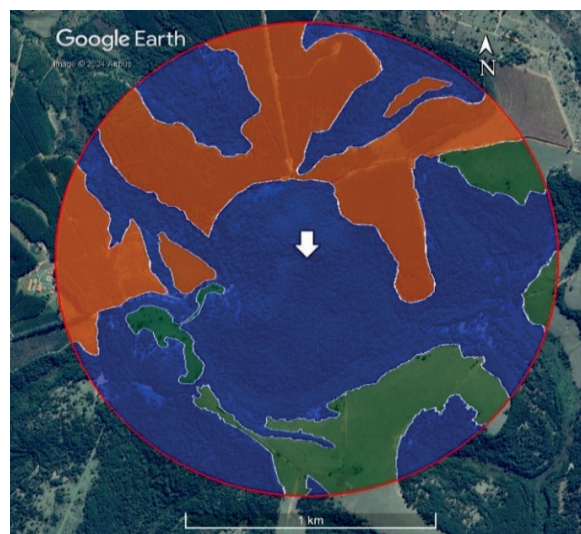


Figura 1: Estratificação da cobertura vegetal em 1 km de raio da CG (1<sup>a</sup>: verde; 2<sup>a</sup> laranja; 3<sup>a</sup> azul; CG: seta branca).

Animais de paredes e teto foram levantados em busca ativa com vista desarmada; os de serrapilheira em quadrantes (MISE et al., 2023). Os quadrantes modificados foram confeccionados em papelão com 900cm<sup>2</sup> de área. De luvas, o folhço era revolvido e espécime fotografado sem manuseio. A identificação se deu por comparação morfotípica, aproximando a taxonomia por bibliografia e consultando eventualmente especialistas.

O mapa da CG em planta e perfil, foi desenvolvido com 3 pessoas, em papéis de croquista, ponta-de-trena e instrumentista-anotador, com poligonal fechada e Grau BCRA: 5D, no “Princípio da descontinuidade”.

O foco em dados arqueológicos se deu pela proximidade da área com o sítio arqueológico «Abrigo Sarandi», que detém vários estudos, conforme BLASIS & PIEDADE (1991).

Na prospecção, uma trilha até o alto morro foi encontrada, porém não há trilha até a CG, sendo encontrada pela interpretação do mapa topográfico, e pela orientação de que a CG não se estava na base do morro. Em bioespeleologia, na ocasião foi registrado uma colônia com ao menos 25 morcegos, identificados morfotipicamente como *Mimon bennettii* pelas chaves morfológicas de ORTEGA & ARITA (1997).



Figura 2: *Mimon bennettii* na CG.

Acerca das formações da CG, foram identificados espeleotemas, pontos de lavagem e de diferenciação de coloração na rocha, fraturas, falhas e marcas da evolução da caverna em algumas feições. Entre espeleotemas vistos, pôde-se observar um tipo de crosta coralóide esbranquiçada ou levemente rósea, comumente vistas, em zonas semi-fólicas ao interior do desenvolvimento da cavidade, espalhadas sempre pelo teto da caverna, possuindo comprimento com escala métrica (Fig. 3).

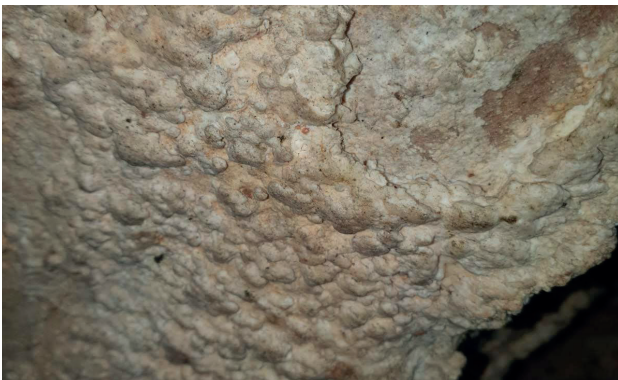


Figura 3: Crostas no teto.

Espeleotemas coraloides, os mais comuns da CG, foram encontrados em áreas como planos de fratura (caminho preferencial da água) e pontos onde a rocha apresentava coloração mais escurificada (Fig. 4).



Figura 4: Espeleotema coralóide se formando num plano de fratura.

Ainda com espeleotemas foram observadas formações com pontos de coloração azulada (Fig. 6), como também agrupações consideráveis de pequenas estalactites, com cerca de 5 cm em média espalhadas pelo teto (Fig. 5).

Na 2<sup>a</sup> expedição houve dificuldade para o reencontro da CG pela densidade da floresta. No reencontro, topografia e mapa foram realizados (Fig. 8). Destaque à participação de três grupos espeleológicos no estudo em questão: Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME), Grupo de Espeleologia Laje Seca (GELS) e Grupo Espeleológico dos Tecnólogos de Itapetininga (GETI), sendo esse o mais recente, vinculado a FATEC de Itapetininga, expoente em futuros estudos espeleológicos regionais.

Na última expedição, foram observados dados bioespeleológicos. Entre os dados, houve a observação de morcegos da família Phyllostomidae da espécie identificada como *Carollia perspicillata* e outra sem possibilidade de identificação profunda em taxonomia. Na última expedição, não foram encontrados dados arqueológicos



Figura 5: Pequenas estalactites.



Figura 6: Formações com pontos azulados.



Figura 7: Primeira capa do livro educativo.



## Agradecimentos

Agradecemos a todos os citados no trabalho de Wernek, Samila e Silvério (2024).

<b>Animalia</b>	<b>Arthropoda</b>	<b>Arachnida</b>	<b>Araneae</b>	<b>Ctenidae</b>	<i>Ctenus sp.</i>
					<i>Isoctenus sp.</i>
				<b>Sicariidae</b>	<i>Loxosceles</i>
				<b>Theridiidae</b>	<i>Nesticodes</i>
				<b>Pholcidae</b>	<i>Pholcus sp.</i>
			<b>Corinnidae</b>	<i>Paradiestus</i>	
			<b>Ixodida</b>	<b>Amasidae</b>	<i>Ornithodoros</i>
			<b>Diptera</b>	<b>Stratiomyidae</b>	<i>Cyphomyia</i>
				<b>Tabanidae</b>	<i>Tabanus sp.</i>
			<b>Psocodea</b>	<b>Pachytroctidae</b>	<i>Nanopsocus</i>
		<b>Lepidoptera</b>	<b>Noctuidae</b>	<i>Spodoptera</i>	
		<b>Blattodea</b>	<b>Ectobiidae</b>	-	
		<b>Orthoptera</b>	<b>Phalangopsidae</b>	<i>Eidmanacris</i>	
				<i>Izecksohniella</i>	
		<b>Diplopoda</b>	<b>Polydesmida</b>	-	
	<b>Polydesmida</b>		-		
	<b>Julida</b>		-		
	<b>Chordata</b>	<b>Amphibia</b>	<b>Anura</b>	<b>Bufo</b>	<i>Rhinella sp.</i>
		<b>Mammalia</b>	<b>Rodentia</b>	<b>Cricetidae</b>	<i>Euryoryzimy</i>
			<b>Chiroptera</b>	<b>Phyllostomidae</b>	<i>Carollia sp.</i>
	<b>Mollusca</b>	<b>Gastropoda</b>	<b>Stylommatophora</b>	<b>Simpulopsidae</b>	<i>Leiostracus</i>

Figura 9: Bioespeleologia da 3ª expedição classificações ao máximo em gênero

## Referências

- ALDRETE G., NERI A. (1993) The Mexican Pachytroctidae (Troctomorpha: Psocoptera). *Anales del Instituto de Biología* 64(2):89-107.
- BANCO DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS (2024) Informações Gerais. In: Recorte por município.
- BLASIS P.A.D., PIEDADE S.C.M. (1991) As pesquisas do Instituto de Pré-História e seu acervo: balanço preliminar e bibliografia comentada. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia* 1:165-188.
- BONALDO A.B. (2000) Taxonomia da subfamília Corinninae (Araneae, Corinnidae) nas regiões neotropical e neártica. *Iheringia*, 89:3-148.
- BONVICINO C.R., OLIVEIRA J.A., D'ANDREA P.S. (2008) Guia dos Roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos, Ed. Centro Pan-Americano de Febre Aftosa, 120 p.
- BUCHERL W. (1969) Aranhas da família Ctenidae. II. Phoneutriinae subfamília nova. *Memórias do Instituto Butantan* 34:25-31.
- CADASTRO NACIONAL DE CAVERNAS (2025) Estatísticas. In: Base de Dados.
- CLOUTIER D., THOMAS D.W. (1992) *Carollia perspicillata*. *American Society of Mammalogists* 417:1-9.
- CORDEIRO B.M. (2021) Mapeamento da gruta Aldeia Limão Verde: a cavidade natural em arenito, Aquidauana – MS. *Revista Pantaneira* 19:130-141.
- FAIRCHILD G.B. (1969) Notes on Neotropical Tabanidae XII: Classification and distribution, with keys to genera and subgenera. *Arquivos de Zoologia* 17(4):199-255.
- GONÇALVES-DE-ANDRADE R.M., BERTANI R., NAGAHAMA R.H., BARBORA M.F.R. (2012) *Loxosceles niedeguidonae* (Araneae, Sicariidae) a new species of brown spider from Brazilian semi-arid region. *ZooKey* 175:27-36.
- GUZMÁN-CORNEJO C., HERRERA-MARES A., ROBBINS R.G., REBOLLO -HERNÁNDEZ A. (2019) The soft ticks (Parasitiformes: Ixodida: Argasidae) of Mexico: species, hosts, and geographical distribution. *Zootaxa* 4623(3):485-525,
- HARDT R., RODET J., PINTO S.A.F., WILLEMS L. (2009) Exemplos brasileiros de carste em arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaquerei (SP). *Espeleo-Tema* 20(1/2):7-23.
- IIDE P. (1963) Contribuição ao conhecimento do gênero *Cyphomyia* Wiedemann, 1819:(Diptera, Stratiomyidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 61:25-39.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2022) Panorama. In: Portal Cidades.
- MACARINI L.C., MAGRO S., FIANCO M., DIAS P.G.B.S., ZEFA E., SZINWELSKI N. (1995) Mating behavior of the long-legged cricket *Eidmanacris meridionalis* Desutter-Grandcolas, 1995 (Orthoptera: Phalangopsidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 67(2):2-12.
- MISE K.M., MUNGUA W.P., GHENDIN G.S., KARDUSH T.A., SESSEGOLO G.C. (2023) Monitoramento de invertebrados em 13 cavernas de Santa Maria da Vitória e São Félix do Coribe/BA. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia 37:195-199.
- MORAIS F., SOUZA L.B. (2009) Cavernas em arenito na porção Setentrional da Serra do Lajeado Estado do Tocantins, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 9(2):1-13.
- MORAIS F., ROCHA S. (2011) Cavernas em arenito no planalto residual do Tocantins. *Espeleo-Tema* 22(1):127-137.
- ORTEGA J., ARITA H.T. (1997) *Mimon bennettii*. *American Society of Mammalogists* 549:1-4.
- PANTOJA L.D.M., PAIXÃO G.C., BRITO E.H.S., MOURÃO C.I. (2015) Princípio

de Parasitologia, Ed. EdUECE, 155 f.

POLOTOW D., BRECOVIT A.D. (2009) Revision and cladistic analysis of *Isoctenus* and description of a new neotropical genus (Araneae, Ctenidae, Cteninae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 155(3):583-614.

RANGEL F.C.S., THIENGO S.C., OLIVEIRA T.C., RODRIGUES P.S., SILVA E.F., RAMOS-DE-SOUZA J., GOMES S.R. (2023) Biodiversidade e saúde na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica: pesquisa, conservação e educação, Ed. Atena Editora, 376 f.

REIS N.R., PERACCHI A.L., PEDRO W.A., LIMA I.P. (2007) Morcegos do Brasil, Ed. [S.l.], 253 f.

SANTOS E.R.D., HORTA JUNIOR P.A. (2015) Material Complementar ao livro *Sistemática Vegetal I: Fungos*, Ed. [S.l.], 47 f.

SCALCO A.V. (2014) Estudo do balanço hídrico da área de influência da zona de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de São Paulo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 86 f.

SHYLESHA A.N., JALALI S.K., GUPTA A., VARSHNEY R., VENKATESAN T., SHETTY P., OJHA R., GANIGER P.C., NAVIK O., SUBAHARAN K., BAKTHAVAT-SALAM N., BALLAL C.R., RAGHAVENDRA, A. (2018) Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. *Journal of Biological* 32(3):145-151.

SILVA A.C.B., PELLI A. (2019) Estado atual do conhecimento das baratas, *Ordem Blattaria Burmeister, 1829*. *Revista UNINGÁ* 34(2):28-38.

SILVEIRA A.L., SALLES R.O.L., PONTES R.C. (2002) Primeiro registro de *Rhinella pombali* e novos registros de *R. crucifer* e *R. ornata* no Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Biotemas* 22(4):231-235.

SILVESTRI F. (1903) Note preliminari sulla morfologia dei Diplopodi e Chilopodi. *Rivista di Patologia Vegetale* 10:179-184.

SPERBER C.F., ROCHA A., LOPES-ANDRADE C., MESA A. (2003) *Izecksohniella puri* sp. n., a new Brazilian cricket species (Orthoptera: Grylloidea: Phalangopsidae) from Atlantic Forest remnants. *Zootaxa* 244(1):1-12.

SPOLADORE, A. (2005) Novas cavernas em arenito no estado do Paraná. In : Congresso Brasileiro de Espeleologia 28:125-135

TALUKDAR S., SANYAL A.K. (2013) First record of the genus *Nesticodes* Simon, 1894 from India with taxonomic studies on a red cob-web-spider *Nesticodes rufipes* (Lucas, 1846) (Araneae: Theridiidae) from West Bengal, India. *Records of the Zoological Survey of India* 113:41-47.

TOLEDO L.A., SHIAISHI G.F. (2009) Estudo de caso em pesquisas exploratórias qualitativas: um ensaio para a proposta de protocolo do estudo de caso. *Revista da FAE* 12(1):103-119.

WERNEK E.S. (2024) O morcego-ruivo e o bicho do casco de jabuti brilhante. In : *Mostra de Estudos Espeleológicos*, 1.

WERNEK E.S., SAMILA J.A., SILVÉRIO M.S. (2024) Estudo espeleológico da primeira caverna registrada em Guareí, São Paulo. *Perspectiva* 13(25):1-20.

ZHANG L., WANG B., HE Q., YAO Z. (2024) A new species of the *Pholcus phungiformes* species group (Araneae, Pholcidae) from Liaoning, China, with identification keys to four closely related species. *ZooKeys* 1193:171-179.



Session 08

**CAVE AND KARST PROTECTION  
AND MANAGEMENT**

---

08.4 : Legislation



# A Proteção Jurídica das Cavernas e a Conservação do Patrimônio Paleontológico: Desafios e Perspectivas

Giulia Alves (1) & Yasmin Lima (2)

(1) Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901, giulia.viana@direitosbc.br.

(2) Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901, yasminnandrad@gmail.com.

## Resumo

Este trabalho analisa a importância das cavernas no contexto da legislação brasileira e como essa proteção jurídica interfere na gestão de bacias fossilíferas e na preservação do patrimônio paleontológico. Por meio de uma abordagem interdisciplinar entre Direito e Geociências, o estudo investiga a evolução normativa das leis de proteção das cavernas, destacando três momentos decisivos: o Decreto nº 99.556/1990, que inaugurou a proteção legal; o Decreto nº 6.640/2008, que introduziu critérios técnicos de classificação; e o Decreto nº 10.935/2022, que flexibilizou as regras para viabilizar empreendimentos. A análise enfatiza os desafios decorrentes da tensão entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, propondo diretrizes para a harmonização das legislações ambiental, espeleológica e paleontológica.

## Abstract

This paper analyzes the importance of caves within the context of Brazilian legislation and how legal protection influences the management of fossiliferous basins and the preservation of paleontological heritage. Through an interdisciplinary approach combining Law and Geosciences, the study investigates the normative evolution of cave protection regulations, highlighting three decisive stages: Decree nº 99.556/1990, which initiated legal protection; Decree nº 6.640/2008, which introduced technical classification criteria; and Decree nº 10.935/2022, which relaxed the rules to facilitate development projects. The analysis emphasizes the challenges arising from the tension between economic development and environmental preservation, and it proposes guidelines for harmonizing environmental, speleological, and paleontological legislation.

## 1. Introdução

As cavidades naturais subterrâneas são ambientes de grande relevância científica, ecológica e patrimonial. Esses sistemas apresentam características geológicas e biológicas únicas, servindo como abrigos para diversas formas de vida, arquivos naturais de processos geodinâmicos e registros de eventos paleoambientais. No contexto paleontológico, as cavernas possuem um papel fundamental na conservação de fósseis, fornecendo condições ideais para a preservação de restos orgânicos e evidências de espécies extintas, além de possibilitarem a compreensão da dinâmica dos ecossistemas passados.

Historicamente, as cavernas têm sido reconhecidas como locais de grande potencial para a descoberta de fósseis bem preservados, essenciais para estudos evolutivos e paleoambientais. Esse potencial decorre das condições ambientais desses ambientes – como a estabilidade da temperatura e da umidade, a baixa incidência de luz solar e a ausência de predadores – que favorecem a conservação dos restos orgânicos ao longo do tempo (Lund, 1837).

No Brasil, as cavernas figuram entre os principais depósitos fossilíferos de mamíferos, mas também apresentam registros de invertebrados com partes mineralizadas, de vertebrados (anfíbios, aves e répteis) e de restos vegetais preservados por processos de mineralização, como os encontrados em cavidades do Rio Grande do Norte (Ferreira et al., 2010).

No entanto, a vulnerabilidade das cavernas às atividades humanas – mineração, exploração turística desordenada e expansão urbana – representa um desafio significativo para sua proteção, colocando em risco não apenas suas estruturas, mas também os registros paleontológicos que elas abrigam. Ademais, a estreita relação entre cavernas fossilíferas e bacias sedimentares de alta relevância científica reforça a necessidade de um olhar atento à gestão e proteção legal desses ambientes.

A legislação brasileira sobre cavidades naturais busca garantir sua preservação diante das ameaças antrópicas. Os principais marcos legais evoluíram ao longo das últimas décadas, refletindo mudanças nas prioridades socioambientais e na compreensão do valor patrimonial das cavernas. Inicialmente tratadas de forma genérica, as normativas passaram a adotar critérios técnicos para sua classificação e proteção. Neste trabalho, propõe-se analisar essa evolução normativa, destacando seus impactos na preservação dos registros paleontológicos e apontando desafios para a gestão integrada desses ambientes.

A aplicação dessas normas enfrenta desafios, especialmente no que se refere à interseção entre a proteção ambiental e a necessidade de conservação do patrimônio paleontológico. A compatibilização desses interesses é um dos pontos centrais do debate atual sobre a gestão das cavidades naturais no Brasil.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar como a legislação relacionada à relevância das cavidades naturais interfere na preservação de fósseis e bacias fossilíferas. Para tanto, será realizado um estudo de caso que visa ilustrar os impactos práticos da aplicação dessas normas, bem como os desafios enfrentados na proteção desses ambientes.

O estudo de caso abordado neste trabalho concentra-se na Caverna da Fazenda Itaquera, a partir da análise desse caso, busca-se compreender de que forma a legislação vigente tem sido aplicada, quais são os impactos positivos e negativos dessa regulamentação e quais são as possíveis melhorias que podem ser implementadas para garantir a efetiva preservação do patrimônio paleontológico brasileiro.

## 2. Materiais e Métodos

A presente pesquisa destrincha as leis brasileiras que versam, direta ou indiretamente, sobre a proteção das cavidades naturais e das bacias fossilíferas. Foram consultadas bases de dados acadêmicas e publicações oficiais para traçar a evolução normativa, com especial atenção aos seguintes decretos: • Decreto nº 99.556/1990: Primeira regulação específica que declarou as cavernas como bens da União. • Decreto nº 6.640/2008: Introduziu a classificação das cavernas em categorias (máxima, alta, média e baixa relevância) e estabeleceu critérios técnicos para avaliação. • Decreto nº 10.935/2022: Propôs a flexibilização das regras de proteção, permitindo, em determinadas condições, impactos mesmo em cavernas de alta relevância, desde que justificados por interesse público.

Além disso, realizou-se um levantamento bibliográfico de artigos, livros e documentos técnicos sobre paleontologia e direito ambiental. Bases de dados públicas e privadas, que reúnem informações sobre a proteção desses materiais, permitiram um entendimento aprofundado sobre a distribuição e a relevância dos ambientes estudados. Para embasar

## 3. Resultados

Os resultados ainda estão em fase de elaboração, uma vez que o estudo encontra-se no estágio de análise de dados e interpretação das informações coletadas. Até o momento, foram levantadas as principais legislações aplicáveis às cavidades naturais e sua relação com a preservação dos fósseis. A análise dos decretos revela uma evolução significativa na proteção das cavernas ao longo dos anos.

Inicialmente, o Decreto nº 99.556/1990, implementado durante o governo Collor, estabeleceu a proteção das cavernas como bens da União, sem critérios diferenciados para sua avaliação. Esse decreto proibia a destruição das cavernas sem a autorização prévia do órgão ambiental competente, mas não dispunha de um sistema de classificação que distinguisse os diferentes valores patrimoniais e ambientais dessas formações. Como consequência, surgiram dificuldades na gestão e no licenciamento ambiental, uma vez que todas as cavernas eram tratadas de forma uniforme, independentemente de sua relevância específica.

Posteriormente, com o advento do Decreto nº 6.640/2008, instituído no governo Lula, passaram a ser adotados critérios técnicos para a classificação das cavernas. Esse decreto introduziu uma categorização em quatro níveis – máxima, alta, média e baixa relevância – permitindo uma proteção integral para as cavernas de máxima relevância e, simultaneamente, autorizando impactos em categorias inferiores, desde que acompanhados de medidas compensatórias. Embora essa abordagem tenha proporcionado maior previsibilidade para o licenciamento ambiental, ela também gerou polêmicas: ambientalistas criticaram a possibilidade de impactos mesmo em cavernas de alta relevância, enquanto setores industriais acolheram a novidade por oferecer maior clareza normativa.

Mais recentemente, o Decreto nº 10.935/2022, proposto durante o governo Bolsonaro, buscou flexibilizar as normas de proteção para facilitar a obtenção de licenças destinadas a empreendimentos de mineração e infraestrutura. Esse decreto permitiu, sob alegação de interesse público, a ocorrência de impactos irreversíveis – inclusive em cavernas de máxima relevância – e reduziu as exigências para a realização de estudos detalhados e compensações ambientais. Entretanto, a flexibilização das regras encontrou forte oposição de ambientalistas, geólogos e espeleólogos, culminando na intervenção do STF para suspender trechos polêmicos do decreto, restaurando, em parte, as proteções previstas anteriormente.

Estudo de Caso – Caverna da Fazenda Itaquera: A análise do estudo de caso da Caverna da Fazenda Itaquera revela os desafios práticos enfrentados na proteção de cavidades naturais com registros fossilíferos de grande relevância científica, mas classificadas como de média relevância segundo a legislação brasileira. A classificação de relevância, prioriza critérios como biodiversidade, singularidade espeleológica e potencial turístico, mas não atribui peso suficiente à importância paleontológica.

a discussão, também foram considerados referenciais teóricos acerca da proteção patrimonial, da interdisciplinaridade entre direito e geociências e, quando aplicável, comparações com legislações de outros países.

A seleção do estudo de caso levou em conta critérios específicos, como a relevância científica da bacia fossilífera, a localização geográfica e os impactos das normativas ambientais sobre sua preservação.

A metodologia empregada baseia-se na interpretação jurídico-legal das normas aplicáveis às cavidades naturais e nos seus impactos na preservação dos fósseis. Sempre que pertinente, realiza-se uma análise comparativa entre legislações nacionais e internacionais para identificar boas práticas e desafios comuns. Adicionalmente, busca-se avaliar os efeitos concretos das normativas no estudo de caso, considerando tanto medidas de conservação quanto possíveis ameaças antrópicas que resultam na perda de fósseis. A pesquisa documental e legislativa, complementada por análises de mapas geológicos e outros registros técnicos, constitui a principal estratégia metodológica.

Essa lacuna normativa coloca em risco a preservação de fósseis em cavidades como a Caverna da Fazenda Itaquera, que, apesar de abrigar vestígios de megafauna do Pleistoceno (FERREIRA et al., 2010), está sujeita a pressões antrópicas devido à permissividade da legislação.

Um dos principais problemas identificados é a perda de patrimônio paleontológico em cavernas de média e baixa relevância. Essas cavidades, embora possam não apresentar características espeleológicas ou ecológicas excepcionais, frequentemente abrigam registros fossilíferos únicos – essenciais para a reconstrução de ecossistemas passados e para o entendimento da evolução biológica. No caso da Caverna da Fazenda Itaquera, a presença de fósseis de preguiças-gigantes (*Eremotherium*) e de tigres-dentes-de-sabre (*Smilodon populator*) demonstra o potencial científico desses ambientes (CARTELLE; DE IULIIS, 2006). No entanto, a classificação de média relevância permite atividades econômicas no entorno, como mineração e turismo desordenado, que podem levar à destruição irreversível desses registros.

Outro ponto crítico é a falta de integração entre as normas espeleológicas e paleontológicas. Enquanto a legislação espeleológica prioriza a proteção das cavidades com base em critérios ecológicos e turísticos, a legislação paleontológica carece de mecanismos específicos para garantir a preservação de fósseis em cavernas. Essa desconexão normativa resulta em uma proteção fragmentada, que não considera a importância interdisciplinar desses ambientes. Por exemplo, a Caverna da Fazenda Itaquera, embora reconhecida por seu valor paleontológico, não recebe proteção integral devido à sua classificação de média relevância, o que a torna vulnerável a impactos antrópicos (ROCHA; SILVA, 2018).

Além disso, a aplicação da legislação espeleológica enfrenta desafios práticos, como a falta de fiscalização e a dificuldade de monitorar atividades econômicas no entorno das cavernas. No Vale do Ribeira, região onde se localiza a Caverna da Fazenda Itaquera, a expansão agrícola e a exploração de calcário têm colocado em risco não apenas as cavidades naturais, mas também os registros fossilíferos que elas abrigam (AVELAR et al., 2018). Essas atividades, embora legalmente permitidas em áreas de média relevância, podem causar danos irreversíveis – como alterações hidrológicas, vibrações e destruição direta de fósseis.

Diante desses desafios, torna-se urgente a revisão dos critérios de classificação de relevância das cavernas, incorporando a importância paleontológica como um fator determinante. A criação de zonas de amortecimento específicas para cavidades com registros fossilíferos, bem como a integração entre órgãos ambientais e instituições de pesquisa, revela-se essencial para garantir a proteção efetiva desse patrimônio. Ademais, a harmonização das legislações espeleológica e paleontológica pode minimizar conflitos e fortalecer a conservação integrada dos recursos naturais e culturais.

## 4. Discussão

A análise interdisciplinar demonstra que a proteção jurídica das cavernas no Brasil está imersa em conflitos de interesses. A adoção de critérios técnicos – como os introduzidos pelo Decreto nº 6.640/2008 – possibilitou uma gestão diferenciada dos ambientes, considerando seu valor patrimonial e ambiental. Contudo, a flexibilização promovida pelo Decreto nº 10.935/2022 evidencia a vulnerabilidade desses instrumentos normativos frente às pressões de setores voltados para o desenvolvimento econômico.

## 5. Conclusão

O estudo evidencia que a proteção jurídica das cavernas brasileiras evoluiu de um modelo genérico para um sistema técnico de classificação, refletindo a crescente valorização dos aspectos ambientais e patrimoniais desses ambientes. Entretanto, a tentativa de flexibilização promovida pelo Decreto nº 10.935/2022 revela tensões entre interesses econômicos

Do ponto de vista ambiental, a possibilidade de impactos irreversíveis em cavernas de alta relevância representa um risco inaceitável, sobretudo considerando o papel dessas formações na conservação de fósseis e na compreensão da história geológica do país. Os desafios práticos identificados no estudo de caso da Caverna da Fazenda Itaquera reforçam a necessidade de um sistema de compensação ambiental robusto e de uma maior integração entre as esferas legislativas – ambiental, espeleológica e paleontológica – para promover uma proteção sustentável e eficaz.

e a conservação do patrimônio paleontológico. Assim, é imperativo que futuras políticas públicas adotem diretrizes que conciliem desenvolvimento e preservação, por meio de instrumentos normativos claros e integrados, capazes de garantir a proteção dos recursos naturais e culturais presentes nas cavernas.

## Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Minas Gerais pelo apoio durante a realização deste estudo, bem como aos professores Alexandre Lipiani e Lucas Padoan, cujas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Agradecemos também ao CAPES, que financiou a bolsa para a realização deste trabalho, e ao CPMTC – Centro de Pesquisa Professor Manuel Teixeira Costa, pelo suporte técnico e

institucional, além do Instituto de Geociências (IGC - UFMG) pelo apoio científico.

Gostaríamos de agradecer a todos os espeleólogos de todo o mundo que escolheram vir a Belo Horizonte em 2025 para apresentar seus trabalhos e aproveitar o evento.

## Referências

AVELAR, S.; PESSÔA, L. M.; TRAJANO, E. Espeleologia e paleontologia no Brasil: uma revisão integrada. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 8, n. 1, p. 45-60, 2018

CARTELLE, C.; DE IULIIS, G. *Eremotherium laurillardi*: the panamerican late Pleistocene megatheriid sloth. *Journal of Vertebrate Paleontology*, v. 25, n. 4, p. 938-941, 2006.

FERREIRA, Rodrigo Lopes et al. Fauna subterrânea do Estado do Rio Grande do Norte: caracterização e impactos. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 1, n. 1, p. 25-51, 2010.

FERREIRA, R. L.; PACHECO, M. S.; SILVA, M. S. Cavernas como repositórios de fósseis: o caso do Vale do Ribeira, São Paulo. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 13, n. 2, p. 123-134, 2010.

LUND, Peter Wilhelm. Cavernas existentes no calcário do interior do Brasil, contendo algumas delas ossadas fósseis. In: LUND, Peter Wilhelm. Segunda memória sobre a fauna das cavernas. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1837, p. 93-106.

ROCHA, V. J.; SILVA, J. A. A. Impactos da mineração em áreas cársticas: o caso do Vale do Ribeira. *Geociências*, v. 37, n. 4, p. 789-801, 2018.

VASCONCELOS, Cristiano; BITTENCOURT, João. Desenterrando a vida do passado: um olhar sobre os fósseis do Carste de Vazante, MG. Disponível em: [https://paleontologiaufmg.com.br/PDF/Vasconcelos\\_Bittencourt\\_2018\\_Desenterrandoavidadopassado\\_CarsteVazante.pdf](https://paleontologiaufmg.com.br/PDF/Vasconcelos_Bittencourt_2018_Desenterrandoavidadopassado_CarsteVazante.pdf). Acesso em: 02 jan. 2025.

# The use of environmental compensation as a mechanism for protecting speleological heritage: the example of Fazenda Ressaca in the Alto São Francisco Speleological Province, Minas Gerais, Brazil

Allan Calux (1) & Elizandra Gomig (1)

(1) Carstografica Karst Applied Research Centre, Campinas/SP, Brasil, calux@carstografica.science (autor correspondente)

## Resumo

Desde a publicação do Decreto Federal 6.640/2008, que estabeleceu um novo regramento para uso das cavernas localizados no território brasileiro, permitindo a supressão de cavernas não classificadas como de máxima relevância, a comunidade espeleológica brasileira tem se deparado com um cenário contraditório pois o mesmo documento que autoriza esses impactos, impõe o que certamente tem sido um dos mais eficientes mecanismos de proteção do carste e das cavernas no Brasil, a compensação espeleológica. É fato que nunca antes na história da espeleologia nacional foram criadas tantas unidades de conservação, nunca se investiu tanto em conhecimento. Este trabalho ilustra uma pequena faceta desta realidade, trazendo o exemplo da Fazenda Ressaca, uma área com 68 cavernas que foi oferecida como compensação em um processo de licenciamento ambiental que impactou 17 cavernas de alta relevância em Minas Gerais.

## Abstract

Since the publication of Federal Decree 6.640/2008, which established new regulations for the use of caves located in Brazilian territory, allowing the suppression of caves not classified as of maximum relevance, the Brazilian speleological community has faced a contradictory scenario. This is because the same document that authorizes such impacts also imposes what has undoubtedly been one of the most effective mechanisms for the protection of karst and caves in Brazil: speleological compensation. It is a fact that never before in the history of national speleology have so many conservation units been created, nor has so much been invested in knowledge. This work illustrates a small facet of this reality, presenting the example of Fazenda Ressaca, an area with 108 caves that was offered as compensation in an environmental licensing process that impacted 17 highly relevant caves in Minas Gerais.

## 1. Introduction

Federal Decree 6,640/2008, which amended Federal Decree 99,556/1990, establishes that cavities classified as having high and medium relevance may be subject to irreversible negative impacts through speleological compensation. Cavities of low relevance may undergo impacts without the need for speleological compensation. However, cavities of maximum relevance cannot, under any circumstances, be subjected to impacts of any nature.

The rules for speleological compensation are defined by Normative Instruction MMA 02/2009 and Normative Instructions ICMBio 01/2017 and 04/2017. According to these regulations, impacts on high-relevance cavities must be compensated by protecting two other cavities of equal relevance with similar attributes and the same lithology as the impacted one. When it is proven that there are insufficient caves in the project area for compensation, the legislation allows for other forms of compensation, which must be agreed upon between ICMBio and the project proponent (e.g., ICMBio Normative Instructions 01/2017 and 04/2017). Medium-relevance caves must be compensated through investments in the National Program for the Conservation of Speleological Heritage, the

guidelines and goals of which are defined by MMA Ordinance 358/2009.

In the State of Minas Gerais, the project area for speleological compensation purposes corresponds to the area circumscribed by the property registration or registrations owned, possessed, or subject to possession by the proponent, located on the same lithology as the cavities to be negatively and irreversibly impacted and, whenever possible, in a contiguous area within the same geological group as the impacted cavity.

This document aims to present the results of the speleological studies conducted at Fazenda Ressaca, located in the municipality of Doresópolis, Minas Gerais, and owned by Sandra Mineração (Figure 1). This area is designated for conservation and has been offered by the company as compensatory mitigation for the irreversible negative impact caused to a set of 17 high-relevance caves within the context of the Mina Limeira project, located in Prudente de Morais, Minas Gerais.

Fazenda Ressaca is part of the Alto São Francisco Speleological Province, a region also known as the Pains Karst or Arcos-Pains-Doresópolis Karst. This is one of the main karst regions in Brazil, where thousands of caves have already been identified (CANIE 2024). To date, 108 caves

have been identified on the property, and this work will briefly highlight their main characteristics.

It is important to emphasize that, as this study is part of the environmental licensing process for the Mina Limeira project, for a more

comprehensive understanding, we recommend that this document be read in conjunction with the technical reports from that process (e.g., CARSTOGRAFICA, 2020a; 2020b; 2020c; 2020d; 2020e; PERILLO AND ZAMPAULO, 2020; RZAMPAULO, 2020).

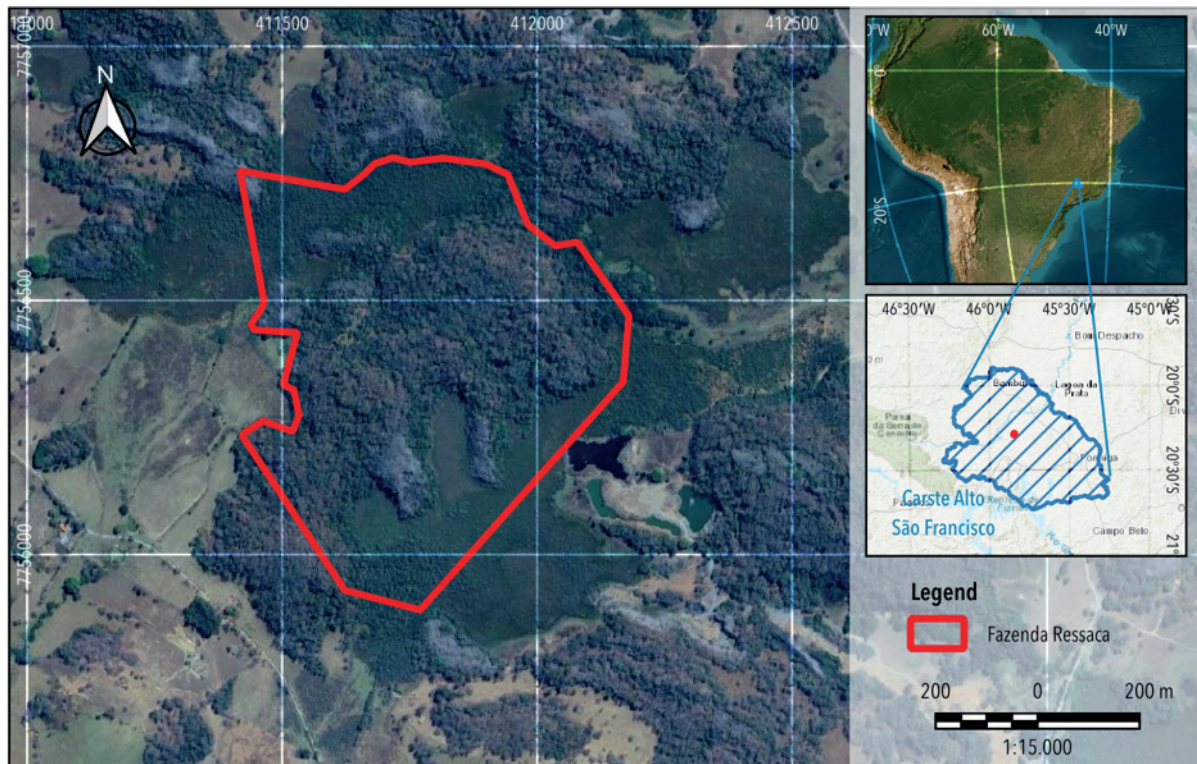


Figure 1 : Fazenda Ressaca location.

## 2. Methods

The speleological studies in the Fazenda Ressaca area encompassed speleological prospecting, conducted on a sample basis, as well as physical (geospeleological) and biological (biospeleological) diagnostics, which resulted in the relevance analysis and the definition of the area of influence presented here.

The inventory and mapping of the 68 identified caves were carried out between December 2021 and February 2022. The cave mapping achieved the BCRA 4D grade.

The geospeleological diagnostic was conducted between January and February 2022 and addressed lithological, structural, hydrological, sedimentary, morphological, and speleogenetic aspects.

The lithostructural analysis aimed to characterize the lithotype hosting the cavity. Structures such as banding, foliation, fractures, relief joints, folds, and faults were qualitatively analyzed regarding their importance in conditioning the flow of matter and energy within the rock mass.

To determine the hydrological dynamics of the cave, the presence of features was assessed through a descriptive inventory of observed records. Probable water input zones were identified, described, and analyzed.

Clastic sediment deposits were classified according to their granulometry, rounding, and color to provide evidence of their origin and sedimentation. Chemical deposits (speleothems) were identified, photographed, and briefly described.

The morphological analysis sought to identify evidence of physical and chemical processes responsible for the initiation and development of the cave. The floor plan and cross-sections obtained during the mapping stage were used. Observed features were described and analyzed.

Based on the integrated analysis of the aforementioned attributes,

the genesis and evolution of the cave sets identified in the project area were interpreted. The analysis was conducted based on sets according to the similarity of their physical attributes.

Studies related to subterranean biology were conducted in partnership between RZampaulo Speleology Consulting and Environmental Consulting. The wet season field campaign was carried out between December 2021 and March 2022, while the dry season campaign took place in June 2022.

For invertebrate sampling, manual collections were performed using tweezers and brushes in all potential biotopes through the active search method. Caves were inspected along their entire length, and microhabitats such as organic resources, spaces under rocks, crevices, accessible channels, ceilings, walls, and areas with higher humidity were prioritized. The collection time varied depending on the size, complexity, and availability of organic resources inside each cave, with an estimated average collection time of approximately 120 minutes per cave. All collected organisms were preserved in 70% alcohol and transported to the laboratory, where they were identified to the lowest possible taxonomic level and separated into morphospecies. Caves with a development of less than five meters were not sampled.

The availability and input of trophic resources were assessed in each sampled cave. Each resource found was plotted on the maps of each cave and qualitatively evaluated according to apparent age (recent, old) and occupied area (point-like, small patches, large patches). Characteristics related to light zones in each cave were also assessed, as well as aspects related to the presence of water resources (travertine dams, drips, pools, drainages, and underground lakes).

The collected invertebrates were sorted in the laboratory using

stereomicroscopes, identified to the lowest possible taxonomic level, and separated into morphospecies using scientific literature specific to each group. Part of this material was sent to specialists for taxonomic refinement, evaluation of new or rare species, and confirmation of troglomorphisms. Specialists from the following institutions were consulted: Instituto Butantan, Instituto Oswaldo Cruz (IOC), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Universidade Federal do Paraná (UFPR), and the Subterranean Invertebrate Collection of Universidade Federal de Lavras (UFLA) for identification and proper registration under Wildlife Management Authorization No. 059.016/2021.

The determination of potentially troglotrophic species was performed by identifying morphological characteristics called “troglomorphisms” in the specimens. Such characteristics, including reduced melanin pigmentation, reduced eye structures, elongation of appendages, among others, are frequently used for most groups, as they result from evolutionary processes occurring

after the isolation of populations in the subterranean environment.

The bat survey was conducted through direct sampling (using nets) inside the caves during the day, and populations were estimated through visual censuses.

The occurrence of other vertebrate groups (mammals, amphibians, reptiles, and occasionally birds) was recorded through photographic images and field notes, subsequently identified to the lowest possible taxonomic level by consulting specialists and specialized bibliographic materials. Recent traces such as feces, footprints, regurgitations, among others, were also considered during the inventories, allowing a better understanding of the relationship between these groups and the caves in the area.

The caves were assessed according to the rules and methodologies established in Normative Instruction MMA 02/2017.

### 3. Results

The karst relief develops in carbonate rocks of the Bambuí Group, a marine sedimentary sequence of the São Francisco Supergroup. Specifically, in the study area, marls, calcilutites, and calcarenites of the Sete Lagoas Formation outcrop. The area is located in the Ribeirão dos Patos Karst Depression (MARTINS & RODRIGUES 2016), characterized by a vast depressed area along the course of the homonymous stream, with altitudes below 700 meters and slopes of less than 8% in most of the compartment. In this compartment, the predominant landform is exhumed karst with flat relief, where massifs with lapies stand out. Dolines, uvalas, sinkholes, and resurgence are recurrent and contribute to the concentration of the most significant lakes in this speleological province.

In general, the caves within the Fazenda Ressaca context can be subdivided into two morphological domains: 1) cavities located in the high slopes and tops of the massifs, and 2) those located on their edges,

in the mid and lower slopes (Figure 2).

The morphological domain implies the predominance of certain processes over others. In cavities located at the tops and high slopes, it is expected that vadose circulation, controlled by gravitational vectors, results in predominantly vertical galleries, with the presence of abyses and chimneys, whose sections are markedly lenticular. The most recurrent speleogens should include flutes, pillars, among others. In contrast, in cavities located on the edges of the massif, typical features of phreatic or phreatic-vadose environments, such as scallops and pendants (omnidirectional or not), with keyhole, semi-circular, or semi-elliptical sections, were expected. However, this theoretical model was not corroborated by field observations. In fact, what is observed is a “mixture” of epigenetic and paragenetic patterns in caves occupying all landscape compartments.



Figure 2 : Morphological domains of the Fazenda Ressaca caves.

This lack of pattern suggests that the formation environment of the caves in Fazenda Ressaca (and throughout the Ribeirão dos Patos Karst Depression) was highly dynamic, likely due to neotectonic processes

highlighted by SAADI (1991). In this context, topographic adjustments would have uplifted and lowered the terrain unevenly, altering the position of the caves within the landscape and, consequently, modifying

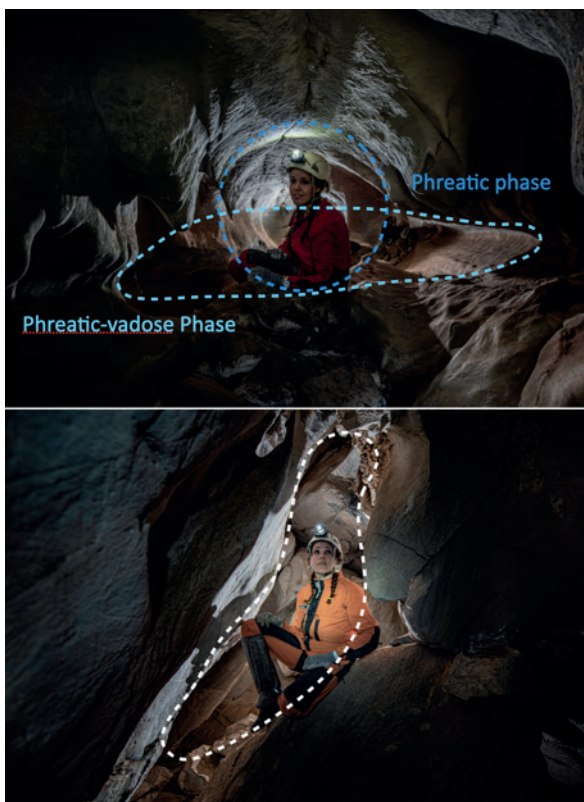
their evolutionary profile. Figure 3 illustrates some examples of this evolutionary discontinuity.

The caves exhibit development ranging from 5.4 to 190.2 meters. With rare exceptions, they are hydrologically inactive, with features temporarily reactivated during rainfall events. Some of these caves stand out due to the exuberance and abundance of speleothems (Figure 4).

From a biological perspective, eight troglobitic/troglophilic species were recorded, including the spiders *Hahniidae* sp. nov., *Matta cambito*, and the genus *Lygromma* sp. nov., harvestmen of the genus *Paratricommatus* sp. nov., beetles of the genus *Oxarthrius* sp. nov. and *Perigona spelunca*, *Pseudochthonius* sp. nov., and *Pseudosinella* sp. nov.

Em relação à quiroptero-fauna, foram registrados exemplares de *Platyrrhinus lineatus* (Phyllostominae), *Peropteryx macrotis* (Emballonuridae) e *Chrotopterus auritus*.

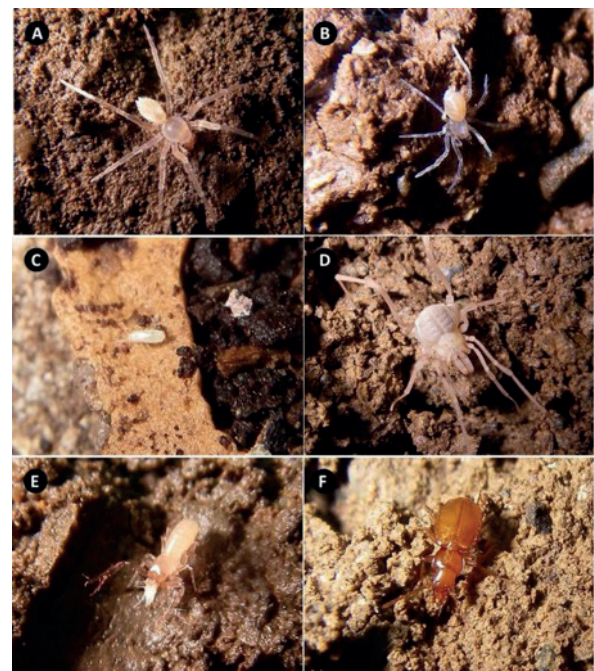
O resultado da análise de relevância, ou seja, a classificação das cavernas, pode ser vista no mapa da Figura 6.



**Figura 3:** Examples of the evolutionary discontinuity of the caves located in Fazenda Ressaca: (above) cave located on a high slope, with features that show processes acting in a phreatic and a phreatic-wet phase, recurrent in lower portions of the relief; (below) Subvertical section, typical of the wandering evolution (epigenetic) of caves on a high slope, observed in caves on the lower slope.



**Figure 4:** Example of caves with remarkable speleothem configuration.



**Figura 5:** Examples of troglomorphic species found in the Fazenda Ressaca caves: A) *Lygromma* sp. nov. 1; B) *Hahniidae* sp. nov. 1; C) *Collembola Pseudosinella* sp. nov. A; D) *Opilion Paratricommatus* sp. nov.; E) *Pseudoscorpion Pseudochthonius* sp. nov. 1; F) *Perigona spelunca* beetle.

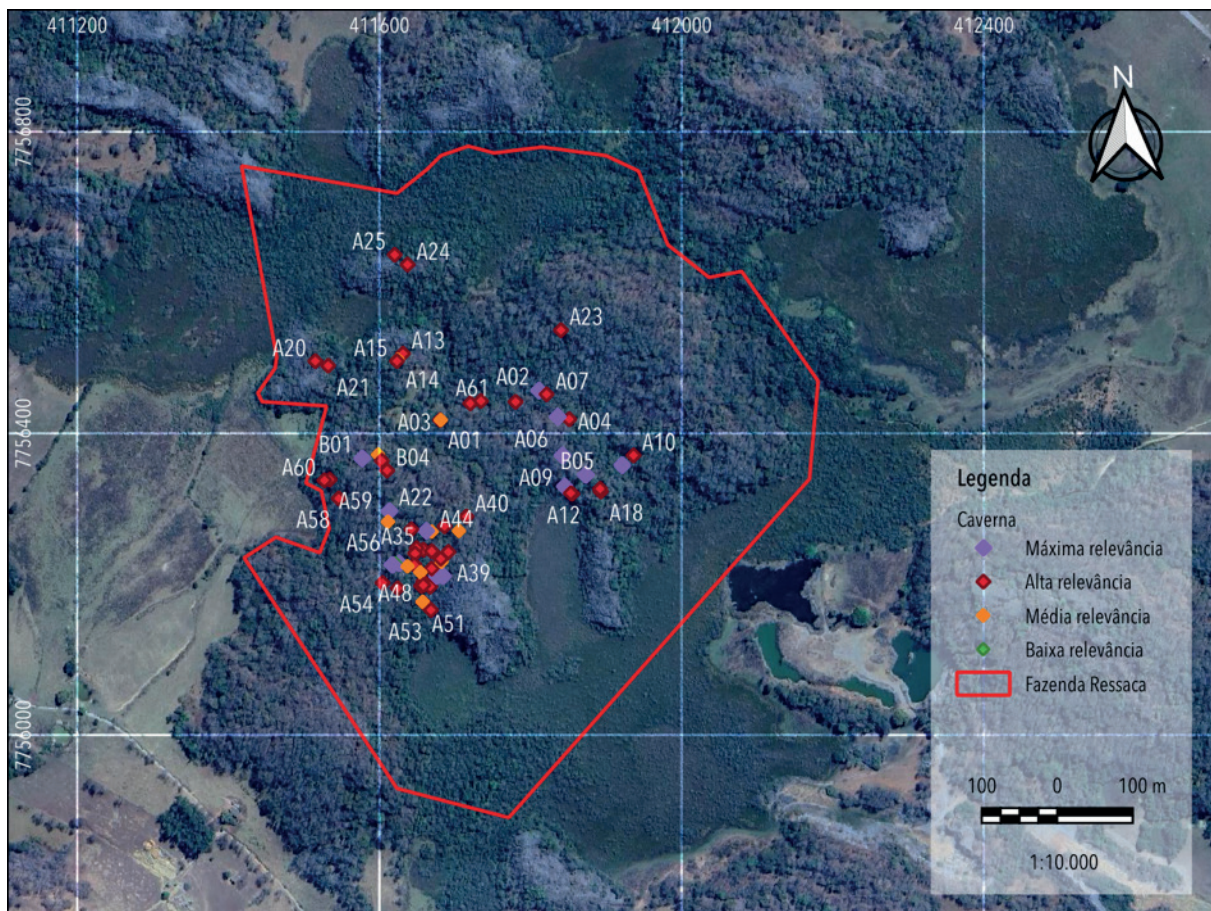


Figure 6 : Relevance of the caves at Fazenda Ressaca.

## 4. Conclusion

This manuscript summarized the results of the speleological studies conducted at Fazenda Ressaca, a property owned by Sandra Mineração S.A., located in the municipality of Doresópolis, State of Minas Gerais. The area is situated within the context of the Alto São Francisco Karst Province. A total of 68 caves were identified, mapped, and assessed with the aim of compensating for the environmental impact caused

to a set of 17 caves located at the Limeira Mine, a project operated by the same company. This work aimed to illustrate the importance of speleological compensation as a tool for the protection of speleological heritage, through the mechanism of creating protected areas by offering representative caves as compensation.

## Acknowledgement

The authors would like to thank the company Sandra Mineração S.A. for allowing the results of the speleological studies at Fazenda Ressaca to be published. They would also like to thank the team responsible for the field surveys, namely: Alberto Barioni, Bruno Aguiar, Diogo Granado

Checchia, Icaro Assis, Julio Cauhy, Leandra Peixoto, Marcela Eduarda Godoy, Priscila Gambi, Rafael Balistieri, Saul Hartmann Riffel. Finally, they would like to thank Robson Zampaulo and Aline Reis for conducting the underground biology studies.

## References

BRASIL (2008). Decreto Federal 6.640, de 7o de novembro de 2008. dá nova redação aos arts. 1o, 2o, 3o, 4o e 5o e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1o de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.. Available at : [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6640.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6640.htm). Accessed on : Feb. 08, 2025.

CARSTOGRAFICA KARST APPLIED RESEARCH CENTRE. (2020a). Mina Limeira: análise de relevância das cavidades naturais subterrâneas. Relatório Técnico. 87 p.

CARSTOGRAFICA KARST APPLIED RESEARCH CENTRE. (2020b). Mina Limeira: área de influência sobre o patrimônio espeleológico. Relatório Técnico. 259 p.

CARSTOGRAFICA KARST APPLIED RESEARCH CENTRE. (2020c). Mina Limeira: avaliação de potencial e prospecção espeleológica. Relatório Técnico. 32 p.

CARSTOGRAFICA KARST APPLIED RESEARCH CENTRE. (2020d). Mina Limeira: diagnóstico geoespeleológico das cavidades naturais subterrâneas. Relatório Técnico. 160 p.

CARSTOGRAFICA KARST APPLIED RESEARCH CENTRE. (2020e). Mina Limeira: espeleotopografia das cavidades naturais subterrâneas. Relatório Técnico. 157 p.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2017). Instrução Normativa 01, de 24 de janeiro de 2017. Estabelece procedimentos para definição de outras formas de compensação ao impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, conforme previsto no art. 4º, § 3º do Decreto nº 99.556, de 1º outubro de 1990. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao\\_normativa\\_01\\_2017.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao_normativa_01_2017.pdf). Accessed on : Feb. 08,2025.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2017). Instrução Normativa 04, de 20 de setembro de 2017. Acrescenta o art. 5-A à Instrução Normativa nº 1, de 24 de janeiro de 2017. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao\\_normativa\\_04\\_2017.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao_normativa_04_2017.pdf). Accessed on : Feb. 08,2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2017). Instrução Normativa 02, de 30 de agosto de 2017. Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, conforme previsto no art. 5º do Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/in-02\\_2017\\_mma\\_30ago17.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/in-02_2017_mma_30ago17.pdf). Accessed on : Feb. 08, 2025.

MARTINS, T. I. S.; RODRIGUES, S. C. (2016). Compartimentação Geomorfológica da Folha Piumhi, Região do Alto São Francisco, Minas Gerais. Revista Brasileira de Geomorfologia. São Paulo, v. 17, n. 1. p. 145-162.

PERILLO, M. , ZAMPAULO, R.A. (2021). Análise de impacto ambiental sobre o patrimônio espeleológico (Maciços Limeira, Escrivânia e Ingleses) e programas de monitoramento espeleológico. Technical report. 238 p.

RZAMPAULO ESPELEOLOGIA E CONSULTORIA AMBIENTAL - RZAMPAULO. 2020. Diagnóstico bioespeleológico dos Maciços Limeira, Escrivânia e Ingleses, Prudente de Moraes - MG. Relatório Técnico. 138 p.

# Environmental licensing and suppression of caves at Mina Limeira: preserving physical environment information through speleological salvage

Allan Calux (1), Elizandra G. Gomig (1,2), Eduardo Piazzentim (2) & Diogo G. Checchia (1)

(1) Carstografica Karst Applied Research Centre, Campinas/SP, Brazil, calux@carstografica.science (autor correspondente)

(2) Espeleogrupo de Rio Claro, Rio Claro/SP, Brazil

## Resumo

O Brasil, no que diz respeito a legislação ambiental aplicada ao carste e as cavernas, pode ser considerado um país de vanguarda. De fato, na busca por compatibilizar os múltiplos interesses sociais, políticos, econômicos e sobretudo ambientais, desenvolveu-se no país um conjunto bastante eficiente de diplomas legais e infralegais, regramentos que tem permitido utilizar os recursos naturais de maneira equilibrada e sustentável. Neste trabalho disponibilizamos os resultados do resgate espeleológico de elementos físicos de um conjunto de cavernas inseridas no contexto da Mina Limeira, empreendimento que explora calcário no município de Prudente de Morais, Estado de Minas Gerais. Os dados disponibilizados incluem um detalhado inventário fotográfico das cavernas bem como informações químicas e mineralógicas dos depósitos sedimentares químicos (espeleotemas) nelas identificados.

## Abstract

Brazil, with regard to environmental legislation applied to karst landscapes and caves, can be considered a pioneering country. Indeed, in the pursuit of reconciling multiple social, political, economic, and, above all, environmental interests, the country has developed a highly efficient set of legal and infralegal instruments. These regulations have enabled the balanced and sustainable use of natural resources. In this study, we present the results of the speleological rescue of physical elements from a group of caves located within the context of the Mina Limeira project, a limestone mining operation in the municipality of Prudente de Morais, State of Minas Gerais. The data provided include a detailed photographic inventory of the caves, as well as chemical and mineralogical information on the chemical sedimentary deposits (speleothems) identified within them.

## 1. Introduction

Brazil can be considered a pioneering country when it comes to environmental legislation applied to karst landscapes and caves. Recognized as federal assets, meaning they are essential to the collective good, caves are regulated by a set of legal and infralegal instruments aimed at reconciling their use with the multiplicity of social, political, economic, and, above all, environmental interests involved.

One of the activities where these multiple interests overlap acutely is certainly mining, whose exploitation of substances such as limestone, iron, and other minerals results in the partial or total suppression of caves.

It was in this context that, in 2008, Federal Decree 6,640 (BRASIL 2008) was published. By amending the previously effective Federal Decree 99,556 (BRASIL 1990), it introduced the possibility of cave suppression within the environmental licensing process, subject to detailed speleological studies. This regulatory milestone (e.g., Federal Decree 6,640/2008) established that caves located in areas with projects potentially causing environmental degradation in environments with the potential for cave occurrence must be carefully evaluated. Subsequent infralegal regulations (e.g., MMA 2009, 2017) further detailed the decree, establishing a methodology for the valuation of these caves: those classified as having high, medium, or low relevance could be subject to suppression through environmental compensation, while those classified as having maximum

relevance would be untouchable. In such cases, the project would be required to take all necessary precautions to ensure their conservation.

Regarding caves eligible for suppression, the rule is as follows: for each high-relevance cave to be suppressed, two others of equal relevance must be protected as a form of record, requiring an assessment of their similarity; medium-relevance caves must be compensated through investments in the National Program for the Conservation of Speleological Heritage – PNCPE (MMA 2009); low-relevance caves, on the other hand, are not eligible for speleological compensation, only environmental compensation. In all cases any irreversible negative impact must be preceded by cartographic and photographic documentation and storage, as well as the inventory and collection of speleothems and representative geological, paleontological, and biological elements of the cave ecosystem. This includes the salvage, proper transportation, and allocation of these materials to institutional scientific collections. (MMA 2017).

It is within this context that this study presents the results of the speleological rescue of physical elements conducted in a set of caves located within the scope of the Mina Limeira project, a limestone mine situated in the municipality of Prudente de Morais, in the state of Minas Gerais (Figure 1). The work was carried out in 2023 during the implemen-

tation of the project, which is currently operating under Environmental License LAC2 (LO) N<sup>o</sup>. 2112/2023.

The aim of this manuscript is to make available the results of the

speleological recovery of the physical elements of a group of 21 caves that were authorised for suppression during the implementation and operation stages of the project.



Figure 1: Location of the Mina Limeira, a limestone mining project located in Prudente de Morais, Minas Gerais.

## 2. Methodology

### Set of caves

During the speleological studies (e.g., CARSTOGRAFICA 2020), 122 caves were identified within the context of the Mina Limeira project (Figure 2A), all of which are hosted in limestone of the Sete Lagoas Formation (Lagoa Santa Member). Of this group, 21 were identified during the environmental impact assessment (PERILLO & ZAMPAULO 2021) as eligible for suppression and salvage (Figure 2B and Figura 3).

These caves had already been mapped and thoroughly evaluated during the diagnostic phase of the Environmental Impact Assessment. As a result, the only representative physical elements identified were chemical sedimentary deposits (speleothems). For this reason, the speleological salvage focused on the photographic documentation of the entire subterranean environment, as well as the collection and chemical and mineralogical analysis of speleothem specimens.

### Photograph inventory

All caves designated for speleological salvage underwent a detailed photographic inventory. To this end, photographs were plotted onto the cave map, and the azimuths of the sightlines were also recorded. Additionally, photographic panels were prepared for each of the caves (Figure 4).

### Speleothems salvage

The caves within the context of the Mina Limeira project are incipient in terms of speleothem occurrence. However, given the nature of speleological rescue, the maximum possible quantity and variety of material were collected. Samples were extracted, particularly when highly crystallized, using chisels of various sizes, a geologist's hammer, and a sledgehammer. In some cases, scraping was the preferred method. For each sample, masses ranging from a few tens of grams to up to one kilogram of material were collected for both mineralogical and chemical analyses. The collected material was preliminarily identified, described, photographed, and bagged on-site.

In the laboratory, the samples were fractionated to ensure sufficient material for analytical replicates and deposition in collections. They were also photographed and described in detail to contribute to the panels presented in this document. A portion of the samples will undergo chemical and mineralogical analyses, which will be conducted at the Technological Characterization Laboratory of the Department of Mining and Petroleum Engineering at the Polytechnic School of the University of São Paulo. These analyses will be performed using X-ray Diffraction (XRD) and X-ray Fluorescence (XRF) methods.

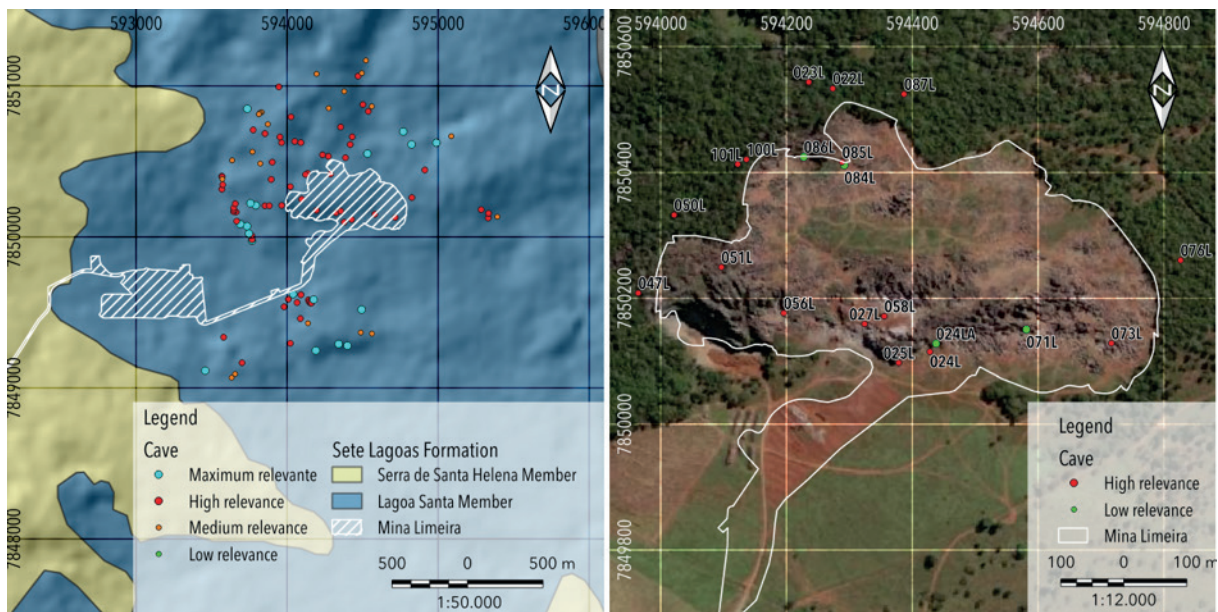


Figure 2 : Caves in the Mina Limeira area : (A) the entire set of caves; (B) caves targeted for speleological salvage.

Cave	Location Coordinates (Datum SIRGAS)			Morphometry (speleometry)				Classification
	UTM E	UTM N	Elevation (m)	Length (m)	Deep (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	
022L	594273	7850533	779	17.2	6.2	100.4	331.7	High relevante
023L	594235	7850543	788	10.4	2.6	11.7	14.9	High relevante
024L	594428	7850115	740	11.3	6.4	14.9	46.2	High relevante
024LA	594438	7850128	741	4.4	3.4	10.1	18.8	Low relevance
025L	594378	7850097	740	7.0	0.1	13.5	52.5	High relevante
027L	594324	7850159	742	26.5	1.2	180.0	450.5	High relevante
047L	593964	7850208	738	36.1	1.6	104.0	277.2	High relevante
050L	594021	7850332	760	12.7	1.2	46.5	93.0	High relevante
051L	594096	7850249	745	16.1	0.2	71.9	90.4	High relevante
056L	594195	7850176	737	5.2	0.1	13.5	5.4	High relevante
058L	594355	7850171	750	7.0	15.0	28.0	420.0	High relevante
070L	594581	7850150	759	16.0	0.4	21.6	43.4	High relevante
071L	594581	7850150	759	8.3	0.1	12.0	16.2	Low relevance
073L	594716	7850128	760	12.7	0.3	41.9	96.4	High relevante
076L	594826	7850260	775	21.1	7.0	42.2	274.3	High relevante
084L	594292	7850412	784	4.6	2.8	4.7	8.3	Low relevance
085L	594289	7850416	784	9.9	8.8	18.7	53.4	High relevante
086L	594228	7850425	764	8.0	0.1	17.5	15.1	Low relevance
087L	594387	7850525	800	12.3	5.0	24.5	30.1	High relevante
100L	594136	7850421	787	5.3	7.7	5.3	23.1	High relevante
101L	594123	7850413	778	11.6	3.0	14.3	34.5	High relevante

Figure 3 : List of caves targeted for speleological salvage.

### 3. Results

The photographic inventory was conducted in the 21 caves targeted for salvage. A total of 149 photographs were taken, of which 92 are 360-degree images that require specialized software for viewing. Additionally, 135 photographs focusing specifically on speleothems were recorded.

The panel in Figure 4 provides a small sample of the inventory produced.

Regarding the speleothems, 33 samples were collected. Of these, 19 were subjected to chemical analyses using X-ray fluorescence, and Figure 5 presents the results. Mineralogical analyses using X-ray diffraction were

performed on six samples. The most recurrent mineral, as expected, was calcite, followed by quartz, hydroxyapatite, and kaolinite (Figure 6). Both the results of the photographic inventory and the collection

and analysis of the speleothems were documented in panels, as can be observed in Figure 7.

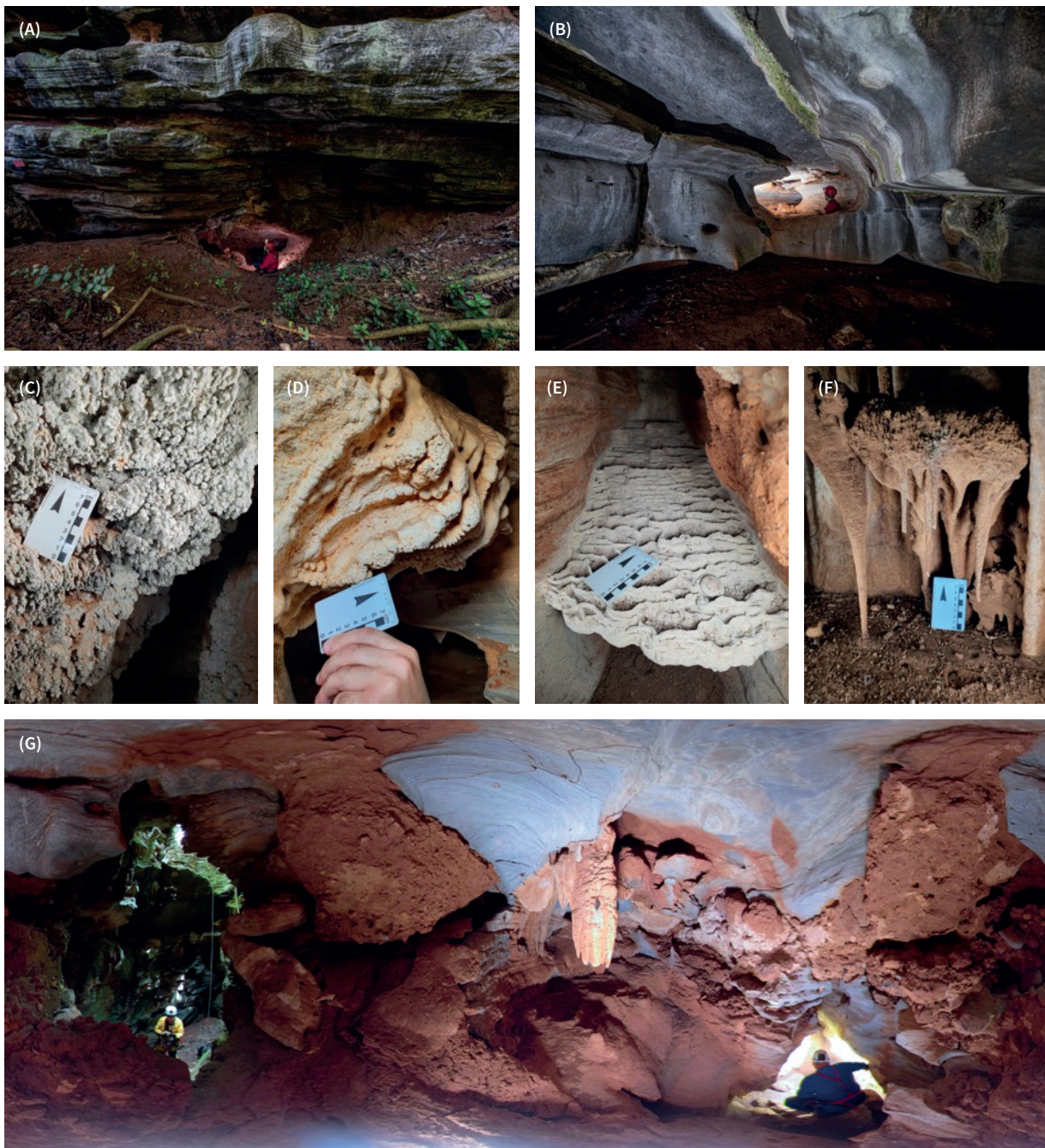


Figure 4: Examples of photos taken during the photographic inventory: (A) Cave 22L; (B) Cave 027L; Speleothems from caves (C) 025L, (D) 071L, (E) 087L and (F) Speleothems from cave 100L; (G) 360-degree photo of cave 085L, which requires specific software to visualise properly.

Sample	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	ZnO	As2O3	Br	Rb2O	SrO	Y2O3	ZrO2	BaO	Gd2O3	PbO	PF
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
022L-E01	nd	0,14	1,72	37,6	0,54	0,06	0,03	0,08	31,6	0,37	0,05	0,23	1,40	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	0,07	nd	0,03	nd	nd	nd	26,1
023L-E01	nd	0,05	0,81	0,99	0,37	0,07	<0,01	0,02	54,6	0,05	nd	0,08	0,43	nd	<0,01	<0,01	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	42,5
024L-E01	nd	0,17	2,32	3,01	0,85	0,20	<0,01	0,04	51,2	0,12	nd	0,39	1,37	nd	<0,01	0,02	<0,01	nd	nd	0,04	nd	nd	0,02	nd	<0,01	40,3
024LA-E01	nd	0,03	0,07	0,13	0,26	0,04	<0,01	nd	56,0	nd	nd	0,01	0,11	nd	<0,01	<0,01	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	43,3
025L-E02	nd	0,09	0,29	0,27	0,28	0,14	<0,01	<0,01	54,9	0,02	nd	0,02	0,14	nd	nd	<0,01	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	43,8
027L-E03	0,09	0,03	0,39	0,66	0,19	0,13	0,04	0,01	54,6	0,04	0,02	nd	0,46	nd	<0,01	<0,01	0,01	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	43,3
047-E01	nd	0,96	0,15	1,95	0,40	0,39	0,01	0,03	52,0	0,03	nd	0,01	0,11	nd	<0,01	<0,01	nd	nd	nd	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	43,9
050L-E02	nd	0,09	0,52	0,63	0,21	0,20	nd	0,02	54,9	0,04	nd	0,02	0,24	nd	nd	<0,01	nd	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	43,1
051L-E01	nd	0,09	0,42	0,54	1,93	0,09	<0,01	0,02	53,9	0,04	nd	0,09	0,25	nd	<0,01	0,02	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	42,6
056L-E01	<0,01	0,32	0,28	0,52	6,39	0,42	0,06	0,20	51,5	0,01	nd	0,10	0,28	nd	<0,01	0,04	nd	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	39,8
071L-E01	nd	<0,01	0,47	0,26	0,44	0,03	<0,01	nd	55,3	nd	nd	nd	0,06	nd	nd	<0,01	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	43,4
073L-E02	nd	0,04	0,36	0,40	1,10	0,09	<0,01	0,01	54,4	nd	nd	nd	0,01	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	43,5
076L-E02	nd	0,18	0,86	1,20	0,39	0,03	<0,01	0,03	53,9	nd	nd	0,02	0,18	nd	<0,01	<0,01	nd	nd	nd	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	43,1
085L-E01	nd	0,01	0,32	0,32	0,25	0,03	<0,01	nd	55,6	nd	nd	nd	0,10	<0,01	nd	<0,01	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	43,4
086L-E01	0,03	0,21	4,37	8,84	1,67	0,11	<0,01	0,11	43,9	0,33	0,03	0,69	3,02	nd	0,01	0,03	<0,01	nd	<0,01	0,07	<0,01	nd	0,04	0,05	<0,01	36,5
087L-E01	nd	0,04	1,60	6,68	1,15	0,02	<0,01	0,03	48,1	0,11	nd	0,14	4,82	nd	<0,01	0,01	<0,01	nd	nd	0,03	<0,01	nd	nd	nd	<0,01	37,3
087L-E03	nd	0,04	0,24	0,16	1,09	0,03	<0,01	nd	55,0	nd	nd	0,03	0,09	nd	nd	<0,01	nd	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	43,3
100L-E01	nd	0,02	0,21	0,45	0,26	0,20	<0,01	<0,01	54,9	nd	nd	nd	0,13	<0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	43,8
101L-E01	nd	1,06	0,35	0,60	0,85	0,10	<0,01	0,02	53,1	0,01	nd	0,03	0,23	nd	nd	<0,01	nd	<0,01	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	43,6

\*nd - not detected

\*0,01 - limit of quantification FRX

Figure 5: Results of the chemical analyses carried out on the samples collected.

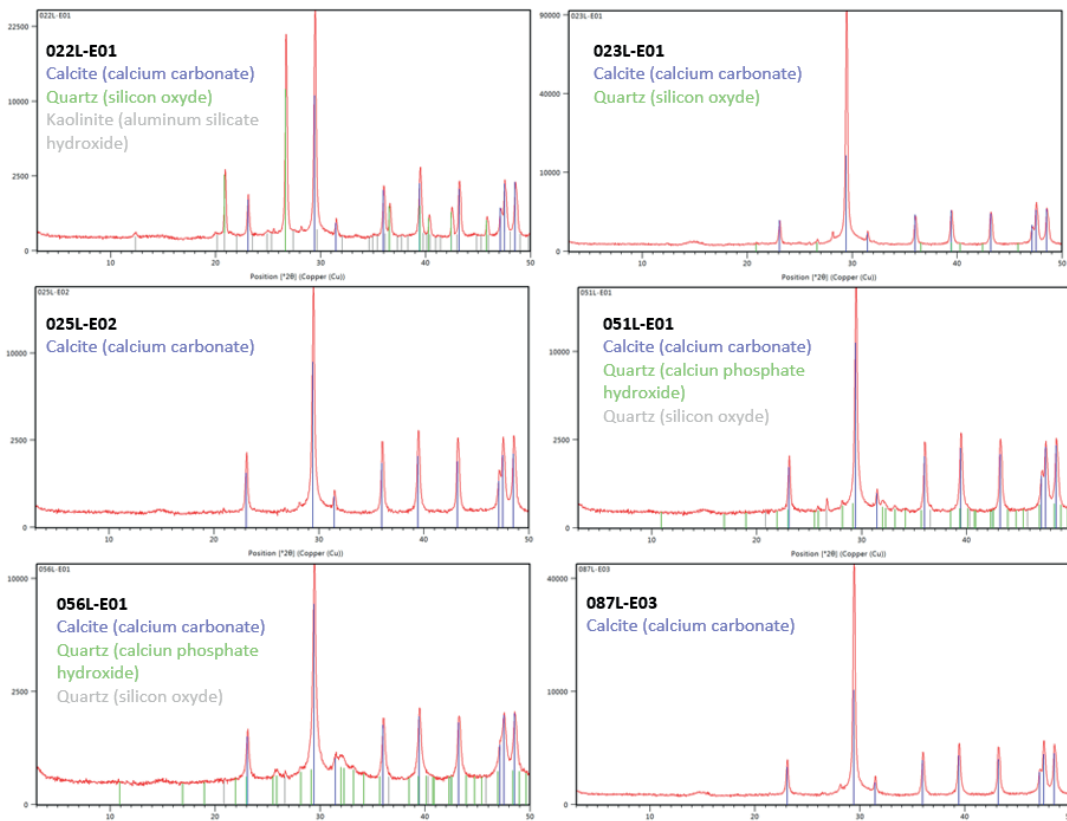


Figure 6: Results of the mineralogical analyses carried out on the samples collected.

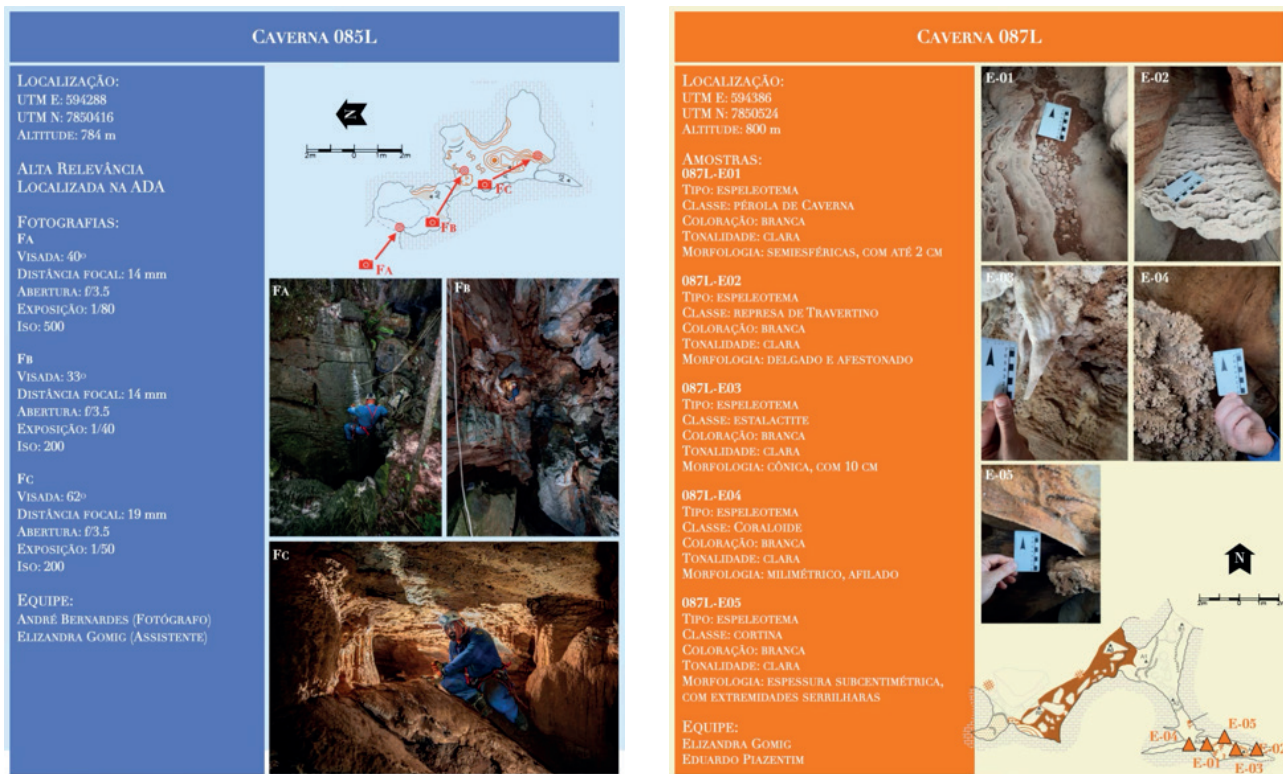


Figura 7: Panels summarizing the results of the photographic inventory and the collection and analysis of speleothems.

## 4. Discussion and conclusion

Speleological salvage is a tool, a mechanism, that allows the preservation of information about a suppressed cave. Its scope must be broad enough to cover all representative aspects of the cave that will be subject to irreversible negative impacts. Suppression is the most severe impact a cave can suffer, as it signifies its extinction. It is essential, and indeed mandated by current legal frameworks, that the physical and biological elements observed in the target cave be represented in those caves designated as witnesses of the elements, features, and processes. Furthermore, to be truly effective, the rescue must be accessible to all interested parties, which underscores the urgent need for the creation of digital repositories to house these technical documents.

The caves of the Mina Limeira, particularly those targeted for suppression, are small in size and exhibit few representative elements. For this reason, the physical salvage focused on morphological aspects (e.g., photographic documentation) and sedimentary aspects (e.g., che-

mical and mineralogical analyses). The morphological and depositional features are common to carbonate caves, and no notable minerals were identified in the analyses conducted.

Although we have presented only the physical aspects of the caves targeted for suppression at Mina Limeira, it is important to highlight that these caves were also subject to biospeleological rescue. During this process, 1,311 specimens were collected, representing 210 species, subdivided into 88 families and 28 orders (RZAMPAULO 2023). Two troglobitic/trogloporphic species were identified: a pseudoscorpion (*Pseudochthonius* sp. nov.1) and a springtail (*Troglophysa* sp. nov.), both of which are widely distributed in other caves surrounding the mine.

Although no new discoveries have yet emerged from this material, the fact remains that the information has been preserved in a digital environment and is available (though not yet easily accessible) to any researcher or individual interested in the subject.

## Acknowledgement

We would like to thank the company Sandra Mineração S.A. for authorizing the dissemination of the data, the Technological Characterisation Laboratory of the Polytechnic School of the University of São Paulo,

carrying out chemical and mineralogical analyses, and the Carstografica team for all their support in carrying out this work.

## References

BRASIL (1990). Decreto Federal 99.556, de 1o de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional e dá outras providências. Available at : [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/d99556.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d99556.htm). Accessed on : Feb. 08, 2025.

BRASIL (2008). Decreto Federal 6.640, de 7o de novembro de 2008. Dá

nova redação aos arts. 1o, 2o, 3o, 4o e 5o e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1o de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.. Available at : [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6640.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6640.htm). Accessed on : Feb. 08, 2025.

CARSTOGRAFICA – KARST APPLIED RESEARCH CENTRE. (2020). Mina

Limeira : avaliação de potencial e prospecção espeleológica. Technical report. 32p.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2017). Instrução Normativa 01, de 24 de janeiro de 2017. Estabelece procedimentos para definição de outras formas de compensação ao impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, conforme previsto no art. 4º, § 3º do Decreto nº 99.556, de 1º outubro de 1990. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao\\_normativa\\_01\\_2017.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao_normativa_01_2017.pdf). Accessed on : Feb. 08,2025.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2017). Instrução Normativa 04, de 20 de setembro de 2017. Acrescenta o art. 5-A à Instrução Normativa nº 1, de 24 de janeiro de 2017. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao\\_normativa\\_04\\_2017.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao_normativa_04_2017.pdf). Accessed on : Feb. 08,2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2009). Instrução Normativa 02, de 20 de agosto de 2009. Estabelece metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/in-02\\_2009\\_mma\\_20ago09.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/in-02_2009_mma_20ago09.pdf). Accessed on : Feb. 08, 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2009). Portaria no 358, de 30 de setembro de 2009. Institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico - PNCPE. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/14-portaria\\_mma\\_358\\_300909\\_plano\\_nacional.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/14-portaria_mma_358_300909_plano_nacional.pdf). Accessed on : Feb. 08, 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2017). Instrução Normativa 02, de 30 de agosto de 2017. Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, conforme previsto no art. 5º do Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990. Available at : [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/in-02\\_2017\\_mma\\_30ago17.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/in-02_2017_mma_30ago17.pdf). Accessed on : Feb. 08, 2025.

PERILLO, M. , ZAMPAULO, R.A. (2021). Análise de impacto ambiental sobre o patrimônio espeleológico (Maciços Limeira, Escrivânia e Ingleses) e programas de monitoramento espeleológico. Technical report. 238 p.

RZAMPAULO ESPELEOLOGIA E CONSULTORIA AMBIENTAL. (2023). Relatório técnico referente ao resgate bioespeleológico em cavidades naturais subterrâneas – Mina Limeira – Prudente de Morais (MG). Technical report. 81 p.

# Alusiones indirectas al entorno kárstico en documentos constitucionales suramericanos

Rafael Carreño(2,3\*) & Maribel Ramos (1,2)

1 – Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE). \* arrobaespeleo@gmail.com

2 – Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

3 – Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe (FEALC).

La práctica de la espeleología implica involucrarse en disciplinas científicas y técnicas muy diversas interactuando con profesionales de muy variada formación, además en Suramérica esto suele ocurrir en contextos naturales poco conocidos y hasta inexplorados. Como en toda actividad sobre terrenos de posible relevancia patrimonial, en dichas labores se puede actuar dentro del marco legal o eventualmente se puede infringir consciente o inconscientemente normativas generales o específicas.

Durante la primera década del presente milenio brevemente se desarrollaron intercambios de opinión e información electrónica en foros virtuales, vinculados con las legislaciones ambientales de los países miembros de la Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe (FEALC). Entre los interesados en el estudio y la conservación de ecosistemas subterráneos se concientizó que los países no suelen poseer leyes específicas para administrar los recursos cavernarios y proteger el patrimonio espeleológico, mientras unos pocos países si contaban con instituciones gubernamentales y normas al respecto. Mediante entrevistas no estructuradas, durante varias expediciones latinoamericanas conjuntas, también hemos concientizado que una parte importante de la comunidad espeleológica regional desconoce su legislación ambiental nacional, debilidad que puede afectar el desarrollo de labores científico-explorativas compartidas.

El presente trabajo desarrolló una revisión preliminar de los documentos constitucionales en idioma castellano de Suramérica, a fin de identificar en el articulado los contenidos de interés para los colegas que se desempeñan en el registro e investigación de cavidades naturales. Este universo involucra a Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela (Ver las referencias oficiales en la tabla). En esta entrega se excluyó a Guyana, Surinam y Guyana Francesa por depender de marcos legales que recientemente estuvieron o están asociados a la tradición legislativa europea. Tampoco se detalló completamente la Constitución de Brasil por razones idiomáticas, aunque se emitirán algunos comentarios al respecto.

Para identificar si en las constituciones vigentes, emitidas por los gobiernos de países hispanoparlantes de Suramérica, hubieran potenciales contenidos asociados a las ciencias del karst, se recurrió al glosario especializado presentado en el Caver's Multi-lingual Dictionary (UIS 2023), en español. Al estudiar un repertorio proveniente de diversas naciones, el abordaje metodológico incluye la aproximación al derecho comparado o micro-comparación (Sotomarinó 2018), y además se mencionan algunas políticas y doctrinas transversales que sirven de contexto, aunque no solo afecten a lo espeleológico, sino globalmente involucran otras disciplinas ajenas al subsuelo.

Por razones de espacio, las siguientes páginas presentan una síntesis de algunas de las constituciones, sin embargo, lo multidisciplinario del tema impide incluir todo el articulado que pueda tener un remoto interés espeleológico, por lo que una reseña más completa del repertorio regional requerirá nuevas revisiones de aspectos afines con la espeleología regional. Se buscaron referentes que pudieran estar asociados a las tres principales ramas de la ciencia de las cavernas y el karst, como es la antropoespeleología, bioespeleología, geoespeleología, además del catastro subterráneo, buscando tanto contenidos directamente asociados a conceptos del diccionario mencionado, pero principalmente se buscaron temas vinculados con recursos estratégicos como los cuerpos de agua.

Aunque habría la tentación de recurrir a la inteligencia artificial para este trabajo, es conveniente resaltar que la lectura del articulado permite comprender la perspectiva de los legisladores, por ejemplo, la Constitución de Ecuador tiene un abordaje más favorable a temas de identidad que a la explotación de materia prima o servicios, al mencionar la "cultura" 126 veces, mientras que la referencia a los recursos "mineros" sólo aparece tres veces y el tema del "turismo" está ausente. No se incluyen en el presente trabajo instrumentos específicos de segundo o tercer nivel, como leyes, reglamentos o normas, que serán tratadas en otra ocasión. Tampoco se realizan aquí estimaciones sobre el grado de pertinencia o el cumplimiento o incumplimiento de los principios constitucionales en la vida cotidiana de cada uno de los países.

TABLA DE NUEVE FUENTES CONSTITUCIONALES

a) Título oficial y completo del documento, b) Año(s) de publicación y enmiendas, c) Fuente legislativa original d) Link del PDF consultado, e) Presidencia en funciones
Asamblea Nacional de la República Bolivariana de <b>Venezuela</b> . (1999-2009). Constitución de Venezuela. Recuperado de [https://www.asambleanacional.gob.ve/storage/documentos/botones/constitucion-nacional-20191205135853.PDF] H. Chávez
Cámara de Diputados del <b>Paraguay</b> . (1992). Constitución de Paraguay. Recuperado de [https://www.constitucionparaguay.gov.py/] A. Stroessner
Congreso de <b>Colombia</b> . (1991-2015). Constitución Política de Colombia. Recuperado de [https://www.constitucioncolombia.gov.co/] C. Gaviria
Congreso Nacional de <b>Chile</b> . (1980). Constitución Política de la República de Chile. Recuperado de [https://www.bcn.cl/constitucion] A. Pinochet
Corte Constitucional de <b>Ecuador</b> . (2008-2015). Constitución de Ecuador. Recuperado de [https://www.corteconstitucional.gob.ec/constitucion] R. Correa

Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de <b>Bolivia</b> . (2009). Constitución de Bolivia. Recuperado de [ <a href="https://www.gacetaoficialdebolivia.bo/constitucion">https://www.gacetaoficialdebolivia.bo/constitucion</a> ] E. Morales
Gobierno de la República <b>Argentina</b> . (1853-1994). Constitución Argentina. Recuperado de [ <a href="https://www.argentina.gob.ar/constitucion">https://www.argentina.gob.ar/constitucion</a> ] C. Menem
Gobierno de la República de <b>Perú</b> . (1993-2021). Constitución de Perú. Recuperado de [ <a href="https://www.gob.pe/constitucion">https://www.gob.pe/constitucion</a> ] A. Fujimori
Presidencia de la República Oriental del <b>Uruguay</b> . (1967-2004). Constitución de Uruguay. Recuperado de [ <a href="https://www.presidencia.gub.uy/constitucion">https://www.presidencia.gub.uy/constitucion</a> ] O. Gestido

## Resultados

Existen muy pocas referencias constitucionales que se reconozcan como plenamente espeleológicas, ni siquiera el tema biológico suele estar presente en los documentos, aunque sea un factor determinante en los planes de manejo. Por ejemplo, en la Constitución de Colombia (1992) solo existe una prohibición de las armas “biológicas” y una sola mención a los recursos genéticos introducidos. En general en la región suramericana suelen estar ausentes las referencias a lo “biológico”, lo “genético”, las “especies”, “animales”, “fauna”, “taxones”, “cría”, ni a lo “silvestre”, y las menciones a la “vida” están generalmente acotadas a la calidad de vida, la vida económica o la vida civil. Al mencionar los “habitantes” o “seres” los legisladores sólo suelen aludir a los humanos y ni siquiera el “ganado” tiene significativas menciones constitucionales. Por ello, parece predominar una gestión genérica enfocada en “bienes” y “recursos” naturales, donde los biospeleólogos difícilmente pueden encontrar asidero en estos documentos rectores al tratar de valorar labores vinculadas a la fauna cavernícola. Es así que el estudio de la vida en general y la vida cavernícola en particular queda relegado a documentos supeditados a las constituciones, como leyes o decretos.

## Discusión

La mayoría de los documentos de carácter holístico, como son las constituciones, suelen utilizar un léxico generalista, por lo que los interesados no encontrarán vocablos asociados al glosario espeleológico, o en el mejor de los casos apenas hallarán muy pocas alusiones directas al mundo subterráneo, como son las palabras “cavidad” o “subsuelo”. Es decir, las constituciones suelen carecer de menciones al ambiente kárstico al no utilizar conceptos especializados en nuestra comunidad como “espeleología”, “cueva”, “dolina” o “estalactita”, palabras que generalmente son reservadas para la redacción de leyes y reglamentos, que no hemos abordado en este trabajo. Este método lógico de organizar los contenidos desde lo general hasta lo particular, en un conjunto de documentos relacionados por la disciplina del derecho, se denomina clasificación documental (González 2018), normas rectoras que en el ámbito legislativo tienen una supremacía jerárquica vinculante para toda la ciudadanía.

Es así que el interesado en las cavernas debe dominar la temática del inframundo para poder leer entre líneas en las constituciones generalistas, e interpretar aspectos específicamente espeleológicos, en textos que aparentemente no involucran el ecosistema hipógeo. Una redacción generalista parece poco útil al lector especializado, en este caso a un espeleólogo con escasa formación en legislación ambiental, pero la escogencia entre la redacción generalizadora o la especificadora puede traer ventajas o desventajas, según los diferentes casos.

Por ejemplo, en la Constitución de Brasil (1988), el artículo 20 determina que “los lagos, ríos y cualquier corriente de agua en terrenos de su dominio” pertenecen a los estados de la Federación, sin especificar expresamente que las cuevas hidrológicamente activas están involucradas como parte de los bienes nacionales, pero al saber que

Los derechos ambientales se enfocan predominantemente en bienes y servicios, la producción y comercialización, mientras que la participación destaca más el rol de los consumidores o usuarios y no tanto el papel del ciudadano, matiz que resta dinamismo a esa participación. Algunas constituciones carecen de referencias a la “minería”, incluso en países con tradición extractivista, o se recurre a breves menciones de los “yacimientos”. El vocablo “exploración” aparece muy pocas veces en las constituciones, pero solo asociado a fines de explotación, no para estimular propiamente la exploración de vanguardia que implementamos subterráneamente, registrando el frecuente hallazgo de nuevos microambientes. Sin embargo, dado el vínculo de las cavernas con las rocas carbonáticas, es posible encontrar artículos que pueden servir a los geoespeleólogos y topógrafos del subsuelo para justificar el apoyo gubernamental a la prospección subterránea, aunque su aspiración no sea la apertura de nuevas canteras. Pocas constituciones introducen el tema del patrimonio cultural, el turismo o los santuarios ancestrales por lo que los antropoespeleólogos también deberán recurrir a las leyes para encontrar contenidos específicos.

muchas de ellas contienen agua quedan tácitamente incluidas como parte del patrimonio. Igualmente, el artículo 26 de Brasil, reitera como bienes de los estados “las aguas superficiales o subterráneas, fluyentes, emergentes o almacenadas”, lo que en el mismo sentido amplio incluye las cavernas freáticas, las corrientes vadosas y las surgencias, aún sin mencionarlas directamente. Aunque no hemos incluido en este trabajo a Brasil, hay que reconocer que su constitución incluye expresamente las “cavidades” naturales.

Como un ejemplo contrario a la generalización de los contenidos, podemos mencionar que dicho texto de Brasil (1988), en el mismo artículo 20, adopta una redacción más específica al mencionar que forman parte de los bienes de la federación “los sitios arqueológicos y prehistóricos”, cuyos prefijos cronológicos en esas dos últimas palabras, lo “arqueológico” y lo “pre” refieren a yacimientos antrópicos de carácter antiguo, por lo que los legisladores probablemente tuvieron a intención de asegurar la protección de yacimientos antropoespeleológicos notorios como los de las cavernas de Lagoa Santa en Minas Gerais o Pedra Pintada en Piauí. Pero en un litigio los interesados en intervenir o explotar algún otro santuario subterráneo de origen reciente, como por ejemplo una gruta de culto religioso o una cueva funeraria cuyo uso date de algunos años o décadas, pudieran argumentar que la mayoría de las espeluncas no están cubiertas por contenidos constitucionales, al no haber sido ocupadas en la antigüedad. Obviamente esta aparente debilidad está cubierta por documentos de segundo nivel, en leyes como aquellas relacionadas con manifestaciones criollas e indígenas, que entre otros actores administran organismos oficiales como el Ministerio de Cultura o la Fundación Nacional del Indio (FUNAI).

## Conclusiones

La tradición legislativa en Suramérica data de hace más de dos siglos, cuando la mayor parte de la región se independizó de la monarquía española, generando constituciones que han sido re-escritas y enmendadas hace varias décadas. Mientras tanto la disciplina de la espeleología organizada en instituciones nacionales surgió hace menos de un siglo, para los países de vanguardia, y puede tener cerca de medio siglo como promedio en gran parte de la región suramericana. El tema de las ciencias de las cavernas no ha permeado directamente en los documentos constitucionales, al igual que muchas otras disciplinas científicas o actividades conservacionistas, mientras que las iniciativas extractivistas como la minería, que puede afectar las cuevas, o generar extinciones y contaminación sí ha sido incluida en diversas redacciones debido a su relevancia económica.

El tema de las ciencias del karst parece estar ausente, al no encontrarse menciones alusivas a cuevas, cavidades o sumideros, por lo que los contenidos útiles al activismo o a la investigación queda reservado a documentos específicos, pero de menor jerarquía, como leyes o reglamentos. Sin embargo, en las últimas décadas han aparecido constituciones

como las de Ecuador y Venezuela que han introducido perspectivas alentadoras, como los “derechos ambientales” o los “derechos de la naturaleza”, no sólo como materia de ejercicio ciudadano en su entorno en políticas del “buen vivir”, sino que también se otorgan derechos a la propia naturaleza, considerándola sujeto jurídico.

En todos los textos el tema del agua aparece reiterativamente, debido a su importancia estratégica, aunque no se especifique que se refiera a aguas kársticas o aguas subterráneas en otros contextos distintos al carso, pero podemos tomar varios de esos artículos como soporte para proyectos claramente espeleológicos, dado que las cuevas no solo funcionan como drenajes, sino incluso las cavidades que hoy se presentan como hidrológicamente fósiles, se generaron por disolución. En algunos países, como Chile, el agua puede gestionarse bajo el dominio privado, mientras que en otros el agua es un recurso público y su acceso es un derecho. En cualquier caso, la doctrina constitucional resulta interesante y trascendente para desarrollar una gestión plena que deberá seguir estudiándose con la incorporación de los demás países Latinoamericanos en futuros artículos.

## 1. Referencias

González, L. (2018). Manual de Archivística: Gestión de documentos y administración de Archivos. Bibliopos: Biblioteca de recursos para Bibliotecarios y Opositores2. Recuperado de <https://www.bibliopos.es/organizacion-archivos-clasificacion-ordenacion-instalacion/>.

UIS – Union Internationale de Speleologie. 2023. The UIS Caver’s Multi-lingual Dictionary By Subject. Ed: Mladen Garašić. Edition 21. <https://www.uisic.uis-speleo.org/lexsubj.html#s63>

Câmara de Representantes de Brasil. (1988). Constitución de Brasil. Recuperado de: <https://www2.camara.leg.br/constituicao/>(<https://www2.camara.leg.br/constituicao>)

Sotomarinero Cáceres, R. (2018). Apuntes introductorios al derecho comparado. Dialnet, disponible en: / <https://www.Dialnet-ApuntesIntroductoriosAlDerechoComparado-7049692.pdf>

*Por razones de espacio solo se presenta aquí el resumen del articulado de Venezuela*

Título II – DEL ESPACIO GEOGRÁFICO Y LA DIVERSIÓN POLÍTICA Capítulo I - Del Territorio y demás Espacios Geográficos	<b>Artículo 11.</b> La soberanía plena de la República se ejerce en los espacios continental e insular (...) el suelo y subsuelo de éstos; (...) y los recursos que en ellos se encuentran, incluidos los genéticos... <b>Artículo 12.</b> Los yacimientos mineros (...) cualquiera que sea su naturaleza (...) pertenecen a la República, son bienes del dominio público y, por tanto, inalienables e imprescriptibles...
Título III - DE LOS DERECHOS HUMANOS Y GARANTÍAS, Y DE LOS DEBERES Capítulo IX - De los Derechos Ambientales	<b>Artículo 127.</b> ... El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. (...) Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que (...) el aire, el agua, los suelos (...) las especies vivas, sean especialmente protegidos...
Título IV - DEL PODER PÚBLICO Capítulo II - De la Competencia del Poder Público Nacional	<b>Artículo 156.</b> Es de la competencia del Poder Público Nacional: 16. El régimen y administración de las minas (...) y la conservación, fomento y aprovechamiento de los bosques, suelos, aguas y otras riquezas naturales del país... 23. Las políticas nacionales y la legislación en (...) ambiente, aguas, turismo y ordenación del territorio... 32. La legislación en materia de derechos, deberes y garantías constitucionales (...) del patrimonio cultural y arqueológico...
Título IV - DEL PODER PÚBLICO Capítulo III - Del Poder Público Estatal	<b>Artículo 164.</b> Es de la competencia exclusiva de los estados: 5. El régimen y aprovechamiento de minerales no metálicos...
Título IV - DEL PODER PÚBLICO Capítulo IV - Del Poder Público Municipal	<b>Artículo 178.</b> Son de la competencia del Municipio... 1. Ordenación territorial y urbanística; patrimonio histórico; vivienda de interés social; turismo local; parques y jardines (...) y otros sitios de recreación...
Título VI - DEL SISTEMA SOCIO ECONÓMICO Capítulo I - Del Régimen Socio Económico y la Función del Estado en la Economía	<b>Artículo 302.</b> El Estado se reserva (...) la explotación de los recursos naturales no renovables... <b>Artículo 304.</b> Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo...
Título VI - DEL SISTEMA SOCIOECONÓMICO Capítulo II - Del Régimen Fiscal y Monetario. Sección 1ª: Régimen Presupuestario	<b>Artículo 311.</b> (...) El ingreso que se genere por la explotación de la riqueza del subsuelo y los minerales, en general, propenderá a financiar la inversión...

# European Environmental Caves Outlook Project

Ferdinando Didonna (1) & Philippe Fleury (2)

(1) Member of FSE (ECPC), Italian Speleological Society (SSI) ETS c/o Dip.BiGeA, Università di Bologna, Via Zamboni, 67, 40126 Bologna (IT). [ferdinando.didonna@socissi.it](mailto:ferdinando.didonna@socissi.it) and [TETIDE.ORG](http://TETIDE.ORG) (corresponding author)

(2) Member of FSE (ECPC) French Federation of Speleology (FFS), 28 rue Delandine, 69 002 Lyon, France. [philippe.fleury@ffspeleo.fr](mailto:philippe.fleury@ffspeleo.fr)

## Abstract

The European Environmental Caves Outlook (EECO) is a project of the European Cave Protection Commission (ECPC) group of the European Speleological Federation (FSE). It aims to provide an overview of caves and cavers in European countries from an environmental perspective and covers the following topics: geological and biological diversity, impacts of human activities, conservation challenges, and cave protection.

The EECO project is organised into three successive stages, the first of which is currently in progress: 1) A 3-page long fact sheet for each country; 2) A European synthesis presenting the specificities of and convergences between countries; 3) Communication and lobbying actions to ensure that these results will contribute to a dynamic of cave protection.

In alignment with the UN's Sustainable Development Goals (SDGs), key insights from the project emphasize the vital role of collaborative conservation actions, education, and sustainable practices. At this preliminary stage, only a few general trends can be stated: i.e. the diversity of protection strategies and, due to a lack of policies, the rarity of comprehensive approaches to the diversity of problems and natural and cultural heritages.

## Résumé

### Perspectives et enjeux environnementaux pour les grottes d'Europe

Le projet European Environmental Caves Outlook (EECO) est conduit par la Commission de protection des grottes de la Fédération Spéléologique Européenne (FSE). Il vise à fournir, sous l'angle de l'environnement, une vue d'ensemble des grottes d'Europe. Il couvre les thèmes suivants: diversité géologique et biologique, impacts des activités humaines, enjeux de conservation et protection des grottes.

Le projet EECO est organisé en trois étapes successives, la première seulement est en cours : 1) Fiche de 3 pages pour chaque pays ; 2) Synthèse européenne présentant les spécificités et les convergences entre les pays ; 3) Actions de communication et de lobbying pour assurer que ces résultats contribueront à une dynamique de protection des grottes.

En accord avec les Objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU, les premiers résultats soulignent le rôle essentiel des projets partenariaux de protection, de l'éducation et des pratiques durables. À ce stade préliminaire, seules quelques tendances générales peuvent être proposées : la diversité des stratégies de protection et aussi, en raison d'un manque de politiques, la rareté des approches globales de la diversité des problèmes et des patrimoines naturels et culturels.

## 1. Introduction

The European Environmental Caves Outlook (EECO) is a project of the European Cave Protection Commission (ECPC) group of the European Speleological Federation (FSE) to comprehensively assess the current environmental status of caves across Europe (<https://www.eurospeleo.eu/ECPC/>). The EECO project focuses on geological and biological diversity, the impact of human activities, and the protection of underground natural and cultural heritage. The EECO project has been in progress since the beginning of 2024. In this paper, we present the project's objectives, adopted method, results obtained in France, and some preliminary trends observed on a European scale.

The ambition of the EECO project, as one of the actions of the ECPC, is to contribute to a European dynamic of protection of the subterranean environment. This adheres to the ECPC's objective "to concentrate collective activities in order to prioritize cave and karst protection within the European efforts to preserve natural and cultural heritage". The ECPC is composed of speleologists from the FSE's 31 member countries and is organized in several working groups and action teams.

One of the most important needs identified by the EECO is to foster

collaboration among caving organisations regarding knowledge on environmental issues, cave protection policies, and practices across borders.

Several working groups or actions are dedicated to this concern:

- A European Speleological Chart presenting 10 principles for cave and karst protection (<https://www.eurospeleo.eu/ECPC/charta/>);
- The bi- or tri-annual organisation of the EuroSpeleo Protection Symposium (<https://www.eurospeleo.eu/ECPC/esps/>);
- The EuroSpeleo Protection Label, awarded yearly to a unique cave or karst protection project;
- In Jan 2020, the FSE launched Clean Up the Dark, a volunteer project of the European caving community that focuses on the protection of karst underground. The program's site (<https://cleanupthedark.org/map/>) features data on cave pollution and clean up at this time. The site includes polluted/cleaned caves in Croatia, Slovenia and Italy.

- For the 2024 World Cleanup Day of the United Nations, the ECPC wanted to raise public awareness about the efforts being made to clean up caves. The aim was also to convince a greater number of cavers of the benefit of this clean-up work. To highlight this event, ECPC published a report on waste disposal activities in the caves of 10 European countries ([https://www.eurospeleo.eu/ECPC/wp-content/uploads/2024/09/ECPC\\_Summary\\_World-Cleanup-Day\\_20240920.pdf](https://www.eurospeleo.eu/ECPC/wp-content/uploads/2024/09/ECPC_Summary_World-Cleanup-Day_20240920.pdf));
- And finally, the EECO project.

Before the EECO project, two major initiatives had already aimed to compare environmental issues and protection policies across European cavities and karst:

- A questionnaire for the 2021 EuroSpeleo Protection Symposium aimed to assess the effectiveness of Natura 2000 in protecting cave biotopes and geotopes. Natura 2000, defined in the European Union's Habitats Directive (92/43/EEC), is a network of protected areas across all 27 EU Member States to protect the most valuable and threatened species and habitats. Most of the included caves are categorised as habitat Type 8310 (Caves not open to the public). 20 European countries responded to this survey (14 members of the European Union and 6 non-members). The written responses and the discussion at the symposium resulted

in the publishing of a paper identifying both the limits of Natura 2000 and some good practices for cave monitoring activities (Weigand et al., 2022). An open letter entitled "Natura 2000 is not enough to protect caves, karst and geoheritage" has also been sent to Virginijus Sinkevičius, who was at the time the European Commissioner for the Environment, Oceans and Fisheries. This letter was signed by Bärbel Vogel, President of the German Speleological Federation, and Jean Claude Thies, President of the ECPC ([https://www.eurospeleo.eu/ECPC/wp-content/uploads/2022/09/open-Letter-for-geoheritage-protection\\_9.pdf](https://www.eurospeleo.eu/ECPC/wp-content/uploads/2022/09/open-Letter-for-geoheritage-protection_9.pdf)).

- The Speleomedit (Mediterranean Speleology) project provides a panoramic view of caves and karst of Mediterranean countries (DIDONNA & MAURANO, 2021). It is a unique study of caves and karst providing an information sheet for 22 countries bordering the Mediterranean Sea. Each fact sheet contains information on caves, karst areas, and the practice of speleology. Environmental issues are also covered, such as biodiversity and conservation status, legal status and protection rules.

These initiatives demonstrated the value of such comparative approaches. Subsequently, the members of the ECPC decided to pursue a more detailed approach to the threats as well as actions and policies to protect caves and karst via the EECO project.

## 2. Materials and methods

The EECO project is organised into three successive stages, the first of which is currently in progress:

- A fact sheet to be completed for each country based on a questionnaire. The goals for this questionnaire were to design a short, simple document using standardised language, requiring data that is reasonably accessible in each country while providing sufficiently detailed information to understand the specificities of each country. The resulting fact sheet is approximately 3 pages long once completed (Figure 2);
- A European synthesis presenting the specificities of and convergences between countries. The following topics will be covered:
  1. Overview of the current state of European cave environments, including differences in challenges, opportunities, and policy responses;
  2. Assessment of the main drivers affecting cave environments in Europe and emerging challenges (i.e. changes in economic and social conditions, climate change, new contaminants);
  3. Current and emerging conservation strategies and policies (good practices, collective governance, community-based conservation approaches, holistic approaches, policies and policy mixes, adaptive management);
  4. Education and raising public awareness (Figure 1);

5. Environmental monitoring and assessment;
6. Recommendations for future policies, research, protection projects, and international collaboration.

Communication and lobbying actions to ensure that these results will contribute to the implementation of more effective and more numerous cave and karst protection actions and policies



Figure 1: Education session. Photo: Comité Départemental de Spéléologie du Lot

Topic	Information to specify
Geological Diversity and Caves	Karst regions (map), types of caves
Cave Protection Status	Existence of a national cave register; laws specific to cave protection and other relevant laws and regulations; autonomous protection; ratification of relevant international treaties
Underground Geological Heritage Status	Underground impacts of mining, infrastructure
Overvisitation Concerns	Importance and localisation; human impacts; legal protection and actions implemented; efficiency and limits; specific monitoring or research
Archaeological Heritage Status	
Biodiversity Conservation Status	
Mineral Resources Management Status	
Water Status	
Environmental Contaminants Status (microplastics, heavy metals, trash dumping, etc.)	
Monitoring and Research Status	Main activities, benefits and limits, suggestions for addressing new issues
Public Awareness and Education Status	
Conclusion and synthesis	
Basic Data	Number of caves; karst area coverage; number of subterranean species; number of cavers and caving organisations
References:	

Figure 2: Headings of the EECO national fact sheet

### 3. Results

The EECO project provides a comprehensive framework for understanding and addressing cave-related environmental issues. In alignment with the UN's Sustainable Development Goals (SDGs), key insights from the project emphasize the vital role of collaborative conservation actions, education, and sustainable practices.

Cave ecosystems in Europe are increasingly recognized as biodiversity hotspots and critical components of natural and cultural heritage. However, significant threats such as pollution, over-visitation, and climate change continue to challenge their preservation. Programs like "Clean Underground" in Croatia and cave-cleaning initiatives in France and Italy, among other EU countries, demonstrate the effectiveness of grassroots conservation efforts. These activities not only mitigate pollution but also foster public engagement and environmental stewardship. For example, Croatia's educational campaign targeting elementary school children has reached over 13,000 students, cultivating a new generation of conservation advocates.

The Italian Speleological Society (SSI) with the program Puliamo il Buio (PiB, aka Cleaning Up The Dark), is the annual international environmental volunteer event, since 2005, where hundreds of speleologists throughout Italy contribute to cleaning activities with educational programs developed around the practical activities recorded online, including a register of sites facing environmental risk (<http://www.puliamoilbuio.it/cavita-con-Rischi-Ambientali/>). In 2018, more than 2,908,394 working hours have been spent underground, and 148 tons of waste have been safely disposed of. In addition to the cleaning activities in and outside caves, events such as conferences, presentations and round

tables were organized disseminating the message of awareness on the protection of the caves. This reached an estimated 2,000,000 people in local populations and visitors of tourist caves. Approximately 45 key stakeholders are involved, such as public waste management services, municipalities, environmental associations and local governments (EuroSpeleo Newsletter December 2018).

The German Speleological Federation (VdHK) is actively involved in cave conservation, focusing on protecting cave ecosystems, preventing pollution, mitigating destruction from human activities, and promoting sustainable practices. They lead initiatives such as clean-up campaigns, ethical guidelines for caving, and awareness programs. Additionally, VdHK contributes to the UN Sustainable Development Goals (SDGs) by prioritizing biodiversity, water protection, education, and climate action in their conservation efforts.

The French « Conservatoire du milieu souterrain » (<https://ffspeleo.fr/CMS.html>) is an initiative of the FFS. The objectives of the Conservatoire du milieu souterrain are: 1) to protect vulnerable sites through land management (purchase, agreements); 2) to promote the richness of the underground heritage; 3) to raise public awareness of the vulnerability of the environment; 4) to facilitate the development of knowledge.

On a policy level, the integration of caves into protected area networks, such as Natura 2000, highlights progress in legal frameworks. However, gaps remain, particularly in addressing geodiversity and underground aquifers—a critical issue given their role in water resource management. Speleologists' involvement in pollution monitoring and waste cleanup underscores the importance of community-driven conservation.

### 4. Discussion

The preservation of cave environments aligns closely with several SDGs. Consequently, the EECO project, through its focus on cave con-

servation, education, and sustainable practices provides an overview of the challenges, policies and actions underway in relation to the

following primary SDGs:

1. SDG 6: Clean Water and Sanitation
  - Protecting karst aquifers, which are critical water resources for many regions.
  - Addressing pollution in caves and aquifers caused by human activities such as agriculture and waste dumping.
2. SDG 13: Climate Action
  - Mitigating the impacts of climate change on cave ecosystems by monitoring changes in cave microclimates and biodiversity.
  - Promoting sustainable practices that reduce environmental stress on these ecosystems.
3. SDG 14: Life Below Water
  - Protecting anchialine and submerged caves, which are habitats for unique aquatic species.
  - Addressing threats to these ecosystems, such as contamination and habitat degradation.
4. SDG 15: Life on Land
  - Preserving subterranean biodiversity hotspots, including endemic species like bats, troglobitic insects, and stygobitic fauna.
  - Enhancing legal frameworks and implementing policies for the conservation of caves and karst areas.
5. SDG 4: Quality Education
  - Raising public awareness and educating communities, particularly youth, on the ecological importance of caves and the need for their protection.
  - Supporting initiatives like Croatia's "Clean Underground Ambassadors" program, which engages schoolchildren to promote long-term conservation habits.
6. SDG 17: Partnerships for the Goals
  - Encouraging cross-border collaborations among speleologists, policymakers, and local communities to share knowledge, resources, and best practices.
  - Supporting international initiatives like the EuroSpeleo Protection Label to align efforts for cave and karst protection.

The EECO findings underscore the interconnectedness of these goals, emphasizing that addressing subterranean challenges requires a holistic approach. For instance, the contamination of karst aquifers, often linked to surface activities such as agriculture and urbanization (Figure 3), highlights the need for integrated water resource management strategies.



*Figure 3: The river of the Foissac Cave is very sensitive to surface pollution from agricultural practices. Photo: Jean-François Fabrial*

Education and public awareness (Figure 4) are pivotal in shifting societal attitudes toward cave conservation. Initiatives like France's "Cave Heritage Days", Croatia's "Clean Underground Ambassadors", and Italy's "Clean Up the Dark" programs for cave cleaning (Figure 5) illustrate the power of community engagement in fostering environmental responsibility. By educating the public about the ecological and cultural significance of caves, these programs help build a broader base of support for sustainable conservation practices.

Collaboration among speleologists, policymakers, and local communities emerges as a recurring theme in effective conservation strategies. Projects like the EuroSpeleo Protection Label and the European Speleological Charta exemplify the benefits of cross-border partnerships in sharing knowledge and resources. Moving forward, a more inclusive governance model that integrates scientific research, traditional knowledge, and community input will be essential for achieving long-term sustainability.

The need for enhanced monitoring and data collection remains critical. Current sustainability efforts often lack the resources and coordination needed for comprehensive environmental assessments. Establishing standardized protocols for cave and karst monitoring across Europe could provide valuable insights into the effectiveness of conservation measures and inform adaptive management strategies.



*Figure 4: A panel presenting cave protection precautions to be observed. Photo: Marie-Clélia Lankester*



Figure 5: Graffiti removal during Cave Conservation Workshop 2023 Ostuni Italy. Photo: Emanuela Derossi



Figure 6: Cave cleaning in Italy. Photo: Project Puliamo il Buio. <https://cleanupthedark.org/>

## 5. Conclusion

At this preliminary stage of the project, only a few general trends can be stated:

- In most countries, there are no policies specific to caves and karst, but there are policies (such as the Habitats Directive) which concern both the surface and the subterranean;
- These policies are predominantly sectoral and concern only one aspect of underground heritage and issues, such as biological, geological, hydrogeological, archaeological or cultural;
- Numerous underground environmental issues are linked to surface issues (i.e. water pollution caused by human activities such as agriculture, forestry, urbanisation, extraction of natural resources, mines and quarries). These global issues are particularly difficult to take into account because managing them could require important changes for these economic activities. A good balance between economic and preservation interests is often difficult to reach.



Figure 7: A cave protected with a door leaving a passage for bats. Photo: Christophe. Bes.

- Cavers are involved in a wide range of actions to protect and restore caves, the most common of which are the cleaning of caves, education and awareness raising.
- Protection strategies are many and varied (Figures 6 and 7). With regard to over-frequentation and inadequately protective caving practices, all countries are involved in education and awareness-raising activities. Protection measures are more varied, with some countries making more extensive use of physical closure of caves (Czech Republic, Italy) than others (France). Rules prohibiting

or limiting frequentation and certain practices may be difficult to accept socially and are a conflictual issue in some countries.

- Comprehensive approaches to the diversity of problems and natural and cultural heritages, based on collective and parti-

cipative governance, are strongly advised by researchers. But not only are such experiences rare, we also lack the policies, methods and knowledge to put them in place.



Figure 8: Road marking with strings and walkways to protect the formation. Photo: Philippe Fleury

## Acknowledgments

We thank our volunteer Shaya TOUSI (Université de Strasbourg) for the support in the conceptualization and review stages, Dr. Kaloust PARAGAMIAN (Hellenic Institute of Speleological Research, ECPC), and

Jean-Claude THIES for supporting this ongoing project, as well as all the ECPC members that have participated Fabio Stoch, (Oier Gorosabel and Valentina Balestra among others).

## References

Didonna F. & Maurano F. Eds. (2021) SPELEOMEDIT - Mediterranean Speleology - Panoramic view of caves and karst of Mediterranean countries. Editors Tetide APS Marina di Camerota and Società Speleologica Italiana, Bologna 221 p.

MALJOURNAL E. (2018) Berger 2018. EuroSpeleo Newsletter. Bureau of the European Speleological Federation, 1782. [https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2781&context=kip\\_articles](https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2781&context=kip_articles)

Weigand AM, Bücs S-L, Deleva S, Lukić Bilela L, Nyssen P, Paragamian K, Ssymank A, Weigand H, Zakšek V, Zagmajster M, Balázs G, Barjadze

S, Bürger K, Burn W, Cailhol D, Decrolière A, Didonna F, Doli A, Drazina T, Dreybrodt J, Dud L, Egri C, Erhard M, Finžgar S, Fröhlich D, Gartrell G, Gazaryan S, Georges M, Godeau J-F, Grunewald R, Gunn J, Hajenga J, Hofmann P, Knight LRFD, Köble H, Kuharic N, Lüthi C, Munteanu CM, Novak R, Ozols D, Petkovic M, Stoch F, Vogel B, Vukovic I, Hall Weberg M, Zaenker C, Zaenker S, Feit U, Thies J-C (2022). Current cave monitoring practices, their variation and recommendations for future improvement in Europe: A synopsis from the 6 EuroSpeleo Protection Symposium. Research Ideas and Outcomes 8: e85859. <https://doi.org/10.3897/rio.8.e85859>.

# Controversies, conflicts and agreements on caves protection

Philippe Fleury (1) & Marie-Clélia Lankester (2)

(1) French Federation of Speleology, 28 rue Delandine, 69 002 Lyon, France, philippe.fleury@ffspeleo.fr (corresponding author)

(2) French Federation of Speleology, 28 rue Delandine, 69 002 Lyon, France, marie-clelia.lankester@ffspeleo.fr

## Abstract

Since the years 2000 environmental NGOs have shown an increasing interest in caves mainly as bat sites. This has profoundly modified the objectives and dynamics of cave protection. These changes are examined from three points of views.

Firstly, in terms of relationships nature/culture, unlike many conservationists and French protection policies, the reference for cavers is not wilderness, but conceptions in which they do not have to choose between nature and culture.

In this context, implementing projects to protect bats is often conflictual. Moreover, concertation is frequently biased and of poor quality. But sometimes fruitful and long-term collaborations have also emerged.

The conclusion proposes two challenges to progress in protecting the underground environment. Firstly, improving coordination procedures between stakeholders, in particular with the help of boundary objects like the ideal-type of cave and tools for sharing knowledge. Secondly, to implement comprehensive protection approaches taking into account the different components of the subterranean heritages, geological, biological and cultural.

## Résumé

### Controverses, conflits et accords dans la protection des grottes

Depuis le début des années 2000, des associations de protection de l'environnement montrent un intérêt croissant pour les grottes, principalement comme sites à chauves-souris. Ceci a profondément modifié les objectifs et les dynamiques de protection des cavités. Cet article examine ces changements selon trois points de vue complémentaires.

Tout d'abord, en termes de relations nature/culture, contrairement à de nombreux conservationnistes et aux politiques françaises de protection, ce n'est pas la nature sauvage qui fait référence pour les spéléologues, mais des conceptions dans lesquelles ils n'ont pas à choisir entre nature et culture.

Dans ce contexte, la mise en œuvre de projets de protection des chiroptères est fréquemment conflictuelle. De plus, la concertation est souvent biaisée et de mauvaise qualité. Mais parfois des collaborations fructueuses voient le jour.

La conclusion propose deux enjeux pour progresser dans la protection de l'environnement souterrain. Premièrement, améliorer les procédures de coordination entre acteurs, notamment à l'aide d'objets frontières comme l'idéal-type de la grotte et des outils de partage des connaissances. Deuxièmement, mettre en œuvre des approches de protection prenant en compte globalement la diversité des patrimoines souterrains, géologique, biologique et culturel.

## 1. Introduction

Since the years 2000 environmental NGOs have shown an increasing interest in caves mainly as bat sites. For example, in 2020, the Conservatoires d'Espaces Naturels (CEN) (which cover the whole of France) alone managed (through acquisition, rental, lease or agreement) 448 chiropteran sites, representing a total of 727 shelters (one site can host several shelters), including 95 caves, 44 mines and 17 tunnels. In 2007, the CENs managed only 68 sites (PASCAULT, 2021). The increase is much greater than that for decorated caves. Indeed, in 2022, 116 decorated caves and 22 rock shelters in France are listed or classified as historic monuments, with the first protected sites dating back to the beginning of the twentieth century (MINISTERE DE LA CULTURE, 2023).

The arrival of these new stakeholders in caves has profoundly modi-

fied the objectives and dynamics of cave protection. Controversies and conflicts have arisen with cavers, but sometimes fruitful and long-term collaborations have also emerged.

This paper examines these changes from three complementary points of views. Firstly, it examines how the visitation of subterranean frequently leads cavers to reject the notion of wilderness, which remains the reference model in French public nature protection policies. Secondly, it explores how the challenges of protecting bat populations have gradually been translated into actions to protect caves, looking at both conflictual situations and those where relations between stakeholders are more harmonious. Finally, the conclusion discusses the future challenges for a concerted protection of caves.

## 2. Collection of empirical data

Two types of empirical data were collected. Firstly, the characterisation of cavers' experiences and their conceptions of nature is based

on around thirty non-directive interviews with cavers, combined with participant observation during numerous collective caving outings. The

approach to concertation in bat protection projects is based on the study of around ten projects: reading of documents and meeting minutes, individual interviews, participant observation during meetings and field visits. Two theoretical approaches are used to analyse the data:

### 3. Cavers, caves and the idea of nature

#### **Caving: a commitment of body and mind**

The approach that BERQUE (2009 and 2016) proposes to human "milieux", known as Mesology, allows not to be confined to the social or cultural domain - speleological practices and their motivations - or to natural processes, speleogenesis and ecology. It is the dynamic link between the human entity and its milieu that is at the heart (Figure 1).

Mesology (BERQUE; 2016) and the forms of agreement proposed by BOLTANSKY & THEVENOT (2006). These frameworks are briefly presented in the following sections.

The milieu understood in this way, the *ecumene* (*Ecoumène* in French), is not the only environmental reality that can be objectified by the environmental sciences. It is the terms in which it is experienced and exists for different individuals and groups. Mesology is the study of milieux that are experienced in concrete terms. The interactions between nature and society here are constant and mutual.



*Figure 1: Le puits de Jacques, scialet Robin (Vercors), France. The watercolours of Jean-Pierre Fayol capture the encounter between man and caves. Vibrant and instant, they depict the essence of our underground adventures.*

Caving changes both the physical reality of the caves and the cavers themselves. Firstly, it is the transformation of the natural environment, its anthropisation (LEROI-GOURHAN, 1973). Making the geography of caves compatible with the limits of the human body requires equipment that anthropises them (FLEURY, 2021). At the same time, there is a humanisation (LEROI-GOTHAN, 1973) of the milieu through its semantic and symbolic transformation, making it progressively liveable and desirable. Cavers modify the underground milieu, just as it transforms the cavers' inner milieu, their perceptions and their intellectual, physical and emotional experiences.

In this approach, there is no determinism of the cave on the cavers. There is no cause-and-effect relationships, these are created by the experience. Understanding subterranean is built in action, in a physical engagement with minerals, water, absolute blackness, .... It is an individual experience according to their own history and personality (Figure 2). There is also a common ground to these experiences, linked to frequenting the same environment and a collective culture nourished by group outings as well as stories, books, photographs, topographies, etc.

It is in this familiarity with the underground milieu, that we gradually become cavers with experience and background. Becoming a caver involves learning of the body and the mind, getting to know the specificities

of the environment, enjoying going underground and devoting time to it.

#### **The ideal of wilderness, an unthinkable for the cavers**

The scientific approach to the link between humans and the underground, using the concepts of anthropisation and humanisation, is not a common one. It is nevertheless a way of describing a reality. No caving without anthropisation, without equipment and desobstruction. No caving without human transformation, without commitment of body and mind, and for the most part without temporary or permanent involvement in a group. It is a model of nature where man is present, modifies it, even if his stay is only temporary. This is why cavers have difficulties in accepting the ideal of wilderness (GUETTE et al., 2018) that is behind current environmental French protection policies.

This approach, which divides nature and culture, has been widely criticised (LATOURE, 1993; LARRERE & LARRERE, 2018). However, in France, in the recent National Strategy for Protected Areas, the concept of wilderness remains the reference for strongly protected areas, which are defined as follows: *A strongly protected area is recognised as a geographical area in which the pressures generated by human activities that are likely to compromise the conservation of ecological issues are absent, avoided, suppressed or strongly limited, and this in a permanent*

*manner, ...*' (Journal Officiel de la République Française, 2022, article 1).

It is a wild or at least little disturbed nature. Even if the subterranean is for the most part much less modified than the surface which, in France, has been modified for thousands of years by human activities, the caver is a direct contributor to this disturbance. He is much more aware of the need to do so than the hiker or naturalist who follows paths, crosses bridges, meadows and clearings that have nothing to do with nature.

Moreover, the scientific diagnosis of wilderness is essentially based on the notion of biophysical or biological integrity, which "*is based on animal or plant communities*" (GUETTE et al 2018). This biological approach of the heritage to be protected is widely adopted by environmental NGOs. It is also used, at least implicitly, by a number of authors who, in response to the difficulties of considering Nature and Humanity as separate realms, suggest the use of the notion of biodiversity: "*being concerned by biodiversity means abandoning considerations of the clash between nature and society and looking instead at the plurality of the relationships that humans (in their biological and cultural diversity) have with the great diversity of non-human life forms.*" (Larrère & Larrère, 2018, p. 26).

However, even if cavers are becoming more and more familiar with the biological richness of the subterranean, this is a specialised approach

that does not reflect the primarily mineral and aquatic diversity of the subterranean landscapes. The very usual focus on biodiversity to address nature protection makes no sense underground.

Moreover, cavers are in an uncomfortable position. Although they see themselves as defenders of the environment, they are also aware that they can cause disturbance (Gauchon, 1997). They know that their passage can disturb bats or that they can leave indelible marks on concretions.

They also have to deal with internal controversies. Since 1969, when the national commission for the protection of caves was set up, there has been opposition in the French Federation of Speleology (FFS) between supporters of unrestricted free access to caves and those in favour of a practice adapted to protection issues.

For cavers, the ideal of naturalness is unthinkable, because they link nature and culture and also they want to preserve their access, even if it is limited, to the caves. They are nevertheless facing numerous threats affecting the underground and have to manage the environmental impact of their activity. They also have to work with other stakeholders who have very different conceptions and aims. This is the case especially for the protection of chiropterans and their underground habitats.

## 4. Protection of chiropterans and their subterranean habitats

### The context of public action

In France, the Nature Protection Law of 1976 is considered to be a founding legislation. It set out the objectives and principles for protecting wild fauna and flora, but also gave environmental NGOs new responsibilities in the fields of informing the public, participating in official decision-making, taking legal action and managing natural areas.

This law also protects the 36 species of bats present in France and their habitat. A ministerial decree of 2007, amended in 2012, completed this first law and today the following are prohibited: "*the destruction,*

*mutilation, capture or removal, intentional disturbance of bats in the natural environment, transport, naturalisation, peddling, offering for sale, sale or purchase, and commercial or non-commercial use of chiropterans.*" (Journal Officiel de la République Française, 2007, Art. 2). Chiropterans also benefit from several protections at European level.

Policies to protect chiropterans have been relatively slow to be implemented, but today activity is intense and highly organised. It is based on various policy tools.



Figure 2: *Naissance*. Watercolour Jean-Pierre Fayol.

Firstly, the implementation of prefectural biotope protection decrees (arrêté préfectoral de protection de biotope, APPB). The APPB was created by the 1976 law. It aims to protect the habitat of protected species. The Prefect of the département is responsible for the establishment of an

APPB, often at the proposal of a nature protection NGO. At the end of 2023, 94 APPBs concern caves, quarries, mines or tunnels. To protect bat habitats, they regulate access to these underground sectors. In 97% of cases, the APPBs prohibit underground visits, either permanently

(47% of APPBs) or temporarily to avoid sensitive periods for bats (50%).

Other tools are also used to protect areas. First of all, like the APPBs, there are regulatory protected areas such as national and regional nature reserves and national parks. Environmental NGOs, including the CENs, as well as NGOs for the protection of bats are also involved in actions to secure land ownership of bats sites through acquisition, rental, lease or agreement. A wider public is frequently asked to provide financial support for these acquisitions. The physical, temporary or permanent, closure with a gate of these caves is often the preferred protection action.

Finally, the national action plan for chiropterans enables an overall protection strategy to be implemented. Three successive plans have been implemented since 1999. They have three objectives: 1) to improve knowledge and monitor populations, 2) to take account of chiropterans in infrastructure developments and public policies, 3) to support networks, exchanges and raise awareness (Plan national d'actions chiroptères, undated).

The protection of bats now attracts the attention of a large number of stakeholders on the subterranean: the Ministry of the Environment and its regional and departmental administrations, local authorities, from communes to regions, managers of natural areas, nature protection NGOs, landowners, naturalists, etc.

**IT'S NOT AN EXPERIENCED UNDERGROUND MILIEU, AS WE HAVE PRESENTED IT, THAT IS BEING SHAPED. BAT PROTECTORS AND CAVERS, SEVERAL OF WHOM ARE INVOLVED IN THESE INITIATIVES, DO NOT MEET UNDERGROUND BUT RATHER ON THE SURFACE, NEGOTIATING PROJECTS.**

#### A concertation too often as a fool's game

The legal protection of bats and the creation of APPBs and reserves are regulatory measures that are not self-evident (Collomb, 2009). Concertation and awareness-raising are seen as the best way both by the defenders of bats (Groupe Chiroptères de Provence, 2015; SFEPM & FCEN, 2023) and cavers (Porebski & Petit, 1997; Cailhol, 2019). However, the conditions under which this happens need to be questioned to understand the difficulties.

A first indication of the incomplete character of this concertation is easy to detect. Most of the documents promoting its advantages are signed by only one of the two parties, conservationists or cavers.

In their documents and at meetings, in order to convince people or at least to ensure that the rules will be respected, conservationists become the spokespeople for bats and regulations. They aim to generate emotion by evoking the risks of extinction of bats, their role in ecosystems and their beauty. They also focus on the legal framework and the offences and fines incurred.

Regulatory threats and calls for the protection of a natural heritage that is by its very essence common to all are struggling to build a common good shared with cavers. Efforts are being made to raise awareness: *"to better protect chiropteran populations, it is essential to continue to inform the public about the biology and conservation of these species"* (plan national d'actions chiroptères, undated, action 10 sensibilisation).

The stated stake is to convince, to ensure triumph of their vision but nowhere is there any reference to a need to understand what makes sense to the other, which is an essential prerequisite for building a common higher principle shared by all (Boltansky & Thévenot, 2006). Sometimes conservationists and cavers clash or ignore each other. Some find the door closed, one of their favourite cavities having been fitted with solid bars in their absence. Elsewhere, conservationists can only observe

the damage, with doors and information panels destroyed. In some regions, the situation is now tense and it is becoming difficult to reach an agreement. In the event of an agreement, in most cases opportunistic arrangements are reached. The deal suits the parties and avoids having one party imposing itself by legal means, in other words it is based on the *"fear of the police"*. Each party gives up a little to the other. The cavers agree to limit their activities and are only worried about reducing the constraints. The conservationists are making a few concessions along the same line. It is not a compromise, an agreement on the substance, aimed at the management of a shared common good in which both parties recognise themselves. For Boltansky & Thévenot (2006), a compromise is more sustainable because it implies a shared vision of a general interest that goes beyond individual and sectoral interests.

#### A successful and sustainable partnership

There are fortunately a few cases where fruitful partnerships have been set up and have continued for years. Such is the case in the Lot department, with a partnership involving the Comité Départemental de Spéléologie (CDS Lot), the CEN Occitanie, the Parc naturel régional des Causses du Quercy and the Office Français de la Biodiversité (Rombaut & Tyssandier, to be published 2025). This partnership has been built up over the years. Since the late 1990s, cavers in the Lot have been involved in the survey and protection of bats.

There are around 2,000 caves in the Lot, around fifty of which are of particular interest to bats and are protected. There are various types of protection, including single panels, gates and padlocks, forbidden access during sensitive periods or complete closure. They are adapted to each case and take into account the bat and caving issues as well as the topography (a deep shaft is a natural protection). If closure is sometimes necessary, it is discussed, explained and finally shared. The periods when bat sites should not be visited, together with a code of good practice in their presence, are available on the Lot CDS website. The CDS also sends to its members at the start of the hibernation season the sites to be avoided. Since the system was set up in 2017, only one case of major disturbance has been observed and the system is working well.

This double process, the appropriation of bat protection issues by cavers and better integration of caving into protection strategies, is based on some key points:

- Involvement of cavers in bat monitoring and protection measures and all data are open to all. This has created trust between stakeholders;
- Recognition of the legitimacy of caving, as well as the traditions of local people who take great pleasure in going for a walk in the village cave and see no problem in avoiding certain periods ;
- The scheme is run by *"border crossers"* with dual skills. Both cavers and bat experts, they play an essential role in bringing communities together.

The compromise that has gradually emerged in the Lot is based on the understanding by everyone that their personal representation of the underground world - habitat for bats, caving area, part of the local cultural identity - is not the only legitimate one, and that these different conceptions can co-exist. It means learning from others, accepting their identity and differences without adopting their representations as your own. This compromise incorporates several orders of value and makes it possible to work for the common good.

## 5. Conclusion: future challenges for a concerted protection of caves

Johannes Mattes, an Austrian historian of the subterranean world, invites us to recognise caves as boundary objects with different meanings in different social worlds (MATTES, 2019). His analysis focuses on the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries, but the diversity of contemporary social qualifications

and scientific viewpoints on caves world shows that this is still the case today: bat shelter, karstic or hydrogeological network, experienced milieu, sporting practice site, not forgetting the equally significant French regional names, aven, baume, scialet, ragaie, ...

Caves and caverns are concepts, ideal-types (Star & Griesemer, 1989) which incorporate both a common meaning across social worlds and are interpreted differently. However, these boundary properties of the ideal-type of cave, as other potential boundaries objects, like maps, repositories, methods for sharing knowledge are rarely used. This is regrettable in a context where coordination between stakeholders is difficult.

There are many stakeholders involved in cave protection. They face difficulties in sharing common objectives and to address, in a comprehensive way, all the issues and factors at stake. The subterranean

is indeed a place of interconnection of all things, of complexity, which should encourage to look at the deeper causes of change and not only to the direct drivers (TOKAY, 2024). But most of the protection measures target just a single aspect of the heritage, either biological, geological or cultural. They are also often focused on underground activities and not on those relating to surface and impacting underground. Stakeholders struggle to grasp these plurality of interconnections. Such comprehensive approaches to protect the underground environment are the challenge for the near future.

## References

- BERQUE A. (2009) [2000] *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*. Belin. Paris, 448p.
- Berque A., 2016 *The Perception of Space or a Perceptive Milieu. Espace géographique*, N°2, Vol. 45, 168-181. <https://shs.cairn.info/journal-espace-geographique-2016-2-page-168?lang=en>
- Boltanski L. & Thévenot L. (2006) *On Justification: Economies of Worth*. Translated by Porter C., Princeton: Princeton University Press, 400p. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1zm2tzm>
- CAILHOL D. (2019) L'exploration et les travaux d'aménagement dans le milieu souterrain, la difficile conciliation des acteurs autour des enjeux de nouvelles connaissances et de conservation des patrimoines et des écosystèmes. Actes du premier colloque francophone «Histoires de désob» Azé, 269-275.
- Collomb G. (2009) Sous les tortues, la plage ? Protection de la nature et production des territoires en Guyane. *Ethnologie française*. XXXIX, 1, 11-21.
- Fleury P. (2021) Explorer, équiper et représenter grottes et réseaux. *Techniques & Culture*, 75, <http://journals.openedition.org/tc/15658>
- Gauchon C. (1997). Des cavernes et des hommes. *Géographie souterraine des montagnes françaises*. Lyon : Karstologia mémoire, 7., 248p.
- Groupe Chiroptères de Provence (2015) *Les chauves-souris de Provence 20 ans d'actions*. Doc mul., 78p. <https://www.gcprovence.org/ressources-et-formations/documents/>
- Guetté, A., Carruthers-Jones, J., Godet, L., & Robin, M. (2018). « Naturalité » : Concepts et méthodes appliqués à la conservation de la nature. *Cybergeo*, 1-25. doi : 10.4000/cybergeo.29140
- Journal Officiel de la République Française (2007) Arrêté du 23 avril 2007. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000649682>
- Journal Officiel de la République Française (2022) Décret n° 2022-527 du 12 avril 2022. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045551000>
- Larrère C. & Larrère R. (2018). *Penser et agir avec la nature Une enquête philosophique*. La Découverte. Paris, 336p.
- LATOUR B. (1993). *We Have Never Been Modern*. Harvard University Press. Cambridge, 168p.
- Leroi-Gourhan, A. (1973) [1945] *Evolutions et techniques, II : Milieu et techniques*. Albin Michel. Paris, 480p.
- MATTES J. (2019) *Entre nature et culture. Les grottes, cabinets de curiosités naturelles à l'époque modern*. Communications, École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, 105(2), 13–26.
- Ministère de la culture (2023) *La protection des sites ornés paléolithiques*. Doc. Mult. 11p. <https://www.culture.gouv.fr/fr/Thematiques/archeologie/Ressources-documentaires/Etude-et-conservation-des-grottes-ornees-et-sites-d-art-rupestre/la-protection-des-sites-ornes-paleolithiques>
- Pascualt B. (2021) *Atelier N°11: Les milieux souterrains : quels partenariats pour leur préservation ?* exposé introductif. Congrès 2021 des Conservatoires d'espaces naturels, 17 au 20 novembre, Tours, Doc. mult., 11p.
- Plan national d'actions chiroptères (undated) <https://plan-actions-chiropteres.fr/>
- Porebski A. & Petit J.-P. (1997) *De la nécessaire protection des chauves-souris*. Spelunca, 68, 39-40.
- Rombaut D. & Tyssandier P. (to be published 2025). *La gestion des cavités à chiroptères dans le département du Lot. 5èmes Assises nationales de l'Environnement karstique*, Gramat, 9 et 10 décembre 2023, Spelunca mémoires, 7p.
- SFEPM & FCEN (2023) *Recueil d'expériences sur les aménagements en faveur des chiroptères en milieu souterrain*. Doc mult. PNA chiroptères, 84p. [https://plan-actions-chiropteres.fr/sites/default/files/fichiers/amenagements\\_milieu\\_souterrain\\_sfepm\\_2023\\_hd.pdf](https://plan-actions-chiropteres.fr/sites/default/files/fichiers/amenagements_milieu_souterrain_sfepm_2023_hd.pdf)
- Star S.L., Griesemer J. (1989) Institutional ecology, 'Translations', and Boundary objects: amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertebrate zoologie. *Social Studies of Science*, 19(3): 387-420.
- TOKAY E. (2024) *Deep Ecology and 'New Materialism': Problems and Potential*. *Ethics and the Environment* 29 (2):89-112.

# Karst Conservation in Coastal British Columbia (Canada): Progress and Shortcomings

Paul Griffiths (1) & Carolyn Ramsey (2)

(1) Vancouver Island University, 900 Fifth St, Nanaimo, BC, Canada V9R 5S5, pgriff@shaw.ca (corresponding author)

(2) Vancouver Island University, 900 Fifth St, Nanaimo, BC, Canada V9R 5S5

## Abstract

Karst landscapes in coastal British Columbia (BC) are ecologically significant, supporting intricate hydrological systems, diverse ecosystems, and highly productive forests. Approximately 10% of BC's landmass is underlain by soluble rock formations, including limestone, dolostone, and marble, which contribute to the development of well-developed karst systems. Despite their ecological and hydrological importance, these landscapes face ongoing threats, particularly from industrial forestry. Logging activities in the karst areas can contribute to soil erosion, hydrological disruptions, and sedimentation. This paper traces the evolution of karst conservation in BC, from early recognition of caves to the development of management frameworks and regulatory policies (GRIFFITHS & RAMSEY, 2017). While legislative progress has been made, gaps in enforcement, scientific research, and policy implementation continue to hinder effective karst conservation. The findings highlight key challenges and propose strategies for strengthening karst protection through legislative reforms, improved enforcement, and integration of Indigenous knowledge and scientific research. The discussion is relevant for broader karst conservation efforts across BC.

## Résumé

Les paysages karstiques de la côte de la Colombie-Britannique (C-B) sont d'une grande importance écologique, soutenant des systèmes hydrologiques complexes, des écosystèmes diversifiés et des forêts hautement productives. Environ 10% du territoire de la C-B repose sur des formations rocheuses solubles, notamment le calcaire, la dolomie et le marbre, favorisant le développement de systèmes karstiques bien développés. Malgré leur importance écologique et hydrologique, ces paysages sont confrontés à des menaces constantes, en particulier dues à l'exploitation forestière industrielle. Les activités de coupe de bois peuvent entraîner l'érosion des sols, des perturbations hydrologiques et la sédimentation dans les zones karstiques.

Cet article retrace l'évolution de la conservation du karst en C-B, depuis la reconnaissance initiale des grottes jusqu'au développement de cadres de gestion et de politiques réglementaires (GRIFFITHS & RAMSEY, 2017). Bien que des avancées législatives aient été réalisées, des lacunes en matière d'application, de recherche scientifique et de mise en œuvre des politiques continuent de freiner une conservation efficace du karst. Les résultats mettent en évidence les principaux défis et proposent des stratégies pour renforcer la protection du karst grâce à des réformes législatives, une meilleure application des réglementations et l'intégration des connaissances autochtones et de la recherche scientifique. Cette discussion s'inscrit dans une perspective plus large de conservation du karst à travers la C-B.

## 1. Introduction

British Columbia (BC) recognizes karst as a complex and integrated ecosystem that encompasses four primary spheres: the atmosphere, biosphere, hydrosphere, and lithosphere. Approximately 10% of BC's landmass is underlain by bedrock units with soluble rocks, including limestone, dolostone, marble, gypsum, and halite.

Karst landscapes are distinct from other terrains due to their unique landforms, intricate hydrology, and interconnected surface and sub-surface habitats. In coastal BC, notable karst areas occur on Vancouver Island, Haida Gwaii, and parts of the mainland, where high rainfall and favorable geological conditions have led to exceptional karst development in high-purity carbonates and very productive forest stands.

Unlike many other forested landscapes, the natural fire return interval in BC's coastal karst forests is exceptionally low due to high humidity, persistent precipitation, and dense canopy cover. Fire is not a dominant ecological force in these regions; instead, natural disturbances are largely governed by small-scale gap dynamics, which shape forest structure and succession. The structural complexity of old-growth forests in these karst landscapes is believed to enhance biodiversity by supporting strong surface-subsurface connectivity. Protecting the ecohydrology

and biodiversity of these environments requires maintaining intact vegetation and soil systems.

While various land uses—such as mining and energy projects—affect karst landscapes, industrial scale forestry has the largest footprint and has disproportionately impacted coastal BC's forested karst regions. Clearcut logging and associated methods can lead to:

- Soil erosion and organic material loss;
- Alterations in hydrological systems, affecting karst aquifers and subsurface habitats;
- Windthrow along unprotected forest edges; and
- Sedimentation, which can degrade karst water quality and potentially affect downstream coastal fisheries and aquatic communities.

The impacts of forestry on Vancouver Island's karst systems have been particularly harsh, modifying landscapes and karst systems including some hosting nationally significant caves.

Despite the recognized ecological importance of coastal BC's karst

landscapes, conservation challenges persist. Concerns over forestry-related degradation have driven the development of karst-specific management frameworks, policies, and research initiatives. However, the effectiveness of these measures remains a concern, as implementation shortcomings continue to pose risks to high-conservation-value karst areas.

This paper traces the evolution of karst conservation efforts in coastal BC, examining historical and current management strategies, legislative developments, and the ongoing impacts of forestry. While the focus is on forested karst ecosystems in coastal BC, the findings have broader implications for karst conservation across the province.



Figure 1: Doline on northern Vancouver Island in a logged area, further disrupted by a 2014. Photo: P. Griffiths photo (2022).

## 2. Methodology

Our approach to assessing the state of karst conservation in coastal BC integrates multiple sources of information, including government policies, the limited body of scientific research, and conservation reports related to karst management. A central component of this assessment is our firsthand field observations, which provide direct insight into the impacts of forestry activities on karst landscapes.

Key areas of analysis included:

- **Evolution of Karst Management Policies**– Examining the historical development of karst conservation frameworks, including legislative measures and provincial guidance documents. This review encompassed karst inventory standards, vulnerability

assessment procedures, and best management practices.

- **Forestry Impacts on Karst Ecosystems**– Investigating the effects of timber harvesting, haul road construction, and soil disturbances in karst areas.
- **Effectiveness of Conservation Strategies**– Evaluating the extent to which current karst management policies and implementation measures successfully protect karst features and ecosystems.
- **Challenges and Future Directions**– Identifying gaps in current karst conservation efforts and highlighting opportunities improvements to enhance long-term protection.

## 3. Results

### Evolution of Karst Conservation in British Columbia

Karst management in British Columbia (BC) has evolved significantly over the past two centuries, transitioning from minimal recognition of karst landscapes to the development of structured policies aimed at protecting and managing karst as an integrated system. This progression reflects a growing understanding of karst's ecological, hydrological, and cultural significance. (GRIFFITHS & RAMSEY, 2017)

### Early History of Karst Conservation in BC (19th to Mid-20th Century)

Logging in BC's karst landscapes began in the 1820s, initially targeting large timber for ship masts. By the late 1800s, sawmilling operations ex-

panded, encroaching into more karst areas. While early loggers observed sinkholes, disappearing streams, and caves, the broader environmental significance of karst was largely unrecognized.

In the early 1900s, caves in BC—such as the Nakimu Caves—gained prominence as tourist destinations. However, systematic karst management did not yet exist, and forestry operations continued without specific safeguards for karst landscapes.

### Growing Awareness and Early Policy Development (1950s–1980s)

By the 1950s, advances in mechanized logging and road construction accelerated timber harvesting in karst areas. Concurrently, the emergen-

ce of recreational caving groups on Vancouver Island and rising public concern for environmental conservation prompted early discussions about forestry impacts to cave entrances.

The 1970s and 1980s saw increasing concern over clearcutting in karst areas. In response, the provincial government began developing early cave management policies and guidelines, though these primarily addressed individual caves rather than entire karst systems. The first attempt to introduce a BC Cave Protection Act occurred in 1974.

During this period, academic interest in karst also gained momentum, with studies focusing on karst hydrology, soil loss, and climate reconstruction using cave speleothems.

#### Establishing a Regulatory Framework (1990s–2000s)

A significant shift in karst management occurred in 1995 with the Forest Practices Code of British Columbia Act, which broadened the definition of forest resources to include recreational, ecological, and scientific values. Government-issued cave management handbooks began to reference karst, though the focus remained primarily on caves and recreational use.

A major turning point came in 1997, when the BC Ministry of Forests officially recognized karst as an ecosystem (BCMOF, 1997). This acknowledgment marked a departure from previous forestry practices, which had largely disregarded the ecological significance of karst landscapes. The government now viewed karst as a sensitive and valuable resource requiring dedicated management.

In the early 2000s, BC introduced two key karst management guidance documents:

- **Karst Inventory Standards and Vulnerability Assessment Procedures for British Columbia** (BCMOF, 2003)– Established standardized methods for conducting karst inventories.
- **Karst Management Handbook for British Columbia** (RISC, 2003)– Provided best practices for forestry operations in karst areas.

## 4. Discussion

#### Progress and Challenges in Karst Conservation

Since 1997, BC has made significant progress in karst conservation, particularly in policy development and industry awareness. However, persistent barriers—including staffing shortages, misinformation, lack of karst-specific expertise, and prioritization of economic interests over environmental protection—continue to threaten long-term conservation efforts.

#### Forestry Impacts on Karst Systems

Forestry remains one of the greatest challenges to karst conservation. Logging alters precipitation absorption, increases soil erosion, and modifies water input to subsurface systems. While policies and procedures have been developed to mitigate these effects, enforcement and adaptation to climate impacts remain inconsistent.

- **Limited Legal Protections**– While karst is recognized under FRPA, protections often rely on discretionary GAR Orders with little compliance monitoring or enforcement (RAMSEY & GRIFFITHS, 2018a).
- **Industry Self-Regulation**– The professional reliance model places responsibility for karst protection on forestry companies, raising concerns about enforcement and accountability (RAMSEY & GRIFFITHS, 2018a; RAMSEY & GRIFFITHS, 2010).
- **Knowledge Gaps**– Long-term hydrological changes and cumulative forestry impacts remain poorly understood, with no public funding for karst research.

In 2003, the Forest and Range Evaluation Program (FREP) initiated efforts to develop field indicators and protocols for monitoring post-logging karst conditions.

Further regulatory changes came with the Forest and Range Practices Act (FRPA) in 2004, which introduced the professional reliance model, making registered forest professionals responsible for karst management decisions in provincial forests. Under FRPA, Government Actions Regulation (GAR) Orders identified specific karst resource features for protection, starting with Haida Gwaii in 2006. (BCMOFR, 2006)

#### Refining Karst Conservation Strategies (2010s–2020s)

The 2010s saw further GAR Orders implemented in additional coastal forest districts, and the Haida Gwaii Land Use Objectives Order in 2010 classified karst features, including caves, as potential Haida Traditional Heritage Features warranting protection.

Recognizing the need for science-based policy guidance, the government agreed to establish the Karst Science Advisory Group in 2019. Intended as a cross-agency entity, this group aimed to prioritize karst research, advise on policy, and strengthen government's capacity for karst management. However, it failed to achieve its intended function. Instead of fostering inter-agency collaboration, the group was repurposed into an NGO consultation process, leading to the withdrawal of its scientific members.

#### The 2020s and Future Directions

In 2023, BC introduced the Forest Statutes Amendment Act (FSAA), signaling a potential shift in karst conservation. This new legislation restored discretionary powers to government authorities, allowing for proactive intervention to protect karst systems before damage occurs. If effectively implemented, this regulatory framework could address the reactive nature of previous GAR Orders, offering more robust protection for BC's karst landscapes moving forward.

#### Effectiveness of Conservation Strategies

Some protected areas, such as parks and ecological reserves, provide formal protection to karst. However, outside these areas, conservation efforts often rely on voluntary compliance. Expanding protected areas is essential, but much of the remaining candidate land has been fragmented or degraded by clearcutting (e.g., see RAMSEY et al. 2017).

Field assessments indicate that while some forestry practices mitigate karst damage, many sites experience significant degradation.

- **Climate Change Impacts**– Changing precipitation patterns, wildfires, and temperature shifts could alter karst hydrology and ecosystems, requiring adaptive management strategies.
- **Old-Growth Karst**– Decades of intensive logging have severely fragmented old-growth karst, reducing ecological integrity and complicating conservation planning.
- **Conflation with Caves**– Karst is often reduced to caves in public and professional discourse, overlooking its broader ecosystem functions, including groundwater storage, nutrient cycling, and habitat connectivity (GRIFFITHS & RAMSEY, 2006; RAMSEY & GRIFFITHS, 2018b).

#### Issues, Challenges, and Future Directions

A lack of government capacity for effective karst management results in weak regulatory oversight. A significant knowledge gap persists among land managers, planners, and decision-makers, who often make regulatory decisions without a sufficient understanding of karst processes. The problem is compounded by:

- **Industry Self-Regulation**– The results-based forestry model introduced in the early 2000s weakened karst protections, as self-regulating professional associations lack karst-specific expertise and motivation to enforce compliance.
- **Unqualified Karst Assessors**– Many forestry professionals lack karst expertise, leading to poor conservation outcomes.
- **Overreliance on Volunteerism**– The government relies on volunteers and unpaid experts to fill knowledge gaps, further weakening conservation efforts (RAMSEY & GRIFFITHS, 2018b).
- **Limited Enforcement**– Non-binding karst guidelines and insufficient compliance monitoring leave high-value karst areas vulnerable.

#### Legislative and Policy Gaps

BC lacks a unified cave protection law, unlike neighbouring US states that have the US Federal Cave Resources Protection Act (1988) applicable to caves in public lands. Legislative efforts, such as Bill M206 (LEGISLATIVE ASSEMBLY OF BRITISH COLUMBIA, 2010) and Bill M232 (LEGISLATIVE ASSEMBLY, 2016), have repeatedly stalled, leaving most caves unprotected outside designated protected areas. Incidental protections under the Heritage Conservation Act are inadequate.

- **Cumulative Effects**– Current frameworks fail to account for

## 5. Conclusion

Karst landscapes in coastal British Columbia continue to face significant conservation challenges due to industrial forestry pressures, weak regulations, conceptual misunderstandings, and misinformation. Despite regulatory changes introduced in the early 2000s, forestry operations—particularly clearcutting—remain the primary driver of karst degradation. The shift to self-regulated karst management under a results-based regulatory framework since 2004 has resulted in poor management outcomes. The failure to fully integrate karst ecosystems into environmental policies has led to widespread degradation, uninformed land-use decisions, and increased vulnerability to climate change.

Without decisive action, industrial land use practices will continue to place BC's karst ecosystems at risk, undermining their ecological, hydrological, and cultural significance for future generations. To ensure the long-term protection of BC's karst ecosystems, comprehensive legislative reforms, stricter enforcement, and better integration of both Indigenous knowledge and scientific research are essential.

The following key steps outline necessary improvements to karst conservation efforts in coastal BC:

- **Strengthen legal protections** by incorporating karst-specific requirements into forestry regulations.
- **Integrate karst considerations into conservation strategies**, particularly regarding wildfire impacts.
- **Increase institutional capacity** by investing in karst expertise within government, requiring mandatory training for forestry professionals, and prioritizing karst conservation over political and economic interests.
- **Eliminate conceptual barriers** that limit the recognition of karst as an integrated ecosystem.
- **Address the cave/karst “mixed message” issue** by enhancing capacity within public service and resource sectors, consulting

repeated disturbances to karst landscapes over time.

- **GAR Orders**– These provide limited and inconsistent protection, applying only to specific karst features within certain forest districts features.

#### Institutional and Public Engagement Deficiencies

**Lack of Karst-Specific Training**– Government enforcement personnel often lack karst expertise, resulting in poor regulatory oversight.

- **Public Education Gaps**– Karst is rarely included in mainstream curricula, and tourism efforts focus on caves rather than broader ecosystem conservation.
- **Climate Change and Fire Risks**– Clearcut logging increases wildfire risks in karst areas, with long-term consequences for soil stability and hydrology (RAMSEY & GRIFFITHS, 2017).
- **Outdated Karst Mapping**– BC's provincial karst potential mapping has not been updated since 1999, increasing risks of misclassification and inadequate protection measures.

**Indigenous Co-Management**– Integrating traditional ecological knowledge with modern conservation science could enhance karst conservation strategies.

subject matter experts, and reintroducing high school curricula that emphasize the geological, hydrological, and ecological significance of karst.

- **Move beyond the “Mineral Shell Paradigm** by promoting a holistic, eco-centric approach to karst within regulatory and conservation frameworks.
- **Support karst research and monitoring** to improve understanding of karst ecosystem functions and address existing knowledge gaps.
- **Encourage inter-agency collaboration** to improve the effectiveness of karst management practices.
- **Restore karst education** in BC's high schools
- **Expand public awareness campaigns** to ensure karst is recognized as a complex and ecologically significant system rather than being narrowly associated with caves used for recreation and tourism.
- **Reform forestry regulations** by mandating karst-specific protections and ending self-regulation in sensitive karst areas.
- **Address wildfire risks** by conducting karst-specific fire risk assessments and implementing restrictions on clearcutting near karst features.
- **Counter misinformation** by revising government definitions of karst aquifers and groundwater systems to reflect their true ecological and hydrological roles.
- **Expand karst education program** at both high school and university levels to ensure future planners and decision-makers are well-informed.

## 6. Acknowledgments

This paper acknowledges the contributions of all those, including members of Indigenous communities, who have advocated for karst conservation in BC.

## 7. References

- RAMSEY, C. L., & GRIFFITHS, P. A. (2018a). Submission to the *Professional Reliance Review*. [Unpublished report]. 14 p.
- RAMSEY, C. L., & GRIFFITHS, P. A. (2018b). *Misinformation, magical mystery tours, and extreme adventures: Caves and tourist information in British Columbia, Canada* [Conference presentation]. 26th International Karstological School "Classical Karst – Show Caves and Science", (June 18–22, 2028) Postojna, Slovenia.
- RAMSEY, C. L., GRIFFITHS, P. A., & STOKES, T. R. (2017). *Land use disturbance patterns in a binary recharge karst catchment* [Conference presentation]. Geological Society of America Annual Meeting (October 22–25, 2017), Seattle, WA, United States.
- GRIFFITHS, P. A., & RAMSEY, C. L. (2006). *When is a karst resource feature damaged or rendered ineffective?* [Conference presentation]. 14th International Karstological School "Classical Karst, Sustainable Management of Natural and Environmental Resources on Karst" (June 26–July 2, 2006) Postojna, Slovenia.
- RAMSEY, C. L., & GRIFFITHS, P. A. (2010). *An examination of the application of professional reliance to management of karst resources in British Columbia (Canada)* [Conference presentation]. European Geosciences Union General Assembly (May 2–7, 2010), Vienna, Austria.
- GRIFFITHS, P. A., & RAMSEY, C. L. (2017). Evolution of karst management in British Columbia: 50 years in 15 minutes [Conference presentation]. 25th International Karstological School «Classical Karst: Milestones and Challenges» (June 19–23, 2017), Postojna, Slovenia.
- RAMSEY, C. L., & GRIFFITHS, P. A. (2017). *Wildfires on karst in coastal British Columbia: Research opportunities* [Conference presentation]. International Scientific Meeting: Man and Karst (June 26–29, 2017), Zadar, Croatia.
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF FORESTS. (2003). *Karst Management Handbook for British Columbia*. Victoria, BC: Forest Science Program, Government of British Columbia. Retrieved from <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Mr/Mr098.htm>
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF FORESTS (1997). *Karst in British Columbia: A complex landscape sculpted by water* (PDF). Government of British Columbia. 8 p. Retrieved [https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/forestry/karst\\_-\\_a\\_complex\\_landscape\\_sculpted\\_by\\_water.pdf](https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/forestry/karst_-_a_complex_landscape_sculpted_by_water.pdf)
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF FORESTS AND RANGE. (2006). *Order to identify karst resource features for the Queen Charlotte Islands Forest District (File: 18750-20)*. Queen Charlotte City, BC.
- LEGISLATIVE ASSEMBLY OF BRITISH COLUMBIA. (2010). *Cave Protection Act, 2010* (Bill M 206). 2nd Session, 39th Parliament. Retrieved from <https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/lc/billsprevious/2nd39th:m206-1>
- LEGISLATIVE ASSEMBLY OF BRITISH COLUMBIA. (2016). *Cave Protection Act, 2016* (Bill M 232). 5th Session, 40th Parliament. Retrieved from [https://www.leg.bc.ca/parliamentary-business/overview/40th-parliament/5th-session/bills/1st\\_read/m232-1.htm](https://www.leg.bc.ca/parliamentary-business/overview/40th-parliament/5th-session/bills/1st_read/m232-1.htm)
- RESOURCES INFORMATION STANDARDS COMMITTEE. (2003). *Karst inventory standards and vulnerability assessment procedures for British Columbia: Version 2*. Government of British Columbia. Retrieved from [https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/natural-resource-stewardship/nr-laws-policy/risc/karst\\_risc.pdf](https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/natural-resource-stewardship/nr-laws-policy/risc/karst_risc.pdf)

# Karst in Gypsum and Anhydrite Rocks of Germany – Threatened by Quarrying

Stephan Kempe (1), Sven Bauer (2), Friedhart Knolle (3) & Firouz Vladi (4)

(1) Institute of Applied Geosciences, Technical University Darmstadt, Schnittspahnstr. 9, D-64287 Darmstadt, Germany, kempe@geo.tu-darmstadt.de

(2) Vice General Secretary, German Speleological Federation (VdHK), Albert-Einstein-Straße 21, D-14473 Potsdam, Germany, stellv.geschaefsf@vdhk.de

(3) Editor, German Speleological Federation (VdHK), Grummetwiese 16, D-38640 Goslar, Germany, fknolle@t-online.de (corresponding author)

(4) Friends of the German Gypsum Museum and Karst Trail, Düna 9a, D-37520 Osterode am Harz, Germany, vladi@karstwanderweg.de

## Abstract

Germany is mostly composed of continental and shallow marine sedimentary rocks, including thick salt and sulfate evaporite formations, Permian, Triassic, and Jurassic in age. Upper Cretaceous tectonic compression led to uplift and NW-SE striking horst-and-graben structures while Tertiary dilatational tectonic movements caused NNE-SSW-striking grabens. The Permian (Zechstein) evaporites are the thickest, fringing the Paleozoic Harz, topping also some salt-domes. Triassic gypsum deposits are prominent in South-Germany. All sulfate areas show surface and subsurface karstification. The South-Harz, Kyffhäuser, and East-Harz list about 180, 61, and 17 caves, respectively. Other areas contain about 30 caves. Cave types include deep and shallow phreatic and vadose caves and unique hydration caves (“Quellungshöhlen”). About 20 deep phreatic anhydrite-caves were discovered by copper shale mining, three remaining accessible (“Wimmelburger Schloten” being the largest with 24,000 m<sup>2</sup> and 2.8 km length). Seven caves are > 1 km, and three are show-caves. Subsurface karst is evident by numerous sinks, three large and numerous small karst springs and thousands of sinkholes. Most gypsum areas are threatened by quarrying, but the postulated lack of raw material may be compensated for by alternative building materials, gypsum from industrial processes, e.g., some sorts of phosphogypsum, and imports from non-karstified landscapes. To publicize South-Harz gypsum karst, 265 km of educational hiking trails were established.

## Résumé

L'Allemagne est principalement composée de roches sédimentaires continentales et marines peu profondes, y compris des salines d'épaisses formations de sel et de sulfate du Permien, du Trias et du Jurassique. La tectonique de compression du Crétacé supérieur a entraîné un soulèvement et des structures de horst et de graben orientées NW-SE, tandis que la tectonique de dilatation du Tertiaire a provoqué des grabens orientés NNE-SSW. Les salines de Zechstein sont les plus épaisses, bordant le Harz paléozoïque et coiffant également quelques dômes de sel. Le gypse triasique est très présent en Allemagne du Sud. Toutes les zones sulfatées présentent une karstification de surface et de subsurface. Le Harz méridional, le Kyffhäuser et le Harz oriental comptent respectivement 180, 61 et 17 grottes. D'autres zones contiennent environ 30 grottes. Les types de grottes comprennent des grottes phréatiques et vadoses profondes et peu profondes, ainsi que des grottes de surface gonflantes. Environ 20 grottes phréatiques profondes d'anhydrite ont été découvertes lors de l'exploitation des schistes cuivreux. Trois d'entre elles restent accessibles (« Wimmelburger Schloten » étant la plus grande avec 24 000 m<sup>2</sup> et 2,8 km de long). Sept grottes ont une longueur supérieure à 1 km et quatre sont des grottes de démonstration. Le karst souterrain se manifeste par de nombreux puits, trois grandes et de nombreuses petites sources karstiques et des milliers de dolines. La plupart des zones de gypse sont menacées par l'exploitation des carrières, mais le manque supposé de matières premières peut être compensé par des matériaux de construction alternatifs, du gypse provenant de processus industriels, par exemple certaines sortes de phosphogypse, et des importations en provenance de paysages non karstifiés. Pour faire connaître le karst gypseux du Harz méridional, 265 km de sentiers de randonnée éducatifs ont été créés.

## Resumen

A Alemanha é composta principalmente por rochas sedimentares continentais e marinhas rasas, incluindo salinas de formações espessas de sal e sulfato do Permiano, Triássico e Jurássico. A tectônica compressional do Cretáceo Superior levou à elevação e às estruturas de horst-and-graben com incidência NW-SE, enquanto a tectônica dilatacional do Terciário causou grabens com incidência NNE-SSW. Os salares de Zechstein são os mais espessos, margeando o Harz paleozoico, além de alguns domos de sal. O gesso triássico é proeminente no sul da Alemanha. Todas as áreas de sulfato apresentam carstificação superficial e subsuperficial. O Harz do Sul, o Kyffhäuser e o Harz do Leste têm cerca de 180, 61 e 17 cavernas, respectivamente. Outras áreas contêm cerca de 30 cavernas. Os tipos de caverna incluem cavernas freáticas e vadosas profundas e rasas e cavernas de superfície de dilatação. Cerca de 20 cavernas profundas de anidrita freática foram descobertas pela mineração de xisto de cobre, três permanecem acessíveis (“Wimmelburger Schloten” é a maior, com 24.000 m<sup>2</sup> e 2,8 km de extensão). Sete cavernas têm mais de 1 km e quatro são cavernas de exposição. O carste subsuperficial é evidenciado por vários sumidouros, três grandes e várias pequenas fontes cársticas e milhares de sumidouros. A maioria das áreas de gesso está ameaçada pela exploração de pedreiras, mas a suposta falta de matéria-prima pode ser compensada por materiais de construção alternativos, gesso de processos industriais, por exemplo, alguns tipos de fosfogesso e importações de paisagens não carstificadas. Para divulgar o carste de gesso de South-Harz, foram estabelecidos 265 km de trilhas educativas para caminhadas.

## 1. Geological Setting

Germany has several deposits of karstifiable sulphate rocks, dating from the Permian to the Jurassic. These rocks were deposited as parts of wide-spread evaporite series during the post-variscan inner continental basin formation. However, gypsum and anhydrite rocks are exposed only in very small areas in the central German low mountain ranges and at the top of salt domes in Northern Germany (Fig. 1). This is due to the compressional uplift of the Central European Plate during the Upper Cretaceous. Subsequently, during the Tertiary, the continent was dilatated – due to the opening of the Atlantic – and large graben systems formed, dissecting the compressional ridges (“inverse tectonics”, Kley 2013).

The sulphate rocks of the Upper Permian, the Zechstein Group, are up to several hundred metres thick, and of particular relevance in northern Germany. At the centre of the basin seven salinar cycles were deposited of which the lower three cycles, the Werra-, Stassfurt- and Leine-Fm. are found in outcrops.

In addition to the Zechstein-Group, thin sulphate deposits of the Triassic (Upper Buntsandstein Röt-Fm.; Middle Muschelkalk Karlstadt-/Heilbronn-/Diemel-Fm.; Middle Keuper (“Gipskeuper”, Grabfeld- and Weser-Fm.) and the Upper Jurassic (Münder Marl-Fm.) exist. The Triassic formations are important specifically in Southern Germany, where the Gypsum-Keuper occurs in a large area in the subsurface. Special features are karstified caprocks of salt domes. Here, sulphates occur as residual rocks of salt layers leached by groundwater (humid climate subsrosion). However, most other sulphate karst areas occur along the edges of tectonic uplifts or along the fringes of synclines.

This will be illustrated using the example of the most important gypsum karst landscape in Central Europe, the South-Harz.

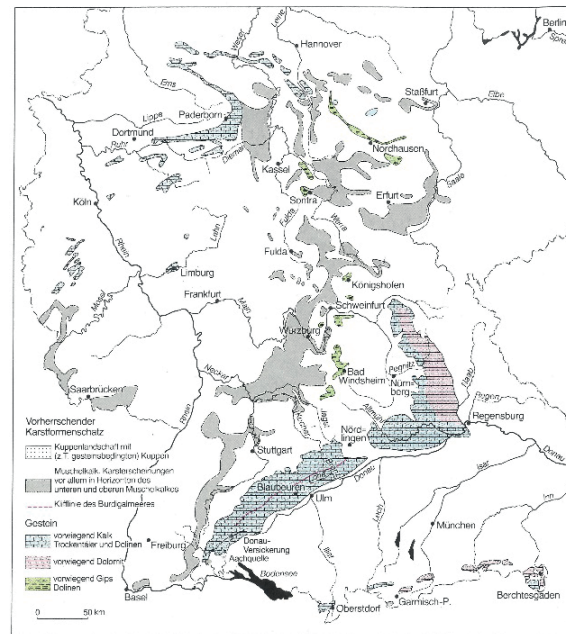


Figure 1 : Karst map of Germany. The sulphate-karst-areas are coloured in green. Due to their small extent these areas are barely visible at this resolution. From Kempe (1982) after Gerstenhauer (1969).

## 2. South-Harz Karst Area

In Central Germany, the Harz Mountains form a prominent mountain range. It represents a 100 km-long and up to 35 km-wide block that was raised above its northern foreland while sloping below its Permian and Triassic caprock unconformably along its southern margin. The Harz block itself consists of variscan-folded Palaeozoic rocks. Detailed geological and structural investigations of the Permian South-Harz show a typical pattern of NW-SE-striking fault lines segmenting elongated horst-and-graben blocks and transversely running graben and flower structures (HUBRICH & KEMPE 2020). This tectonic structure determines the local karst-hydrogeology and landscape genesis. The South-Harz Zechstein covers an area of 250 km<sup>2</sup>, 90 km long E-W. Within this belt, gypsum and anhydrite deposits of the three lowest Zechstein cycles form isolated areas of naked karst, while the remaining areas are covered by limestones, residual marls, loess, solifluction deposits, terraces consisting of Harz-derived gravel or remains of Elsterian moraines (HUBRICH 2020). Nevertheless, it represents the largest continuous gypsum karst landscape in Central Europe (KEMPE & VLADI 2022). It is characterized by exposures of white rocks (Figs. 2, 3) and a picturesque landscape riddled with over 20,000 sinkholes, with numerous sinking streams, episodic lakes and large karst springs. The high solubility of sulphate rocks leads to a highly dynamic karst landscape, even perceptible to humans. Sinkholes, rockfalls and landslides caused by groundwater leaching and rise and disappearance of episodic lakes are commonplace. Caves and, as a result, sinkholes, can form in a very short time, e. g., due to defective water pipes.

The karst landscape features also unique flora and fauna habitats (KNOLLE et al. 2017). In addition to steep gypsum slopes, characteristic dry grasslands and beech forests that are highly worthy of protection, there are countless spring moors and water-filled sinkholes, sustaining endangered amphibians. The species-rich bat fauna and the occurrence

of the wild cat (*Felis sylvestris*) and lynx (*Lynx lynx*), which are rare in Germany, are outstanding.



Figure 2 : South-Harz gypsum karst landscape at Questenberg, Saxony-Anhalt, view to east from the Queste Hill. Left: Castle Hill and the variscan Harz in the background. Centre: solutional valley parallel to the edge of the Harz leading to Hainrode, cutting through Zechstein 1 and 2. Foreground: village of Questenberg in the breakthrough valley of the Nasse creek, which lies perpendicular to the strike of the rock layers. Photo Sven Bauer.

The specific conditions of the epikarst in the transition area between the northwest-Atlantic and southeast-continental climates contribute also to the exceptional biodiversity of the South-Harz. The German Federal Agency for Nature Conservation (BfN) counts the gypsum karst landscape under the term “South Harz-Zechstein Belt, Kyffhäuser and

Hainleite” as one of the 30 biological hotspots in the Federal Republic of Germany. A special feature of the sulphate karst areas in the Harz region and other smaller basement blocks is the association of sulphate karst with the historical mining for Copper Shale. It is a 40-cm-thin layer of laminated and strongly bituminous marlstone present at the base of the Werra-Cycle throughout the Zechstein Basin from England to Poland. Its sulfidic, multi-phase epigenetic mineralization contains mainly copper, silver, lead and zinc. Copper Shale was mined in Central Germany since the 13<sup>th</sup> century. Stratigraphically, the Zechstein Limestone lies above the shale, up to 10 m thick followed by the Werra-Anhydrite several decametres thick.

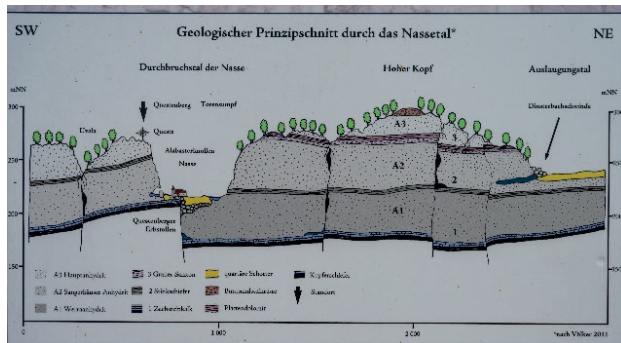


Figure 3 : Information board on the Karst hiking trail, section across the Nasse valley. The photographer’s location on the Queste Hill in Figure 2 is marked by the black arrow. Design by C. and R. VÖLKER.

Copper shale mining has repeatedly intercepted natural cavities in the anhydrite (Fig. 4). These caves, now described as “Mansfeld-type Schlotten” after the type locality “Wimmelburger Schlotten” in the Mansfeld area, were originally filled with groundwater and have no passable natural access. They are deep phreatic, hypogenic caves, developed far below the karst water level. They form by convectively ascending water rising from the underlying limestone along faults (Fig. 5 and 6). Domes, cupolas and solutional cups with self-similar, fractal geometries in all dimensions from the centimetre to the decametre range are typical. The largest caves are dome labyrinths, often enlarged by breakdown along water-acting faults. If the cavities grow upward into the next higher limestone layer, they become rock-mechanically unstable. It is

### 3. Other German Gypsum Karst Areas

The cadastres of German speleologists list over 300 caves for the entire sulphate karst. Fig. 7 lists their numbers and the largest caves in the different regions. In addition to the openly exposed gypsum karst landscapes, there are hidden karst phenomena. For example, subsrosion has removed the sulphates around the perimeter of the Mansfeld Basin in the eastern Harz, leaving a belt of residual clayey silt several hundreds of meters wide.

The karst hydrogeology of the deep sulphate karst is essentially characterized by the fact that anhydrite, which is easily soluble itself, forms an aquitard. Any fissure, that might form is closed when anhydrite hydrates to gypsum which has a larger molar volume than anhydrite.

A similar phenomenon caused by hydration is also seen on the Sachsenstein in Lower Saxony. There anhydrite layers hydrate and bulge up forming up to 1 m high hydration caves (“Quellungshöhlen”), known locally as “dwarf holes”.

not uncommon for large Schlotten to collapse entirely causing large surface sinkholes (KNOLLE 2021). The largest of the more than 20 known Schlotten is the Wimmelburger Schlotten with total passage lengths of 2,800 m and a total floor area of ca. 24,000 m<sup>2</sup>.



Figure 4: Typical domes and cupolas in the Elisabeth-schächter Schlotten. Photo Stefan Meyer.

In contrast to the Schlotten, many of the epigenetic gypsum caves are maze caves, which have a comparatively large passage lengths but only small areas and small cross-sections (e. g., Höllern in Franconia/Bavaria in the Grundgips-Member of the Middle Keuper).

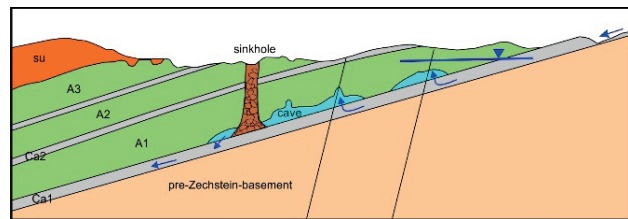


Figure 5: Schematic cross-section of the deep-phreatic, hypogene «Mansfelder Schlotten» caves, fed by water from carbonate-aquifers.

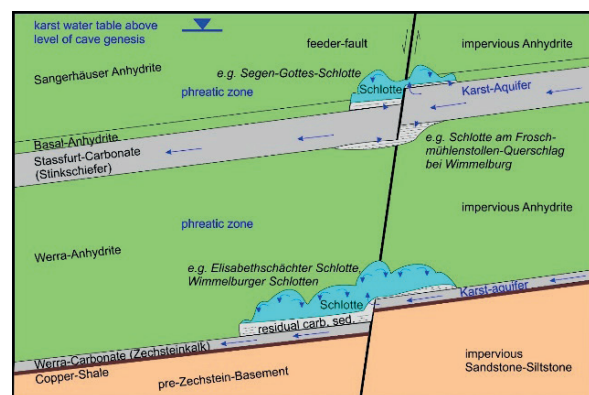


Figure 6: Schematic cross-section of the deep-phreatic, hypogene «Mansfelder Schlotten» caves, fed by water from carbonate-aquifers below.

No. of Caves	Region	Longest cave with total length and area
180	South-Harz	Heimkehle, 1.93 km, 14 400 m <sup>2</sup>
61	Kyffhäuser	Numburg Cave, 1.75 km, 29 000 m <sup>2</sup>
17	Eastern Harz	Wimmelburger Schlotten, 2.8 km, 23 900 m <sup>2</sup>
26	Northern Germany	Segeberger Kalkberghöhle, 2.26 km, 6 500 m <sup>2</sup>
5 (estimated)	Southern Germany	Höllern, 1.0 km, 2 500 m <sup>2</sup>

Figure 7 : Cadastre data by U. Fricke (Arge Karstkunde Harz), H. Harzer & M. Brust (Thuringian Caving Club); May 2024. Size data KEMPE & HELBING (2000).

### 4. Risks to Hydrogeology

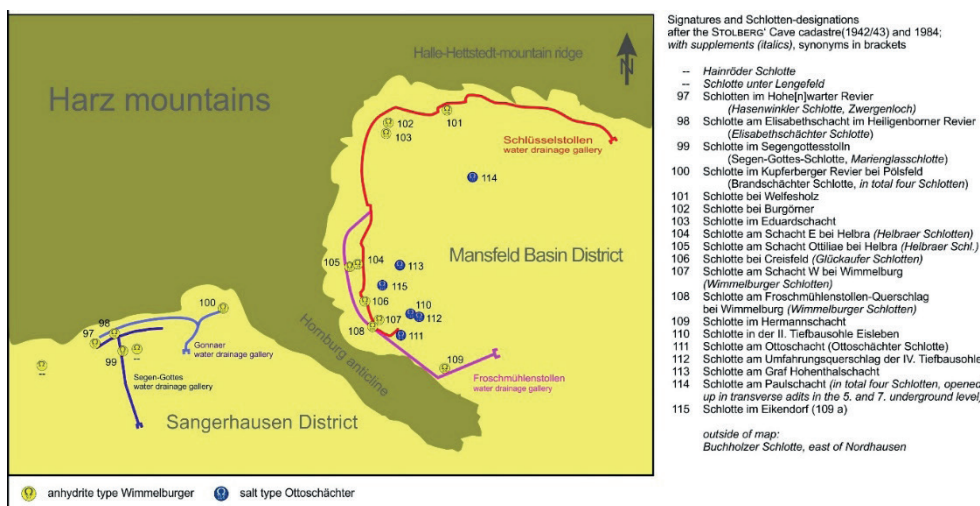


Figure 8 : Map of the “Schlotten” in relation to the main water draining galleries of the copper shale mining districts in Southeast-Harz. The anhydrite caves of “Mansfeld Type Schlotten” are in yellow. Salt caves of “Schlotten of Ottoschächter Type” are in blue. Most caves are inaccessible today.

Interestingly, the abandoned copper shale mines may also cause subsidence. To retrieve the copper shale from far below the natural karst water level, extensive water-solving galleries were dug (Fig. 8), draining the geogenic karst systems. Although partially flooded to the geogenic initial water levels, the old mine tunnels and shafts have created an artificial “conductivity” accelerating the subsidence. This process can be described as active, mining-induced, polygenetic hybrid karst, which is no longer comparable to the geogenic, premontane karstification processes (BAUER & ELSTE 2016). Thus, the karstification processes, with their potential negative effects on urban infrastructure, will remain

a long-term focus of post-mining monitoring.

The interaction of hypogenic, epigenic and hybrid anthropogenically induced karstification phases in the highly dynamic sulphate karst shows that caves in the sulphate karst exhibit a high level of genetic diversity and that each cave should be considered individually. Spatially and temporally, all of the major caves exhibit transitions from one type of genesis to another. Morphologically, older cave formation phases are overprinted by younger ones and the dynamic karstification processes continue to this day.

### 5. Threats by Quarrying

KNOLLE et al. (2017) named the most important threat to the South-Harz gypsum karst: quarrying. Within the states of Lower-Saxony and Thuringia, the South-Harz is already dotted by open mine pits every few hundred metres. Now even the Karst Landscape Biosphere Reserve in Saxony-Anhalt, pristine and protected throughout, is threatened by exploration wells and attempts by Knauf Industries to gain concessions for quarrying, although Knauf still has mining rights in the Alter Stolberg gypsum field until 2090. Knauf even managed to include their plans into the coalition agreement of the Christian-Democrats (CDU)-led state government of Saxony-Anhalt, who legalized gypsum test drilling in December 2024. These plans were kept secret deliberately from the public. However, the Saxony-Anhalt regional association of the NGO BUND raised alarm in September 2024 and ensured that the exploratory drilling by Knauf in the centre Biosphere Reserve became public. Among

others, regional and national speleologists were informed and involved. Since then, wide-spread resistance has developed among the population of the affected region, among karst researchers and environmental associations. Not only did the Verband der deutschen Höhlen- und Karstforscher (Association of German Cave and Karst Researchers) protest, but support came from numerous international karst researchers, such as Nadja Zupan Hajna, John Gunn, Paolo Forti, Jo de Waele and others.

BUND Saxony-Anhalt e.V. filed an appeal against the requested test drilling by Knauf, so that the Halle Administrative Court is now dealing with the case since the end of 2024 and stopped the drilling for the interim.

## 6. Natural Gypsum Alternatives

With ten million tons per year, Germany consumes more gypsum than any other European country, amounting to about 30 % of the total European consumption. Five million tons per year are mined as natural gypsum, half of which in the southern Harz region, the other half mainly in Bavaria. The main products are gypsum-boards for building, which alone accounts for a consumption of five million tons per year. However, further destruction of the unique South-Harz gypsum karst by mining - beyond the co-cessions already granted - is not necessary, because there are alternatives: A large amount of gypsum could be recycled and gypsum-boards can easily be replaced by boards made from sustainable materials such as loam, clay and organic fibre (such as from hemp, wool, straw or wood). Such boards are already on the market, specifically in

countries lacking natural gypsum resources.

The ALWAST CONSULTING (2020) report commissioned by BUND showed that a phase-out of natural gypsum use is possible by 2045 because sufficient alternatives are available – despite the decision to phase-out coal and the resulting decline in the yield of FGD gypsum.

Gypsum is also produced in the chemical industry as a by-product. Belgium and Finland, for example, produce plaster from phosphogypsum. The Federal Environment Agency states that artificial gypsum is simply not used, because natural gypsum is cheaper to produce. The gypsum karst landscape can therefore be protected without causing general economic problems.

## 7. Karst Hiking Trail

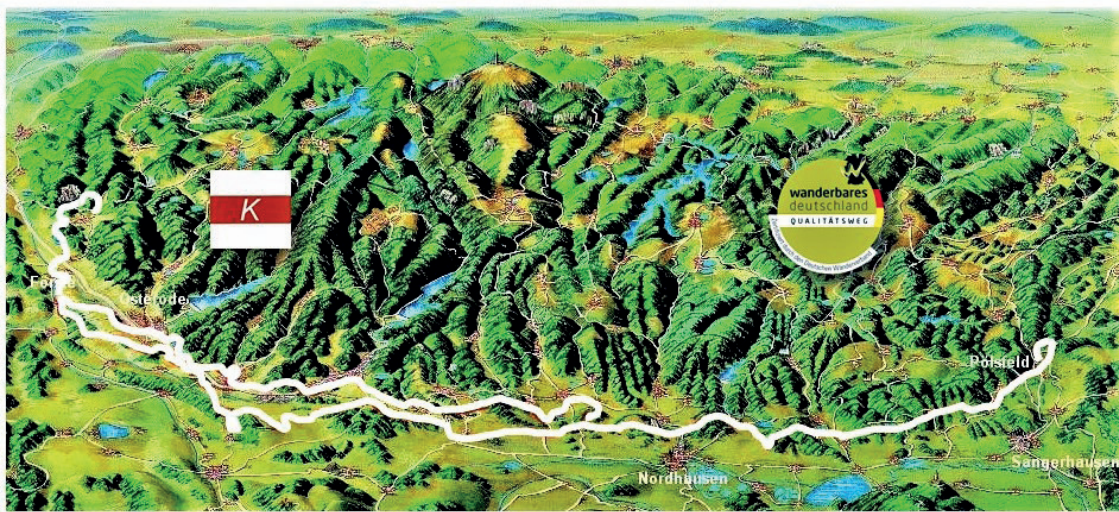


Figure 9: The karst hiking trail from Bad Grund to Pölsfeld. From [www.karstwanderweg.de](http://www.karstwanderweg.de).

To publicise the South-Harz gypsum karst, hiking trails were set up (Fig. 9). Now, 265 km-long, marked trails explore the karst landscape of the districts of Mansfeld-Südharz (Saxony-Anhalt), Nordhausen (Thuringia) and Göttingen (Lower Saxony). The trails lead to main sites (Fig. 10) and are equipped with explanatory billboards. All trails are available as GPX tracks on [www.karstwanderweg.de](http://www.karstwanderweg.de) for hand-held devices. The trails touch 23 railway stations and even more bus stops, allowing tours from 6 to 20 km in length without the need of a car. Ice-cream parlours, swimming pools, inns and hotels are found along the way, are show caves and mines, castles and ruins with and without management, campsites or youth hostels.

Even though the idea of the Karst Trail originated from geosciences, [www.karstwanderweg.de](http://www.karstwanderweg.de) currently offers more than 2,800 pages of interdisciplinary content for hikers interested in nature, culture or history. For research an extensive bibliography with 2,400 citations is available of which over 800 are online. Churches and castles are included as well as places of worship, art and territorial history and as examples for the use of local rocks as building materials. In addition, the Project “Educational Pearls” serves to familiarise school students with the regional nature and history in their karst landscape.



Figure 10: One of the many points of interest of the Karst hiking trail, the Bauerngraben, an episodic lake in front of an active ponor. Photo Sven Bauer, March 2012.

## 8. Show Caves in German Sulphate Karst

In Germany, there are, depending on counting, ca. 65 show caves, three of them in sulphate karst: Segeberger Kalkberghöhle in N-Germany, Schleswig-Holstein (developed in the caprock of a salt-diapir), Heimkehle South-Harz (largest gypsum show cave in Germany) and the Barbarossahöhle, Kyffhäuser Hills (one of two Anhydrite show caves of

the world). Two other anhydrite caves of the Mansfeld Schlotten type can be visited on special all-day tours starting from the Mining Museum Röhrigschacht in Wettelrode: Elisabethschächter Schlotte (see Figs. 4 and 8) and Segen-Gottes-Schlotte.

## References

- ALWAST CONSULTING (2020) Umweltverträgliche Alternativen zum Abbau von Naturgips, Berlin ([https://www.bund.net/fileadmin/user\\_upload\\_bund/publikationen/naturschutz/naturschutz\\_gipsgutachten.pdf](https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/naturschutz/naturschutz_gipsgutachten.pdf)).
- Bauer S., Elste A. (2016) Karst und Bergbau im südöstlichen Harzvorland, Sachsen-Anhalt. 19. Int. Bergbau- und Montanhistorik-Workshop Mansfeld-Südharz, Sangerhausen.
- BUND (2023) Raubbau in der Südharzer Gipskarstlandschaft Thüringens. BUND-Schwarzbuch Gips, 2nd ed., BUND Thüringen, Erfurt, 31 p.
- Gerstenhauer A. (1969) Die Karstlandschaften Deutschlands: mit einer zweifarbigen Karte. Abh. Karst- u. Höhlenkunde A 5.
- Hubrich H.-P. (2020) Aufklärung der tektonischen Struktur des Harz-Südrandes und dessen Genese seit dem Perm nach Erfassung der Geologie des Südharzer Zechsteins im Maßstab 1:10.000. Dissertation TU Darmstadt, FB Material- u. Geowiss., 150 p., CD (<https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/17229/>).
- HUBRICH H.-P., KEMPE S. (2020) The Permian gypsum karst belt along the southern margin of the Harz-Mountains (Germany), tectonic control of regional geology and karst-hydrogeology. *Acta Carsologica* 49(1):39–61.
- Kempe S., ed. (1982): Höhlen in Deutschland. Bildatlas Spezial 4, HB-Verlag, Hamburg, 114 p.
- KEMPE S., HELBING A. (2000) Die Größe deutscher Gipshöhlen. *Die Höhle* 51(1):13–18.
- Kempe S., Vladi F., eds. (2022) Karst und Höhlen des Südharzes. *Abh. Karst- u. Höhlenkunde* 40, 287 p., ISSN 0179-3969.
- Kley J. (2013) Saxonische Tektonik im 21. Jahrhundert. *Z. Dt. Ges. Geowiss.* 164(2):295–311.
- Knolle F., ed. (2021) Die Mansfelder Schlotten. *Karst u. Höhle* 2018–2021, 463 p., ISSN 0342-2062.
- Knolle F., Kempe S., Vogel B., Rupp H. (2017) World-wide largest Biosphere Reserve on sulphate karst and the Schlotten Caves – endangered geo- and biodiversity hotspots in the South Harz, Germany. *Proc. 17th Int. Congr. Spel.*, Sydney, NSW, Australia 1:149–152.
- Vladi F. (2024) Gipskarstlandschaft Südharz – Natur und Geschichte am südwestlichen Harzrand. *Papier-flieger Verlag*, Clausthal-Zellerfeld, 153 p.
- VOGEL B., KNOLLE F. (2024) Protected areas of rare gypsum karst in Germany under threat. Resolution for the protection of the karst landscape in the southern Harz. *UIS Bull.* 66(2):41.

# Caves within the context of Brumadinho B1 Dam burst tragedy

Fernando Verassani Laureano (1), Vitor Brognaro Pimenta (1), Aidene Gontijo (1)  
& Fernando J.G.Frigo (2)

(1) Vale, Diretoria de Reparação, Nova Lima, Minas Gerais Brasil. fernando.laureano@vale.com (autor correspondente)

(2) Vale, Gerência de Espeleologia, fernando.frigo@vale.com

## Abstract

On 2019 January 29<sup>th</sup> B1 Dam failed in Brumadinho, Minas Gerais. The work describes the environmental aspects associated to speleological heritage in the context of the tragedy. The description is made in three major domains : the Ferro Carvão creek, the Paraopeba river and the civil projects associated to restoration and decommissioning. Four iron caves are know in the context of the Ferro Carvão and Sambaíba creek watershed. They were not affected by the tailings avalanche and neither the restoration efforts. A similar context is observed in the Paraopeba River, where four iron caves are also know in a canyon named Fecho do Funil. Compensation projects associated to Vale´s obligations to and to pay for are not ready yet, but they will follow Brazilian regulations in terms of environmental licencing. Despite the irreparable loss of 270 lifes and several other social and environmental damages and impacts, the speleological heritage has not been affected by the B1 Dam burst at Córrego do Feijão Mine, Brumadinho, Minas Gerais.

## 1. Introduction

On 2019 January 29<sup>th</sup> B1 Dam failed in Brumadinho, Minas Gerais, Brazil. Approximately 10 million m<sup>3</sup> of iron ore tailings were suddenly delivered into the Ferro Carvão Creek valley killing 270 people, two of which are still to be find. The tailings avalanche moved downward along the creek losing energy until it reached the Paraopeba River. It is estimated that 8 Mm<sup>3</sup> deposited over Ferro Carvão Creek valley and approximately 2 Mm<sup>3</sup> settled along the first kilometers of the Paraopeba River channel.

This tragic accident triggered a series of changings on how the mining industry deals with tailings worldwide. Several commitments were assumed by Vale to contain and mitigate the environmental and social impacts, but it was only by 2021 February 4<sup>th</sup> that a term was officially

established by government and justice agencies (TJMG / CEJUSC, 2021). Through the Reparation Deal, Vale assumes a series of obligations to do and to pay for. It was also consented the elaboration of the Socioenvironmental Reparation Plan, which must account for the environmental impacts and deliver programs to mitigate them.

The Brazilian Constitution recognize caves as national heritage and any environmental risk to their integrity, environment and ecosystem should be previously detailed assessed. In this paper we describe the major environmental aspects regarding caves and speleological heritage during the efforts to reparation of B1 Dam burst environment impacts.

## 2. Material and methods

The Paraopeba River, a major tributary of the São Francisco River, is an important Brazilian waterway. The catchment is elongated, spanning approximately 537 km in length and covering an area of 12,091 km<sup>2</sup>. The watershed features a complex geological setting that evolved mostly during the Archean and Paleoproterozoic eras of Precambrian Earth's history. Mafic and ultramafic rocks belonging to the Archean Rio das Velhas greenstone occur in the higher sectors of the Paraopeba River basin (Baltazar & Zucchetti 2007). Paleoproterozoic metasedimentary units such as quartzites, phyllites, dolomites and banded iron formation belonging to the Minas Supergroup crop out in the higher and middle course sectors (Rosiere et al., 2008). Neoproterozoic sedimentary cover belonging to the Bambuí Group comprises the substrate in the lower sector (Babinski et al., 1995). The crystalline basement is composed of tonalitic to granitic polydeformed gneissic rocks throughout the upper

and middle sectors of the basin (Machado et al., 1996).

Caves are known in association with two major geological settings: (i) the iron rich banded iron formations from the Minas Supergroup and their weathering products (IBGE, 1939) and (ii) the carbonate rocks from Bambuí Group (Auler e Pessoa, 2020).

Environmental aspects interacting with caves are described in 3 different contexts related to reparation efforts: (i) the potential effects due to the tailings dispersion over Paraopeba river channel; (ii) the tailing removal and mine facilities decommissioning efforts along Ferro Carvão Creek valley and (iii) the infrastructure building obligations to pay and to do.

All the exploration, surveying, sampling and investigations were conducted under the Brazilian current licensing guides and rules (Brasil, 2008; Brasil, 2009; Brasil, 2012).

## 3. Results

Four caves developed in iron formations are known within the Ferro do Carvão and Casabranca creek watersheds, where the restoration efforts are planned to take place (Figure 1). None of these caves were

on the way of the tailing avalanche, so they were not directly affected by the burst itself. Otherwise, there has been attention whether these caves may be affected by interventions planned to happen during the

restoration and decommissioning efforts.

The cave MJ\_0013 is still to be assessed by relevance means. However, it is located about 1700m from the closest area to be recovered, and it is out of any influence from the restoration deliveries. Cave MJ-0008 has been classified as high relevance and it is 650m far from the closest area to be rehabilitated and his under the influence of a preexisting unpaved road (143m distance and 25m high). Because of biological attributes, MJ-009 and MJ-010 has also been classified as high relevance. They have been monitored for several years and a specific influence area was defined based on water circulation and biological parameters. No mining activities can be done within this perimeter, and an environmental gain has been observed. The closest intervention associated to the restoration is at least 47m apart from the cave protection perimeter.

In the context of the Paraopeba river, five caves are known at the lateral margins of a step canyon named as Fecho do Funil (Figure 2). They are small (> 25m long) straightward single conduit caves formed over weathered banded iron formations and canga (ferricrusts). All conduits are formed orthogonally to the river, along rock foliation and fractures.

One of those (Fecho do Funil IV) is smaller than 5m and was classified as non-relevant because of the absence of physical or biological attributes listed by Brasil (2008). Three caves were classified as highly relevant (Fecho do Funil I, Fecho do Funil, IB and Fecho do Funil II). The cave Fecho do Funil III was classified as medium relevant (Figura X). No environmental damage was recognized over those caves.

The Reparation Deal is a R\$37,7 billion agreement between Vale, government and justice agencies in which the company assumes a series of commitments to do and to pay. Most of them are civil infrastructure projects but there are also civil works associated with hydric security and other projects demanded from affect communities. There is no detailed information available whether these enterprises will (or will not) overlap caves and their catchments, most because those projects are not ready yet. Nevertheless, depending on the geological context, the building size and their environmental aspects, individual licensing procedures will be demanded for each specific case, following Brazilian and Minas Gerais State law and regulations.

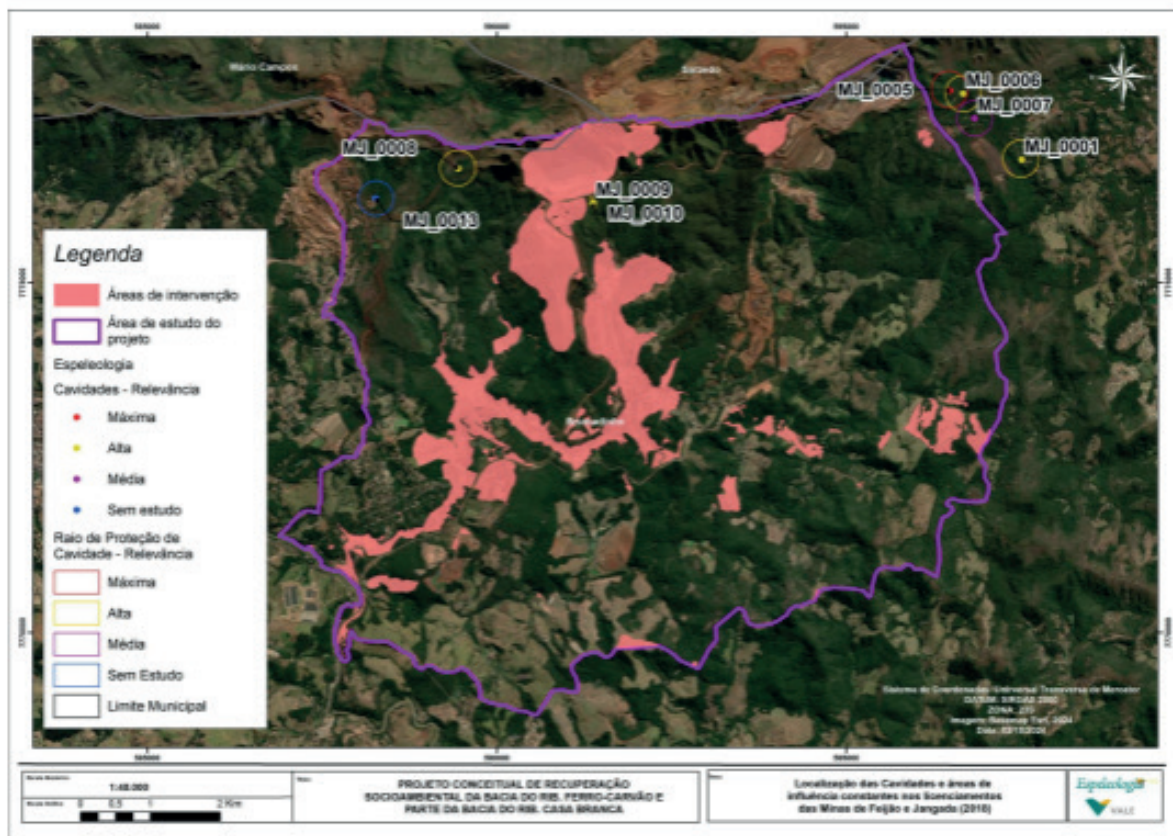


Figura 1: Caves in the context of Ferro do Carvão and Casabranca creeks watersheds and surroundings. Pale pink areas represent the tailing deposits and other interventions listed to the restoration efforts.

## 4. Discussion

Despite the irreparable loss of 270 lives and several other social and environmental damages and impacts, the speleological heritage has not been affected by the B1 Dam burst at Córrego do Feijão Mine, Brumadinho, Minas Gerais. No cave of Maxima relevance were found in burst/reparation domain. No cave was affected by the tailings avalanche

at Ferro Carvão Creek or Paraopeba River. The analysis of the geographical displacement between caves and the reparation/decommissioning interventions do not point for impacts associate to the restoration/decommissioning efforts.



Figur2 : As tabelas são inseridas em formato de imagem.

## References

- AULER, A. S.; PESSOA, P. F. P. . Lagoa Santa Karst: Brazil's Iconic Karst Region. 1. ed. Cham: Springer, 2020. v. 1. 330p.
- BABINSKI, M., Chemale Jr, F., & Van Schmus, W. R. (1995). The PB/PB age of the minas supergroup carbonate rocks, quadrilátero FERRIFERO, BRAZIL. *Precambrian Research*, 72(3-4), 235-245.
- BALTAZAR, O. F., & ZUCCHETTI, M. (2007). Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews*, 32(3-4), 471-499.
- BRASIL. Decreto n. 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1o , 2o , 3o , 4o e 5º e acrescenta os arts. 5\_A e 5\_B ao Decreto no 99.556, de 1o de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.
- BRASIL. Instrução Normativa No 02, de 21 de agosto de 2009. Dispõe sobre a metodologia de aplicação do Decreto 6640/2008. Indica os atributos que devem ser avaliados nas cavernas que se encontram em áreas de empreendimentos (ex.: minerações, estradas, hidrelétricas etc.), no intuito de classificá\_las conforme sua relevância (Máxima, Alta, Médio ou Baixo). *Diário Oficial [da] REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL*, Brasília, n. 160, p. 68\_71, 2009. Seção 1.
- BRASIL. Instrução normativa No 30, de 19 de setembro de 2012. Dispõe sobre os critérios para a compensação espeleológica. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, n. 193, p. 74\_77, 2009. Seção 1.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Estatística . *As Grutas em Minas Gerais*, 1939, 1ed. 278p.
- MACHADO, N., SCHRANK, A., NOCE, C. M., & GAUTHIER, G. (1996). Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, 141(1-4), 259-276.
- ROSIERE, C. A., SPIER, C. A., RIOS, F. J., & SUCKAU, V. E. (2008). The itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and related high-grade iron ore deposits: an overview.
- TJMG / CEJUSC 2º GRAU. ACORDO JUDICIAL PARA REPARAÇÃO INTEGRAL RELATIVA AO ROMPIMENTO DAS BARRAGENS B-I, B-IV E B-IVA / CÓRREGO DO FEIJÃO Processo de Mediação SEI n. 0122201-59.2020.8.13.0000. Available at: (Microsoft Word - Minuta 04.02.2021\_vers\343o final.Vale).

# Importância da atuação do Grupo Interdisciplinar de Espeleologia de Minas Gerais: análise de atas de reunião no período de 2018 a 2022

Ana Carolina Andrino de Melo (1) & Isabel Pires Mascarenhas Ribeiro de Oliveira (2)

(1) Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, ana.melo@meioambiente.mg.gov.br (autora correspondente)

(2) Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, isabel.oliveira@meioambiente.mg.gov.br

## Resumo

O artigo aborda a atuação do Grupo Interdisciplinar de Espeleologia (GRUPE) em Minas Gerais, criado para auxiliar na regularização ambiental de atividades e empreendimentos que causem ou possam causar impactos sobre cavidades naturais subterrâneas. O GRUPE foi instituído no ano de 2016 e, até sua descontinuação em 2022, desempenhou papel fundamental na definição de metodologias e procedimentos para a proteção desse patrimônio ambiental, colaborando com o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA). Através da análise de atas de reuniões do GRUPE entre 2018 e 2022, o estudo destaca importantes orientações sobre o licenciamento ambiental, compensações espeleológicas e a aplicação das normativas federais e estaduais, como os Decretos Federais nº 99.556/1990 e nº 10.935/2022 e o Decreto Estadual nº 47.041/2016. O artigo também evidencia a contribuição do grupo na elaboração de normas e procedimentos e na análise de casos específicos, oferecendo soluções práticas para desafios enfrentados na análise e autorização de impactos sobre cavidades naturais subterrâneas. Apesar de extinto, o legado do GRUPE continua a influenciar a gestão espeleológica em Minas Gerais, demonstrando a importância do debate interdisciplinar para a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável no estado.

## Abstract

**Significance of the Work of the Interdisciplinary Speleology Group of Minas Gerais: An Analysis of Meeting Minutes from 2018 to 2022.** The article discusses the work of the Interdisciplinary Speleology Group (GRUPE) in Minas Gerais, created to assist in the environmental regularization of activities and enterprises that cause or may cause impacts on caves. GRUPE was established in 2016 and, until its discontinuation in 2022, played a key role in defining methodologies and procedures for the protection of this environmental heritage, collaborating with the State System of Environment and Water Resources (SISEMA). Through the analysis of GRUPE meeting minutes from 2018 to 2022, the study highlights important guidelines on environmental licensing, speleological compensation, and the application of federal and state regulations, such as Federal Decrees No.99,556/1990 and No.10,935/2022, and State Decree No.47,041/2016. The article also emphasizes the group's contribution to the creation of norms and procedures, as well as the analysis of specific cases, offering practical solutions to challenges faced in the analysis and authorization of impacts on natural underground cavities. Although it has been dissolved, GRUPE's legacy continues to influence speleological management in Minas Gerais, demonstrating that interdisciplinary debate fosters environmental sustainability.

## 1. Introdução

Empreendimentos ou atividades efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico dependem obrigatoriamente de licenciamento ambiental prévio por força de normativas vigentes desde a década de 1980, com a publicação da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 01/1986 e da Resolução CONAMA nº 05/1987. Ainda que a competência para licenciamento ambiental em matéria de espeleologia seja do órgão ambiental licenciador desde dezembro de 2010, com a publicação da Resolução CONAMA nº 428/2010, as normativas fundamentais que tangerem o patrimônio espeleológico são federais, quais sejam: Decretos Federais nº 99.556/1990, nº 6.640/2008 e nº 10.935/2022 e Resolução CONAMA nº 347/2004.

Haja visto a distância entre os legisladores responsáveis por estas normativas e os órgãos executores do licenciamento ambiental, e considerando que o estado de Minas Gerais apresenta enorme potencial tanto para a ocorrência de cavernas quanto para o desenvolvimento de atividades produtivas, são esperados grandes desafios na aplicação destes regramentos. De forma a preencher a lacuna normativa e subsidiar

assim o processo de análise de licenciamentos envolvendo espeleologia no âmbito do estado, foi criado o Grupo Interdisciplinar de Espeleologia (GRUPE), em 22 de outubro de 2016, pela Resolução Conjunta SEMAD/IEF/FEAM/IGAM nº 2.420/2016, com prazo de atuação e alterações de representantes feitas posteriormente por outras resoluções.

O GRUPE foi criado com base no Parecer nº 15.512, de 16 de outubro de 2015, da Advocacia-Geral do Estado de Minas Gerais, que reconheceu a possibilidade de o Estado legislar sobre matérias de competência legislativa concorrente, como o patrimônio espeleológico, conforme o disposto no art. 24 da Constituição da República e em conformidade com a Lei Complementar nº 140/2011.

O GRUPE foi instituído com o objetivo normativo de estudar, analisar, avaliar e propor conceitos, metodologias e procedimentos para a regularização ambiental de atividades e empreendimentos que causem ou possam causar impactos sobre cavidades naturais subterrâneas existentes no território do Estado de Minas Gerais. O grupo esteve em atividade constante entre os anos de 2016 e 2022, quando foi descontinuado, encontrando-se em curso uma proposta de reformulação.

As orientações e entendimentos deferidos pelo GRUPE até 2018 compuseram principalmente a Instrução de Serviço (IS) do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) n° 08/2017, datada de junho de 2017 e que teve sua Revisão 1 publicada em 05/10/2018. Esta IS dispõe sobre os procedimentos para a instrução dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos efetiva ou potencialmente capazes de causar impactos sobre cavidades naturais subterrâneas e

## 2. Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido com base na análise de atas de reuniões do Grupo Interdisciplinar de Espeleologia (GRUPE). As atas abrangem o período de 2018 a 2022. Faz-se importante destacar que em se tratando de um artigo voltado a publicizar decisões de um fórum sem atribuir juízo de valor, não foram empregues na elaboração deste documento referências bibliográficas, mas tão somente realizadas consultas às atas de reunião. As atas na íntegra do GRUPE podem ser acessadas por meio do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) do estado de Minas Gerais (processo SEI n° 1370.01.0046329/2022-05).

Para a organização e interpretação dos dados, foi realizada leitura detalhada das atas com compilação de decisões sobre temas recorrentes. Os temas abordados foram selecionados por conter discussões rele-

## 3. Resultados e Discussão

O GRUPE foi instituído de forma conjunta pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Instituto Estadual de Florestas (IEF) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que integram o SISEMA. Ao longo de sua atuação, os trabalhos do grupo permitiram o aprimoramento das práticas adotadas no licenciamento ambiental de empreendimentos envolvendo cavidades, nas análises de danos às cavernas e na definição de compensações espeleológicas. Decisões e orientações proferidas e registradas em atas de reunião têm sido fundamentais para garantir a aplicação das normativas e promover a segurança dos servidores na análise de processos.

Assim, destacam-se a seguir algumas das contribuições do GRUPE na elaboração e interpretação de normas e orientações relacionadas à espeleologia e sua aplicação nos procedimentos de licenciamento e fiscalização adotados no estado.

Quando da elaboração e publicação da Deliberação Normativa Copam n° 217/2017, que estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais para serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental, foi fundamental a participação do GRUPE na discussão sobre as regras a serem aplicadas para o licenciamento ambiental simplificado (LAS). Como definido na Lei Estadual n° 21.972/2016, a depender de suas características e localização, os empreendimentos podem ser passíveis de LAS, analisado e emitido em fase única, em duas modalidades: LAS RAS, para o qual é exigida apresentação de Relatório Ambiental Simplificado, ou LAS Cadastro, para o qual é exigido apenas cadastro eletrônico de informações. Como esta última modalidade não permite a análise de impactos sobre o patrimônio espeleológico, foi buscado auxílio do GRUPE para definição de perguntas a serem efetuadas na formalização eletrônica dos processos no Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA), que exigem do empreendedor a declaração de existência ou não de cavidades em sua área diretamente afetada ou entorno de 250 metros, bem como previsão de impactos sobre estas. Sendo assim, em caso de resposta positiva, um processo inicialmente enquadrado em LAS Cadastro pode ser redirecionado para LAS RAS, com apresentação de estudos espeleológicos.

No que se refere às compensações espeleológicas por impactos irreversíveis autorizados no licenciamento ambiental, observa-se a rele-

suas áreas de influência. Outras definições proferidas pelo GRUPE após a publicação da referida IS estão registradas em atas de reuniões, mas não se encontram consolidadas até o momento em normativas. Neste contexto, o presente artigo pretende dar publicidade a importantes orientações deferidas pelo GRUPE, destacando os principais entendimentos que passaram a ser adotados pelos órgãos e entidades que integram o SISEMA.

vantes sobre a aplicação na prática de normativas estaduais e federais relacionadas à proteção de cavidades naturais subterrâneas, como a Instrução de Serviço Sisema n° 08/2017 - Revisão 01, o Decreto Estadual n° 47.041/2016, e os Decretos Federais n° 99.556/1990, n° 6640/2008 e n° 10.935/2022, e Resolução CONAMA n° 428/2010.

A análise focou em identificar as principais decisões, interpretações e recomendações do GRUPE que se aplicam como orientações gerais, ainda que possam ter sido discutidas em referência a casos específicos. Decisões do GRUPE foram relacionadas com as legislações pertinentes, buscando compreender como o grupo interpreta e recomenda aplicação das normativas em situações práticas e garantir uma contextualização adequada das discussões realizadas.

vância da atuação do GRUPE em várias reuniões em que houve discussão sobre empreendimentos específicos. A partir dessas situações, foram emitidas orientações detalhadas sobre as modalidades de cumprimento de compensação admitidas para cavidades de alto grau de relevância, definindo-se formas de garantir a não sobreposição com compensações de outras naturezas, bem como obrigações e responsabilidades a serem estabelecidas nos termos de compensação espeleológica - TCCEs.

No caso de compensação de cavidades de médio grau de relevância, para as quais devem ser adotadas medidas para a conservação e para o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, o GRUPE emitiu orientações quanto à estimativa de valor a ser empregado em tais ações pelos empreendedores. Com a finalidade de balizar as propostas de compensação, o grupo se manifestou no sentido de, opcionalmente e de forma não vinculante, ser utilizado o anexo I do Decreto Estadual n° 47.041/2016, em 50% do valor, já que nesta norma uma parcela do cálculo equivaleria ao valor da cavidade e outra parcela à punição pelo dano.

Além disso, o GRUPE também orientou que as compensações de cavidades de média relevância e de danos em cavidades podem ser feitas com foco no Banco de Projetos da Sociedade Brasileira de Espeleologia (disponível em <<https://www.cavernas.org.br/banco-de-projetos-apresentacao/>>).

Diante da lacuna legislativa em âmbito federal quanto à atuação dos órgãos responsáveis se constatados danos – impactos não autorizados – às cavidades naturais subterrâneas, o estado de Minas Gerais legislou sobre a matéria por meio da edição do Decreto Estadual n° 47.041/2016, que dispõe sobre os critérios para a compensação e a indenização dos impactos e danos causados em cavidades. A atuação do GRUPE foi essencial para auxiliar os servidores estaduais na aplicação desta norma, considerando sua complexidade.

Em uma de suas reuniões, o GRUPE esclareceu quanto à compensação espeleológica devida para fins de aplicação da compensação prevista no Decreto Estadual n° 47.041/2016, e regras gerais dos Decretos n° 99.556/1990 e n° 10.935/2022, determinando que tais compensações não se sobrepõem. Foi instruído que para os casos de danos que tenham implicado na supressão de cavidade(s), devem ser aplicadas tanto a indenização como a compensação definidas no referido decreto.

Por outro lado, no caso de danos irreversíveis parciais, a compensação será devida somente se houver previsão de novas intervenções na

caverna afetada. Tal compensação deverá ser definida de acordo com o licenciamento ambiental - e regras gerais dos Decretos nº 99.556/1990 e nº 10.935/2022, conforme o caso - se houver possibilidade de definição do grau de relevância da(s) cavidade(s). Caso não haja possibilidade de definição de relevância da(s) caverna(s) afetada(s), e descartado presença de atributos de máximo grau de relevância, a compensação deverá ser definida conforme Decreto Estadual nº 47.041/2016, na proporção de quatro cavidades testemunho para cada cavidade danificada.

Em ambos casos podem ser estabelecidas outras formas de compensação se não houver, em área contínua, no mesmo grupo geológico e de mesma litologia da cavidade que sofreu o impacto, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho. Neste contexto, restou definido pelo GRUPE que, no caso de compensação de cavidade sem possibilidade de definição do grau de relevância para a qual aplica-se a compensação definida no Decreto Estadual nº 47.041/2016, o órgão ambiental estadual é o competente por estabelecer as outras formas de compensação a serem adotadas, sempre dentro dos limites do território do Estado.

Ainda sobre a aplicação desta norma, em diversas de suas reuniões o grupo emitiu orientações sobre, por exemplo: (i) como constatar danos a cavidades e identificar sua irreversibilidade; (ii) embargo e desembargo e lavratura de autos de infração; (iii) necessidade de solicitação de estudos complementares; (iv) conteúdo mínimo a ser exigido nos Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) firmados, dentre outros aspectos.

Outra análise importante realizada pelo grupo buscou sanar a ausência do ato conjunto previsto no art. 8º do Decreto nº 10.935/2022, não publicado pelos órgãos federais responsáveis até o momento. Uma vez que tal ato disporá, dentre outros pontos, sobre a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, surgiram dúvidas sobre a possibilidade de continuidade de aplicação da Instrução Normativa MMA nº 02, de 2017, que define a metodologia para a classificação do grau de relevância conforme o Decreto nº 99.556/1990, já revogado. Diante dessa situação, e tendo em vista também o disposto no art. 11 do Decreto nº 10.935/2022, o GRUPE orientou que: (i) em processos de licenciamento ambiental formalizados antes de 12/01/2022, aplicam-se os procedimentos do Decreto nº 99.556, de 1990, e da IN MMA nº 02/2017 integralmente; (ii) em processos formalizados após 1/01/2022, aplicam-se os procedimentos do Decreto nº 10.935, de 2022, bem como a IN MMA nº 02/2017 no que não conflitar com este último, até a publicação do normativo previsto no art. 8º do Decreto vigente; (iii) a pedido do empreendedor, poderão ser aplicados os procedimentos do Decreto nº 10.935/2022, para processos formalizados antes de 12/01/2022. Neste contexto, é importante esclarecer o seguinte: o Decreto Federal nº 10.935/2022, assim como o Decreto nº 99.556/1990, por ele substituído, depende de ato infralegal para sua execução, conforme previsto no já mencionado art. 8º. Tal ato ainda não foi publicado, embora tenham se passado mais de dois anos desde a publicação do novo decreto. Assim, a orientação do GRUPE, conforme exposta acima, levou em consideração os princípios da eficiência e da continuidade da administração pública, que garantem o funcionamento estável e previsível dos procedimentos de licenciamento ambiental, protegendo o interesse público contra descontinuidades e arbitrariedades. Também se considerou que normas administrativas devem continuar sendo aplicadas até sua substituição, desde que não contrariem novas regras e respeitem o regime protetivo já estabelecido. Por fim, baseou-se no fato de que a IN MMA nº 02/2017 detalha procedimentos que permanecem válidos no novo contexto normativo.

Outro entendimento do GRUPE muito utilizado nas análises dos processos de licenciamento define que, sendo uma cavidade classificada como de baixa relevância nos termos do art. 12 da IN MMA nº 02/2017 (desenvolvimento linear inferior a cinco metros e demais critérios), o empreendedor pode optar não pela avaliação de impacto e definição da área de influência, mas somente pela solicitação de autorização de supressão da cavidade, uma vez que não há compensações previstas nessa situação. No entanto, fica ressaltado que no caso de cavidades que não se enquadrem em todos os critérios do referido art. 12, devem

ser seguidas as regras aplicáveis às demais cavidades, conforme previsto na IS SISEMA nº 08/2017. Importa ressaltar que a compensação espeleológica aqui posta não se confunde com a compensação ambiental do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), prevista no artigo 36 da Lei Federal nº 9.985/2000. Tal compensação ambiental se aplica também a cavidades de baixo grau de relevância, conforme disposto no parágrafo 4º do artigo 5º-B do Decreto Federal nº 99.556/1990, com redação dada pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, tal qual no parágrafo 3º do artigo 3º do Decreto Federal nº 10.935/2022 que deliberam que, em havendo impactos negativos irreversíveis em cavidades, a compensação ambiental seja prioritariamente destinada à criação e implementação de Unidade de Conservação (UC) em área de interesse espeleológico, dando preferência para região onde se localiza o empreendimento ou a atividade.

Considera-se relevante também destacar posicionamento emitido pelo GRUPE por conta de questionamento referente a empreendimento que havia formalizado TAC para sua operação. Em resposta a consulta de servidores responsáveis pela análise do caso, o GRUPE esclareceu que não é possível a formalização de TAC para autorizar impacto sobre cavidades naturais subterrâneas, tendo em vista que a legislação determina a necessidade do devido licenciamento ambiental para se avaliar, dentre outros aspectos, se as cavidades podem ser objeto de impacto conforme seus graus de relevância.

A questão da discricionariedade da exigência de resgate espeleológico também foi alvo de discussão. O GRUPE manifestou-se no sentido de que tal exigência é imposta pela IN MMA nº 02/2017 e não discricionária quando prevista a supressão da cavidade. Contudo, entendeu-se que é possível condicionar a execução do resgate na licença, desde que este seja cumprido e comprovado antes do impacto negativo irreversível.

Sobre impactos na área de influência de cavidades, consideram-se importantes os esclarecimentos efetuados pelo grupo no sentido de que, não havendo impactos sobre a caverna, há que se avaliar se a atividade é compatível com a manutenção da cavidade e estabelecer as necessárias medidas de controle e mitigação. Caso não haja tal compatibilidade, deve-se considerar que houve/haverá supressão da caverna, com as devidas compensações por meio de processo de licenciamento ou, se constatado dano, aplicação do Decreto nº 47.041/2016. No processo de licenciamento, o GRUPE destacou a necessidade de discussão da possibilidade de redefinição técnica da área de influência, caso haja informações que justifiquem tal ato.

Ressalta-se que nas reuniões registradas houve também consultas referentes a processos de licenciamento com peculiaridades que fugiam ao fluxo usual dos estudos espeleológicos solicitados, tendo sido orientado pelo GRUPE a exigência de estudos específicos para possibilitar a avaliação ambiental necessária.

Cita-se ainda que quanto às infrações ambientais aplicáveis no estado, houve contribuição do GRUPE na inclusão, no Decreto Estadual nº 47.383/2018, de códigos que tipificam infrações específicas para intervenções em cavidades, quais sejam:

- Código 120 - "Lançar ou dispor resíduo sólido em área urbana ou rural, em lagoa, curso d'água, área de várzea, cavidade subterrânea ou dolina, terreno baldio, poço, cacimba, rede de drenagem de águas pluviais, galeria de esgoto, duto condutor de eletricidade ou telefone, mesmo que abandonados, área sujeita a inundação e áreas especialmente protegidas". Classificação gravíssima;
- Código 130 - "Causar ou provocar impacto negativo irreversível sobre cavidade natural subterrânea e/ou sua área de influência, sem licença do órgão ambiental competente que autorize tal impacto". Classificação gravíssima.

Por fim, importa mencionar a existência de sugestões de aprimoramentos procedimentais e normativos já discutidos e registrados nas atas de reunião do grupo, que, embora ainda não implementados, servem como referência para discussões atuais e futuras no âmbito do SISEMA.

## 4. Conclusão

O artigo demonstrou a atuação do GRUPE como um fórum técnico e jurídico de referência na gestão espeleológica em Minas Gerais, que mesmo extinto proferiu orientações que seguem contribuindo para a proteção do patrimônio ambiental subterrâneo e para o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

O artigo buscou demonstrar a atuação do GRUPE e as ações de proposição de metodologias e procedimentos para licenciar atividades com impacto em cavidades naturais, para além das orientações já incorporadas à Instrução de Serviço Sisema nº 08/2017. Restou demonstrado que apesar de descontinuado em 2022, o grupo deixou um legado registrado em atas de reuniões e cuja consolidação e divulgação permite nivelar com a comunidade espeleológica as contribuições técnicas e normativas.

O artigo explicita o trabalho contínuo do GRUPE e do SISEMA no aprimoramento das práticas de proteção espeleológica em Minas Gerais, com foco na harmonização das normativas estaduais e federais, na análise de casos concretos e na proposição de melhorias para a aplicação das instruções regulatórias. Por fim, o artigo demonstra como faz-se necessá-

rio o constante debate interdisciplinar para que haja o aperfeiçoamento de estudos e análises, especialmente em se tratando de um estado de grande dimensão territorial como Minas Gerais, em que as atribuições do órgão ambiental são regionalizadas e carecem de permanente esforço de padronização, bem como de capacitação dos servidores.

Como sugestão de pesquisa futura ao leitor, destacamos que as atas na íntegra do GRUPE podem ser acessadas por meio do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) do estado (processo SEI nº 1370.01.0046329/2022-05). O acesso a este processo pode ser feito mediante solicitação de vistas feita por meio do Sistema SEI, conforme orientações constantes no endereço eletrônico: <[https://feam.br/web/semad/w/vistas-de-processo-de-licenciamento-ambiental?p\\_l\\_back\\_url=%2Fweb%2Fsema-d%2Fbusca%3Fq%3Dvistas](https://feam.br/web/semad/w/vistas-de-processo-de-licenciamento-ambiental?p_l_back_url=%2Fweb%2Fsema-d%2Fbusca%3Fq%3Dvistas)>. Outra maneira de acessar o conteúdo das atas é registrando solicitação de acesso ao referido processo no Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão (e-SIC) disponível no endereço eletrônico: <<https://acessoainformacao.mg.gov.br/sistema/site/index.aspx>>.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos que contribuíram de alguma maneira para o Grupo Interdisciplinar de Espeleologia (GRUPE) do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

# Quais condicionantes ambientais espeleológicas estão previstas nas normativas federais?

Isabel Pires Mascarenhas Ribeiro de Oliveira (1) & Vandr  Ulhoa Soares Guardieiro (2)

(1) Centro de Estudos em Biologia Subterrânea, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil, imascarenhasoliveira@gmail.com (autor correspondente)

(2) Proje o Ambiental – Consultoria e Gestão, Belo Horizonte, Brasil, vandreguardieiro@gmail.com

## Resumo

O licenciamento ambiental   o procedimento para autorizar empreendimentos potencialmente poluidores ou degradadores do meio ambiente. Desde a década de 1980, normativas estabelecem a obrigatoriedade do licenciamento para atividades impactantes a cavidades naturais subterrâneas. No entanto, há falta de padroniza o nas condicionantes ambientais específicas para a espeleologia. Este artigo identifica e sistematiza essas condicionantes, baseando-se em legisla es federais, além de acordos internacionais. São sugeridos reda es e prazos para condicionantes que abarcam todas as etapas do licenciamento referente   temática espeleologia. Conclui-se que a padroniza o das condicionantes   crucial para garantir segurança jurídica e técnica nos processos de licenciamento, sem restringir a necessidade de adapta es conforme o contexto de cada empreendimento e do patrimônio espeleológico afetado.

## Abstract

### What Speleological Environmental Conditions Are Established in Federal Regulations?

Environmental licensing is the procedure for authorizing projects that are potentially polluting or degrading to the environment. Since the 1980s, regulations have established the mandatory licensing of activities that impact speleological heritage (caves). However, there is a lack of standardization in environmental conditions specific to speleology. This article identifies and systematizes these conditions, based on federal legislation and international agreements. This article suggests wording and deadlines for conditions that cover all stages of licensing related to speleology. It is concluded that standardization of conditions is crucial to ensure legal and technical security in the licensing processes. This, however, does not restrict the need for adaptations according to the context of each project and the affected speleological heritage.

## 1. Introdu o

O licenciamento ambiental   o instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, disposto na Lei Federal n  6.938/1981, no qual o órgão ambiental competente licencia a localiza o, instala o, amplia o e a opera o de empreendimentos ou atividades efetiva ou potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente. A emissão de licenças ambientais em suas distintas fases são, via de regra, acompanhadas de condicionantes ambientais que buscam evitar, reduzir, mitigar, compensar ou monitorar impactos da atividade ou empreendimento objeto do licenciamento.

Empreendimentos ou atividades efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico dependem obrigatoriamente de licenciamento ambiental prévio por força de normativas vigentes desde a década de 1980, com a publica o da Resolu o do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n  01/1986, e da Resolu o CONAMA n  05/1987. Normativas federais posteriores

acrescentaram regramentos e restri es ao uso das cavidades. Neste contexto,   esperado que em licenças ambientais de empreendimentos ou atividades impactantes a cavidades haja a determina o de condicionantes ambientais específicas   referida temática, contudo, não se observa um regramento que padronize as condicionantes ambientais destinadas   matéria, observando apenas apontamentos difusos.

Frente a esta lacuna o presente artigo tem como propósito delinear quais as condicionantes ambientais de espeleologia estão previstas nas normativas federais e que, desta posta, encontram embasamento legal para estarem presentes em atos autorizativos de empreendimentos ou atividades que detenham cavidades em suas áreas diretamente afetada ou de influência. Objetiva-se ainda sugerir reda es e prazos para tais condicionantes. Com esta publica o se pretende apoiar analistas ambientais de órgãos licenciadores que trabalham na temática e demonstrar procedimentos legais já determinados, porém dispersos em diferentes normativas.

## 2. Materiais e Métodos

O presente artigo reflete a atua o e experiência dos autores em processos de licenciamento envolvendo cavidades, tendo sido sua concep o construída ao longo dos anos.

A consolida o de condicionantes necessárias ao licenciamento ambiental envolvendo impactos ao patrimônio espeleológico se pautou na consulta e estudo   normatiza o federal correlata. As referências

consultadas compreenderam leis, decretos e decretos-lei federais, resolu es do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), acordos internacionais os quais o Brasil   signatário, portarias e instru es normativas de órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e órgãos intervenientes.

O presente artigo trata-se de estudo de caráter regulatório o qual não

pretendeu realizar uma crítica das normativas referentes ao patrimônio espeleológico. E neste sentido, não foi consultado bibliografia científica que abordasse a temática. Por conseguinte, não houveram referências bibliográficas a serem citadas, e as normativas federais foram citadas ao longo do texto, na ordem que aparecem.

Cumpra pontuar que o artigo trata tanto do Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, quanto do atualmente vigente Decreto Federal nº 10.935/2022, que substituiu os anteriores. Isto ocorre uma vez que vários são os processos de licenciamento ambiental em análise que foram iniciados antes da publicação do novo decreto, em 12 de janeiro de 2022, o que segundo o seu artigo

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1. Licenciamento Ambiental e Espeleológico

O licenciamento ambiental é instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, previsto no artigo 9º, inciso IV, da Lei Federal nº 6.938/1981. O artigo 10º desta normativa, com redação dada pela Lei Complementar nº 140/2011, dispõe:

“Art. 10 – A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental”.

Conforme definições expressas no artigo 1º da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 237, de 19 de dezembro de 1997, o Licenciamento Ambiental é o procedimento, enquanto a Licença Ambiental é o ato administrativo do órgão ambiental competente.

Desde a década de 1980, com a publicação das Resoluções CONAMA nº 01/1986, e nº 05/1987, já se determinava como obrigatoriedade o licenciamento ambiental prévio para empreendimentos e atividades efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico. Mais recentemente a Resolução CONAMA nº 347/2004, e o Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, e o atualmente vigente Decreto Federal nº 10.935/2022, que substituiu os anteriores, corroboram com tal compulsoriedade. Acrescenta-se a proteção determinada por estas normativas a definição de cavidades naturais subterrâneas como patrimônio ambiental e cultural pela Constituição Federal (artigos 20º e 225º) e, quando couber, o reconhecimento destas como monumentos arqueológicos ou pré-históricos pela Lei Federal nº 3.924/1961, e de conteúdo fossilíferos presentes em seu interior como propriedades da Nação pelo Decreto-Lei nº 4.146/1942.

O licenciamento ambiental tem por objetivo realizar o controle ambiental, por intermédio dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), e desde dezembro de 2010, com a revogação do artigo 2º e do inciso 1º do artigo 4º da Resolução CONAMA nº 347/2004, pelo artigo 8º da Resolução CONAMA nº 428/2010, a competência para licenciamento ambiental em matéria de espeleologia passou ao órgão ambiental licenciador, deixando de ser exclusiva do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

#### 3.2. Condicionantes Ambientais

Condicionantes ambientais são obrigações impostas a empreendedores no âmbito de licenças ambientais com a finalidade de evitar, reduzir, mitigar, compensar ou monitorar impactos ambientais de uma atividade ou empreendimento. Conforme o artigo 1º, item II, da Resolução CONAMA nº 237/1997 trata-se de “*condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor*”.

Tais condicionantes devem ser atendidas antes, durante ou após o estabelecimento de atividades ou empreendimentos potencialmente

11º foi definido como regra de transição. Quanto à base metodológica o artigo considera somente a Instrução Normativa (IN) MMA nº 02/2017, haja visto que nova metodologia e orientações, previstas no artigo 8º, com elaboração em ato conjunto dos ministérios de Meio Ambiente (MMA), Minas e Energia (MME) e Infraestrutura (Minfra), ouvidos o Instituto Chico Mendes (ICMBio) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) segue pendente. Importa pontuar que a Instrução Normativa MMA nº 02/2017, segue em uso nas análises de processos e que, ainda que esta remeta ao Decreto Federal nº 99.556/1990, não se identificou ato que a revogue.

poluidores e, nestes termos, se associam às distintas fases do licenciamento ambiental: licença prévia (LP), licença de instalação (LI), licença de operação (LO) e suas renovações.

Em outra medida, as condicionantes ambientais são determinantes para garantir a viabilidade ambiental do processo de licenciamento como um todo e é mandatório que estas sejam atendidas pelo empreendedor, estando previsto também na Resolução CONAMA nº 237/1997, em item I, artigo 19º que:

Art. 19. O órgão ambiental competente, mediante decisão motivada, poderá modificar os condicionantes e as medidas de controle e adequação, suspender ou cancelar uma licença expedida, quando ocorrer:

I - Violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais.

Para tanto, a lei dos crimes e das infrações administrativas ambientais, qual seja Lei Federal nº 9.605/1998, tipifica a infração em sua Seção V - Dos Crimes contra a Administração Ambiental, artigo 68, o qual dispõe:

Art. 68. Deixar, aquele que tiver o dever legal ou contratual de fazê-lo, de cumprir obrigação de relevante interesse ambiental:

Pena - detenção, de um a três anos, e multa.

Nesta seara, resulta expressar que o descumprimento das condicionantes ambientais expõe o empreendedor a sanções penais e administrativas, além da obrigatoriedade de reparação de danos causados.

Não obstante, é fundamental destacar que os órgãos ambientais devem estabelecer apenas condicionantes que guardem relação com o processo administrativo em análise, sendo necessário haver existência de nexos e de proporcionalidade em relação aos impactos ambientais previstos para a atividade ou empreendimento.

Assim, a declaração de direitos de liberdade econômica instituída pela Lei Federal 13.874/2019, dissertou em seu artigo 3º, inciso XI, sobre o que chamou de medida ou prestação compensatória ou mitigatória abusiva:

Art. 3º São direitos de toda pessoa, natural ou jurídica, essenciais para o desenvolvimento e o crescimento econômicos do País, observado o disposto no parágrafo único do art. 170 da Constituição Federal:

XI - não ser exigida medida ou prestação compensatória ou mitigatória abusiva, em sede de estudos de impacto ou outras liberações de atividade econômica no direito urbanístico, entendida como aquela que:

a) (VETADO);

b) requeira medida que já era planejada para execução antes da solicitação pelo particular, sem que a atividade econômica altere a demanda para execução da referida medida;

c) utilize-se do particular para realizar execuções que compensem impactos que existiriam independentemente do empreendimento ou da atividade econômica solicitada;

d) requeira a execução ou prestação de qualquer tipo para áreas ou situação além daquelas diretamente impactadas pela atividade

econômica; ou

e) mostre-se sem razoabilidade ou desproporcional, inclusive utilizada como meio de coação ou intimidação.

### 3.3. Condicionantes Ambientais Espeleológicas Previstas nas Normativas Federais

#### 3.3.1. Registro de dados no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)

A Resolução CONAMA nº 347/2008, instituiu o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), como parte integrante do Sistema Nacional de Informação do Meio Ambiente (SINIMA) que tange o registro do patrimônio espeleológico nacional. Esta normativa dispõe sobre a necessidade do “empreendedor que vier a requerer licenciamento ambiental deverá realizar o cadastramento prévio no CANIE dos dados do patrimônio espeleológico mencionados no processo de licenciamento” (Art. 3º, § 4º).

Percebe-se, pela redação da normativa, que a obrigatoriedade de cadastro de informações espeleológicas no CANIE pelo empreendedor é prévia ao requerimento do licenciamento ambiental, ou seja, quando da instrução do processo. Contudo, observa-se que, para além da amostra espeleológica disponível nos estudos iniciais, o avanço da análise do processo comumente acrescenta cavidades à listagem original, identificadas por vistorias, por solicitação de adensamento da prospecção espeleológica, por inclusão de cavidades testemunho, dentre outros.

Nestes termos, para que haja registro no CANIE da totalidade dos dados de cavidades atrelada ao licenciamento ambiental, faz-se necessário definir tal obrigatoriedade ao empreendedor por meio de condicionante da concessão da licença. Sugere-se como redação da referida condicionante “Comprovar o cadastro, no banco de dados CANIE, de todas as cavidades naturais subterrâneas contempladas nos estudos do empreendimento, incluindo cavidades testemunho”, e que o prazo seja um determinado número de dias a contar a partir da concessão da licença.

#### 3.3.2. Medidas e programas associados a impactos negativos reversíveis

Cavernas situadas no contexto de entorno das atividades do empreendimento podem vir a sofrer impactos negativos reversíveis para os quais não há medidas de compensação devidas. Contudo, de forma que estes impactos sejam controlados, mitigados e monitorados, medidas e ações devem ser implementadas por parte do empreendedor. Tal obrigatoriedade se associa ao ato administrativo do órgão ambiental competente de emissão da Licença Ambiental, conforme previsto no artigo 1º, item II, da Resolução CONAMA nº 237/1997 como “condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor”.

Medidas de controle, mitigação e monitoramento dos impactos negativos reversíveis voltadas à temática espeleologia podem ser condicionadas de forma individual ou em conjunto com o Plano Básico Ambiental (PBA) ou Plano de Controle Ambiental (PCA).

O estabelecimento do prazo da condicionante é variável e deve estar de acordo com o aspecto gerador do impacto. Para medidas voltadas a estabelecer dados do estado de conservação da cavidade anterior à licença concedida (*background*), como por exemplo execução de relatório técnico-fotográfico das cavidades que sofrerão impactos negativos reversíveis, o prazo deve ser associado à intervenção devendo a condicionante ser atendida antes do início das atividades do empreendimento responsáveis pela ocorrência de impactos reversíveis nas cavidades naturais subterrâneas e em suas respectivas áreas de influência. Por outro lado, condicionantes de monitoramento de impactos associados a aspectos contínuos da atividade devem considerar estabelecer prazo

“durante a vigência da licença”.

#### 3.3.3. Registro de táxon novo

Para os casos de cavidades naturais subterrâneas objeto de supressão e que apresentem ocorrência de táxons novos há vedação da incidência de impactos negativos irreversíveis até que seja realizada a descrição científica formal do táxon, ou até que seja confirmada que em outras áreas não afetadas pelo empreendimento, que há indivíduos desta mesma forma taxonômica. Tal vedação está disposta no artigo 18º da IN MMA nº 02/2017, e corrobora com acordos internacionais voltados à proteção da biodiversidade que o Brasil é signatário, dos quais cita-se: os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e iniciativas associadas como Metas de Aichi e Alliance for Zero Extinction (AZE), e a Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas de Fauna e Flora Selvagens (CITES).

Condicionante tratando do tema deverá prever prazo associado à intervenção, por exemplo: antes da intervenção na cavidade e em sua respectiva área de influência. Sugere-se como redação da condicionante a associação direta com o dispositivo legal, tal como: “Apresentar aceite (no prelo) de artigo em revista ou periódico reconhecido pela comunidade acadêmica da descrição científica formal do táxon novo encontrado, ou laudo emitido por especialista, atestando que o táxon novo se repete, comprovando que os indivíduos de cada grupo pertençam a uma única forma taxonômica, e desde que não represente troglóbio raro, endêmico ou relicto, nos termos do Art. 18 da IN MMA nº 02/2018”.

#### 3.3.4. Compensação espeleológica de cavidades de médio grau de relevância

Para a incidência de impactos negativos irreversíveis cavidades com grau de relevância médio o empreendedor deve adotar medidas e financiar ações que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente. Tal compensação espeleológica é definida pelo parágrafo 4º do artigo 4º do Decreto Federal nº 99.556/1990 alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008 e pelo parágrafo 3º do artigo 5º do Decreto Federal nº 10.935/2022.

Não há previsão legal quanto ao tipo de ações e medidas que podem ser subsidiadas. Via de regra, esta compensação se destina a custear pesquisa e divulgação científica ou ações de educação ambiental, financiar programas de proteção, recuperação e restauração de cavernas, e promover regularização fundiária de unidades de conservação (UCs) de interesse espeleológico.

Indica-se que as compensações espeleológicas sejam sempre estabelecidas mediante celebração de Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE) onde serão definidos os pormenores do acordo como obrigações, formas de atendimento, entrega dos resultados, cronograma de ações, penalidades dentre outros.

Tal indicação reflete o artigo 12º da Instrução Normativa ICMBio nº 01/2017, que instrui o TCCE como instrumento de compactação extrajudicial para cumprimento de medida compensatória. A celebração de Termos de Compromisso é um ato comum à administração pública, encontrando previsão em legislações que tratam de temas específicos, à exemplo do artigo 79-A (alterado pela Medida Provisória nº 2.163-41/2001) da Lei nº 9.605/1998 que dispõe o Termo de Compromisso como instrumento de celebração entre os órgãos integrantes do SISNAMA e pessoas jurídicas ou físicas para “construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores”.

Nas situações onde ações e medidas já estiverem claramente definidas antes da emissão da licença, a condicionante associada deverá citar a destinação de forma objetiva, sendo o prazo para atendimento

da condicionante definido em consideração com o cronograma da ação financiada, que pode variar de curto a longo prazo. Nos casos de se envolver a regularização fundiária de UCs, sugere-se que a condicionante e prazo sejam definidos considerando como o resultado pretendido a apresentação da averbação da propriedade para o domínio público. Para ambos os casos a condicionante a ser estabelecida deve remeter ao TCCE e ao seu cumprimento na íntegra.

Por outro lado, para os casos nos quais as ações e medidas não estiverem devidamente delineadas antes da emissão da licença, sugere-se que a condicionante determine a celebração do TCCE com prazo definido como antes da intervenção na cavidade ou em sua área de influência.

### 3.3.5. *Compensação espeleológica de cavidades de alto grau de relevância via órgão ambiental licenciador*

Nos termos do artigo 4<sup>o</sup>, parágrafos 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup>, do Decreto Federal nº 99.556/1990 com redação dada pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, também disposto no artigo 5<sup>o</sup>, parágrafo 1<sup>o</sup>, incisos I, II e III, parágrafo 2<sup>o</sup> do Decreto Federal nº 10.935/2022, tem-se como forma de compensação por impactos negativos irreversíveis em cavidades com grau de relevância alto a preservação de cavidades testemunho. Cavidades testemunho para fins de compensação espeleológica devem apresentar alto grau de relevância, ser de mesma litologia e deter atributos ambientais similares àquela que sofrerá o impacto. Cumpre destacar que a IN MMA nº 02/2017 em seu artigo 20<sup>o</sup> determina explicitamente que tal compensação deverá ser condicionante do licenciamento.

É essencial destacar que a esta compensação não deverá alcançar somente a cavidade testemunho em si, mas também sua área de influência real definida pelo órgão ambiental competente com base em estudos específicos desenvolvidos às expensas do empreendedor, conforme Resolução Conama nº 347/2004, artigo 4<sup>o</sup>, parágrafo 2<sup>o</sup>. Este entendimento decorre do fato de ser dever do empreendedor “assegurar a preservação” da cavidade testemunho conforme determina os já citados decretos federais, e por ser a área de influência sobre o patrimônio espeleológico, por definição da Resolução Conama nº 347/2004, artigo 2<sup>o</sup>, inciso IV: “*área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola*”.

Pelos mesmos motivos já expostos no item anterior sobre compensação de cavidades de médio grau de relevância, indica-se que a compensação espeleológica de cavidades de alto grau de relevância sejam igualmente estabelecida mediante celebração de Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE). Desta posta, sugere-se como redação da condicionante “Assinar Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE) firmado junto ao órgão ambiental para assegurar a preservação da(s) cavidade(s) testemunho(s) e de sua(s) área(s) de influência real(is)” e como prazo “Antes da intervenção nas cavidades objeto de impactos e em suas respectivas áreas de influência”.

Adicionalmente recomenda-se que, para “assegurar a preservação” da cavidade testemunho, que seja solicitado a delimitação física (cercamento) da área de influência das cavernas testemunho e a instalação de placas indicando se tratar de área de preservação de cavidades.

### 3.3.6. *Compensação espeleológica de cavidades de alto grau de relevância via outras formas de compensação (ICMBio)*

Outras formas de compensação por impactos negativos irreversíveis em cavidades com grau de relevância alto, que não seja preservação de cavidades testemunho, é previsto pelas normativas devendo ser estabelecido junto ao ICMBio, nos termos do artigo 4<sup>o</sup>, parágrafo 3<sup>o</sup>, do Decreto Federal nº 99.556/1990, com redação dada pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, e também como determina o artigo 5<sup>o</sup>, parágrafo

1<sup>o</sup>, incisos III e IV, do Decreto Federal nº 10.935/2022. Faz-se destaque que o artigo 20<sup>o</sup> da IN MMA nº 02/2017 determina objetivamente que tal compensação deverá ser condicionante do licenciamento.

Procedimentos para definição de outras formas de compensação junto ao ICMBio é estabelecido pela IN ICMBio nº 01/2017, pontualmente alterada pela IN ICMBio nº 04/2017 e IN ICMBio nº 12/2018. Nos termos destas normativas o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) é o responsável por conduzir o processo de outras formas de compensação dentro do ICMBio (artigo 7<sup>o</sup> da IN ICMBio nº 01/2017), sendo o Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE) o instrumento de compactação extrajudicial a ser celebrado para atendimento à medida de compensação por outras formas (artigo 12<sup>o</sup> da IN ICMBio nº 01/2017).

Isto posto, a condicionante ambiental referente à outras formas de compensação espeleológica deverá remeter à instrução do processo junto ao órgão responsável por conduzi-lo. Isto posto, sugere-se como redação da referida condicionante “Instruir processo de compensação espeleológica junto ao ICMBio, nos termos da IN ICMBio nº 1/2017”, e que o prazo seja “Antes da intervenção nas cavidades objeto de impactos e em suas respectivas áreas de influência”.

De forma que o órgão ambiental licenciador possa ter conhecimento de como se sucedeu a compensação espeleológica direcionada para outras formas junto ao CECAV, a IN ICMBio nº 01/2017 determina em seu artigo 7<sup>o</sup>, inciso VII, que haja o envio de cópia do TCCE firmado ao órgão licenciador. A redação deste artigo 7<sup>o</sup> da IN não deixa claro a quem cabe esta obrigatoriedade, de onde pode-se interpretar que é possível solicitar que o empreendedor proceda com tal encaminhamento por meio do estabelecimento desta obrigação via condicionante ambiental. Para tanto sugere-se como redação “Protocolar cópia do TCCE firmado junto ao ICMBio, bem como de outros possíveis Adendos ao TCCE que possam vir a serem celebrados” e que o prazo seja um determinado número de dias a contar a partir da celebração do TCCE e Adendos.

### 3.3.7. *Resgate espeleológico*

Uma vez autorizada por licenciamento ambiental intervenções irreversíveis em cavidades sucede ações de resgate a serem adotadas pelo empreendedor, que estão previstas no Art. 18<sup>o</sup> da IN MMA nº 02/2018, no qual é definido que:

Art. 18. Qualquer impacto negativo irreversível deverá ser precedido de registro e armazenamento cartográfico e fotográfico, bem como de inventário e coleta de espeleotemas e elementos geológicos, paleontológicos e biológicos representativos do ecossistema cavernícola, compreendendo o resgate, transporte adequado e a destinação a coleções científicas institucionais.”

O referido resgate dos elementos físicos e bióticos deverá ser objeto de condicionante ambiental, cujo prazo para a realização deve ser definido como antes da intervenção nas cavidades. A forma como será evidenciado o resgate fica à critério do órgão licenciador, podendo por exemplo, ser solicitado: (i) publicação científica dos dados, (ii) apresentação listagem dos elementos resgatados e termo de recebimento dos materiais da instituição de depósito, (iii) entrega de relatório técnico-fotográfico acompanhado de anotação de responsabilidade técnica (ART) que ateste que a supressão de cavidades foi antecedida de resgate.

Importa aqui destacar que os resgates de materiais biológicos devem ser precedidos de autorização de manejo de fauna silvestre nos termos das normativas federais, dentre as quais se cita a IN IBAMA nº 146/2007 e IN IBAMA nº 8/2017, bem como de atos regulatórios estaduais e municipais pertinentes. Deve-se ainda observar o disposto em orientações emitidas pelo Conselho Federal de Biologia (CFBio) e Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV).

Quanto ao resgate de fósseis ou materiais arqueológicos, importa ainda tratar do disposto na Resolução CONAMA nº 347/2004, artigo 12<sup>o</sup>:

“na ocorrência de sítios arqueológicos e paleontológicos junto à cavidade natural subterrânea, o órgão ambiental licenciador comunicará aos órgãos competentes responsáveis pela gestão e proteção destes componentes”.

Assim, a supressão de cavidades com ocorrência de fósseis ou materiais arqueológicos, e que não forem classificadas como de máximo grau de relevância, deve ocorrer somente após realizadas medidas de resgate destes.

Conforme disposto no Art. 2º da Lei Federal nº 13.575/2017, compete exclusivamente à Agência Nacional de Mineração (ANM), integrante da Administração Pública federal indireta, normatizar, orientar e fiscalizar a extração e coleta de espécimes fósseis e adotar medidas para promoção de sua preservação.

A extração e coleta de espécimes fósseis é regida pela Portaria ANM nº 155/2016, em seu Título IV, devendo haver autorização prévia (Art. 298º), a ser requerida pelo profissional responsável pela execução de programa de salvamento paleontológico no âmbito do licenciamento ambiental (inciso VI do Art. 301º). O requerimento deve ser instruído na fase de obtenção da Licença de Instalação (LI) (inciso III do Art. 302º) instruído com os seguintes documentos:

- “a) programa de salvamento paleontológico, acompanhado do endosso financeiro por parte do empreendedor;
- b) cópia da declaração de interesse da(s) instituição(ões) depositária(s) em receber o material fóssil coletado (endosso institucional); e
- c) currículo Lattes - CNPq do responsável pela elaboração e execução do programa de salvamento paleontológico, comprovando sua formação acadêmica e/ou experiência profissional na área da Paleontologia”.

Desta forma, para os casos de cavidades objeto de impactos negativos irreversíveis que apresentem ocorrência de fósseis, cabe condicionar a apresentação do protocolo do requerimento instruindo o programa de salvamento paleontológico com prazo de atendimento antes da obtenção da Licença de Instalação (LI).

Já a gestão do patrimônio arqueológico em âmbito nacional compete exclusivamente ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), nos termos do Decreto-lei Federal nº 25/1937 e Lei Federal nº 3924/1961.

No âmbito do licenciamento ambiental, a arqueologia é regida pelo escopo da Instrução Normativa nº 01/2015, que, dentre outros, trata do Salvamento Arqueológico. Em havendo materiais arqueológicos a serem resgatados importa que seja definido em condicionante que a apresentação de manifestação conclusiva do IPHAN com prazo definido

## 4. Conclusão

Pretendeu-se neste trabalho compartilhar a sistematização de condicionantes ambientais de espeleologia que deveriam estar presentes em atos autorizativos de empreendimentos ou atividades que detenham cavidades em suas áreas diretamente afetada ou de influência.

Por meio desta publicação espera-se contribuir para o estabelecimento da segurança técnica e jurídica necessária tanto para o empreendedor quanto para o servidor do órgão ambiental licenciador.

de antes da intervenção na cavidade ou em sua área de influência.

Já para o resgate de espeleotemas e elementos geológicos, entende-se ser o próprio deferimento do processo de supressão da caverna a autorização necessária à sua execução, sendo que o material resgatado deve ser destinado à instituições científicas. Importa aqui destacar que no caso da cavidade objeto de supressão deter depósitos de interesse científico, considera-se fundamental que o material assim classificado seja objeto de estudo acadêmico com posterior divulgação dos dados obtidos.

### 3.3.8. Compensação ambiental prevista no SNUC

O parágrafo 4º do artigo 5º-B do Decreto Federal nº 99.556/1990, com redação dada pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, tal qual o parágrafo 3º do artigo 3º do Decreto Federal nº 10.935/2022 remetem à compensação ambiental prevista no artigo 36º da Lei Federal 9.985, de 18 de julho de 2000, que trata do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Tais dispositivos deliberam que, em havendo impactos negativos irreversíveis em cavidades, a compensação ambiental seja prioritariamente destinada à criação e implementação de Unidade de Conservação (UC) em área de interesse espeleológico, dando preferência para região onde se localiza o empreendimento ou a atividade.

A Lei Federal nº 9.985/2000, em seu artigo 36º, define que licenciamento de empreendimentos com significativo impacto ambiental, instruídos por estudo de impacto ambiental (EIA/RIMA), o empreendedor será obrigado a “apoiar a implantação e manutenção de unidade de conservação do Grupo de Proteção Integral”. Este artigo foi regulamentado pelo Decreto Federal nº 4.340/2002.

Importa aqui destacar que a compensação ambiental aqui tratada independe da relevância das cavernas ou de quantas cavernas há previsão de impactos negativos irreversíveis. Nestes termos, entende-se que este dispositivo possa ser empregado ainda que o empreendimento somente venha a suprimir cavernas de baixo grau de relevância.

Em vista da possibilidade de destinação da compensação ambiental do SNUC para criação e implementação de UC com interesse espeleológico, sugere-se como condicionante, que seja solicitada a apresentação do protocolo do pedido de atendimento à compensação espeleológica prevista no artigo 36º da Lei Federal nº 9.985/2000, prioritariamente considerando o disposto no artigo 5º-B, parágrafo 4º do Decreto Federal nº 99.556/1990, ou artigo 3º, parágrafo 3º do Decreto Federal nº 10.935/2022. Adicionalmente sugere-se prever como condicionante a apresentação do Termo de Compromisso de Compensação Ambiental assinado junto ao órgão responsável pela gestão da unidade de conservação.

Contudo, ainda que pareça óbvio, julga-se aqui indispensável destacar e reforçar que a proposta exposta neste trabalho não pretende esgotar ou restringir as possibilidades de condicionantes espeleológicas a serem impostas nas licenças. De maneira oposta a isto, admite-se a importância de se determinar condicionantes próprias à cada processo, a depender do contexto e das características intrínsecas à atividade ou empreendimento e ao patrimônio espeleológico local.

# Karst terrains in carbonate rocks in the state of Bahia - Brazil: a regional approach

Ricardo Pereira (1), Raphael Parra (2), Carlos Purificação (2), Leo Ferreira (2), Tarsila Carvalho (2) & Fabiano Pereira (2)

(1) Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA), Geosciences Institute, Federal University of Bahia, Salvador, Brazil, fraga.pereira@ufba.br (corresponding author)

(2) Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA), Geosciences Institute, Federal University of Bahia, Salvador, Bahia, Brazil,

## Abstract

In order to group the karstic terrains in State of Bahia with a regional focus, in light of the Decree 6.640/2008 and normative instructions MMA n° 2/2017, this project utilizes the conceptual model Province District System of KARMANN & SANCHEZ (1979). In the State of Bahia, the karst provinces are mainly located in stratigraphic groups of Neoproterozoic ages, in addition to minor occurrences of Mesoproterozoic and Cenozoic. For the regional focus it was utilized the taxa Espeleological District, arriving in 26 districts clusters formed by the analyses of diverse physiographic parameters such as geomorphology, watershed, stratigraphy, structural geology, tectonics, karst typology and distribution.

## 1. Introduction

Karst terrains in carbonate rocks consist of environmentally sensitive areas protected by Brazilian law, through a set of legal instruments, due to their peculiarities, importance and vulnerabilities. On the other hand, carbonate rocks have diverse economic importance, once used as soil correctives, ornamental rocks, raw material in cement manufacturing and, sometimes, as gravel or aggregates in civil construction. Therefore, conflict scenarios are commonly installed, encompassing cases of environmental and/or geotechnical risk, due to the widespread ignorance in relation to the particularities of the karst.

Thus, resolving these conflicts begins with identifying and mapping areas where relevant cave occurs. The maps of Figure 1 highlights, for the state of Bahia - the largest in area in northeast region of Brazil - the contrast between economic use, represented by ore exploration (A) and environmental protected areas (B) with main carbonate terrains and cave occurrences.

This paper aims to present the methodology and the current progress of a project focused on the regionalization and compartmentalization of karstic areas in carbonate rocks in the state of Bahia, based on approaches established in environmental laws and the scientific literature.

### Conceptual Framework

In Brazil, some researches have focused the topic of regionalization of areas with cave occurrence almost half a century ago. KARMANN & SANCHEZ (1979) were the first to discuss about and introduce the concepts of speleological provinces and districts. For these authors, a speleological province corresponds to a region within a carbonate geological unit susceptible to karstification, while the districts are sec-

tors of greater local or regional incidence of caves within the province, attesting the discontinuity and anisotropy of karstic processes along the same carbonate unit.

Later, other studies improved these concepts of province and districts (KARMANN & SANCHEZ, 1986), also adding the system as an analysis unit (SANCHEZ, 1992) and, so, defining and summarizing the main areas of cave occurrence in the country (SALLUN FILHO & KARMANN, 2012; RUBBIOLI et al., 2019).

In turn, the environmental laws, such as the Federal Decree 6.640/2008 and the Normative Instruction 02/2017, important milestones in Brazilian speleological legislation, introduce the concepts of regional and local focus to the analysis of karst terrains. The regional focus is delimited by the speleological unit, which is understood as the area with physiographic homogeneity, associated with the presence of soluble rocks and including various forms of karstic relief, such as dolines, sinkholes, ressurgences, blind valleys, lapies, and caves. The local focus is defined by the continuous geomorphological unit, such as mountain ranges, hills, or karst systems, whichever is more restrictive in terms of area, contemplating the influence area of the cave.

From these conceptual definitions, it can be established a correlation between the concept of speleological district, defined by KARMANN & SANCHEZ (1979; 1986) and the regional approach defined by the NI 02/2017, once both represent areas with particular physiographic features, controlled by geological, geomorphological and hidrological features guiding the speleogenesis. Thus, they will be used as synonyms in this paper.

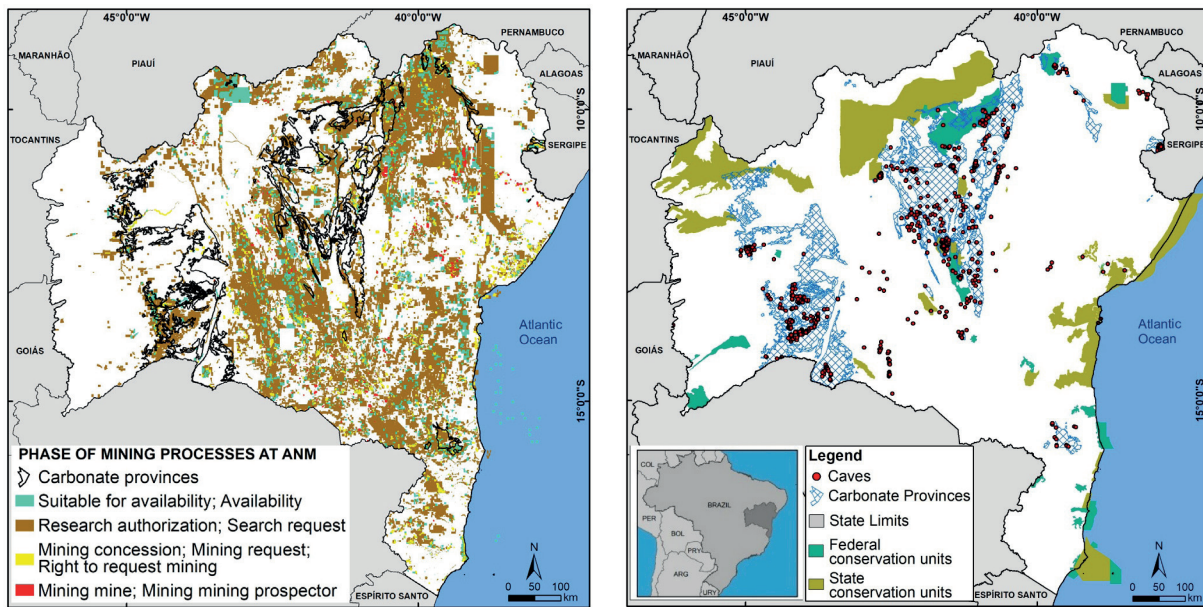


Figure 1 : A) Correlation between the mineral exploration project areas in the State of Bahia and the location of the speleological provinces in the state’s carbonate terrains. B) Bahia’s protected areas and the location of caves and speleological provinces in the carbonate terrains of the state.

## 2. Materials and methods

Between January, 2021 and December, 2022 a systematic literature review and fieldwork were conducted by the team of researches of the project “Characterization and regionalization of karst terrain in carbonate rocks in the state of Bahia”, aiming to establish the coverage areas and subdivisions of karst provinces in carbonate rocks in this state, aiming to provide criteria for definition of the regional approaches for the karst terrains, in carbonate rocks, as established in the Federal Decree 6.640/2008.

The field campaigns were carried out after an inventory of the knowledge and information available on these terrains, generating detailed maps of these provinces. And using the geomorphology, watersheds, stratigraphy, structural geology, tectonics and karst typology, a method for this regionalization was elaborated. These information were the basic criteria for the subdivision of known karstic provinces in regions.

## 3. Results

The subdivision of each province has different weights for the physiographic variables and other adopted criteria, depending on the relevance on speleogenesis control and relief evolution. The geomorphological expression was the most remarkable aspect and considered. However, it was also necessary to consider watershed, stratigraphic, structural, tec-

tonic aspects, cave typology, and other intrinsic characteristics observed in the karst districts found in the field. The regions established for each province is presented in Figure 2. The characteristics of each province and the names for each proposed regions are presented at Figure 3.

It was assumed the proposal of KARMANN & SANCHEZ (1979) for the speleological districts, as ‘sectors of greater local or regional incidence of caves within a province, attesting the discontinuity and anisotropy of karstic processes along the same carbonate unit’, and this concept was considered as the basis for the establishment of each region.

On geospatial databases were also plotted data collected during field surveys which characterizes the karst systems in each proposed region. These procedures, in addition to the inventory and analysis of relevant literature were the basis for the subdivisions that will be presented herein.

At the end of the research, at least 10,500 km were travelled by researchers and 26 regions were defined for the 6 speleological provinces, in carbonate rocks, which occur in Bahia.

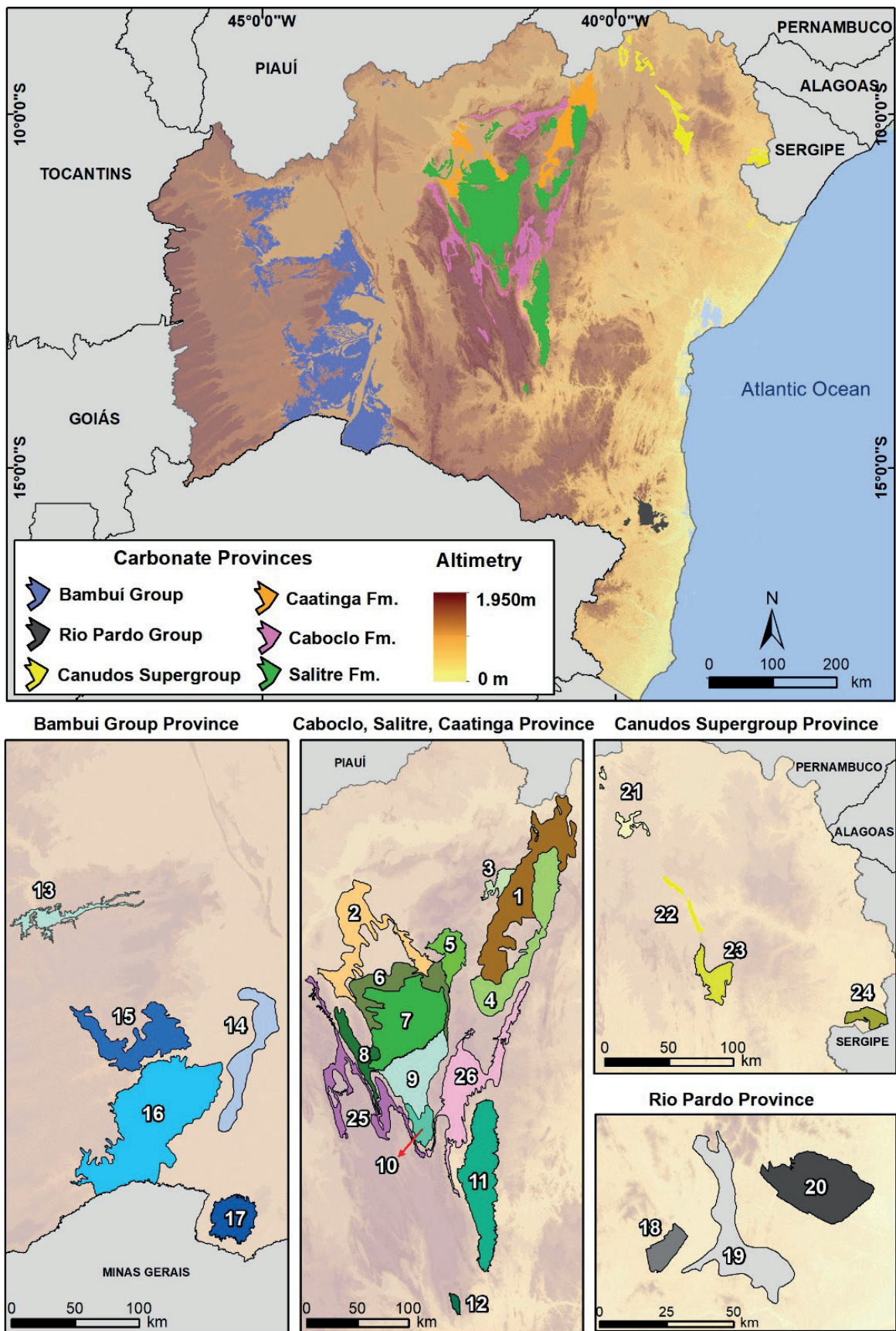


Figure 2 : Maps of carbonatic espeleological provinces and proposed karstic regions, for the carbonate terrains in the State of Bahia. The name of each region is presented at chart 1.

Eon	Provinces	Regions	Characteristics
Cenozoic	Caatinga Formation	1. Northwest Morro do Chapéu, North/Northeast São Gabriel, North Jussara, Southwest Sento Sé & Itaguaçu da Bahia 2. South Juazeiro, Center Campo Formoso, West Mirangaba, West Jacobina, East Umburanas & East Ourolândia	Carbonate Breccia and calcretes, associated with flat relief areas.
	Salitre Formation	Campinas Sub-basin: 3. West Campo Formoso 4. South Juazeiro, East Campo Formoso, Center Mirangaba, Center West Jacobina, Center West Várzea Nova, Northeast Morro do Chapéu & South Ourolândia Irecê Basin 5. Southwest Umburanas, West Ourolândia & North Morro do Chapéu 6. North/Northwest Morro do Chapéu, East América Dourada, East João Dourado, Northeast São Gabriel, Center Jussara, Southeast Itaguaçu da Bahia & Center-North Central 7. West América Dourada, Southwest João Dourado, South/Southwest São Gabriel, South Jussara, Southeast Central, East Uibaí, Presidente Dutra, Ibititá, South Ibipeba, East Barra do Mendes, Irecê e Lapão 8. Center-East Barra do Mendes & Ibipeba 9. Barro Alto, Canarana, Cafarnaum, West Morro do Chapéu, West Mulungu do Morro, North Souto Soares & North Iraquara 10. South Souto Soares, East Seabra, North Palmeiras & South Iraquara Una-Utinga Basin 11. Utinga, Ruy Barbosa, Wagner, Lajedinho, Ibiquera, Boa Vista do Tupim, Andaraí, Nova Redenção, Itaetê e Iramaia Ituaçu Sub-basin 12. Ituaçu	Diverse scenarios, mostly with dark gray and fine limestones or dolomites, associated with flat relief areas, but also sometimes with hilly areas. The structure also can vary from horizontal layers - more common in Una-Utinga Basin and parts of the Irecê Basin or also in the Campinas sub-basin, to folded and fractured carbonate rocks, which can be found in the Ituaçu Sub-basin and other parts of the Irecê Basin.
Neoproterozoic	Bambuí Group	13. São Desidério 14. Bom Jesus da Lapa & Northeast Serra do Ramalho 15. Santana, Santa Maria da Vitória & Canápolis 16. Cocos, Feira da Mata, Carinhanha, Coribe, São Félix do Coribe & Southwest Serra do Ramalho 17. Iuiú	Mostly dark gray and fine limestones or dolomites, with intercalations of clay layers, associated with flat relief areas, sometimes in the top of plateaus, which outcrops along the São Francisco River valley and are grouped into two formations, as follows: Lagoa do Jacaré & Sete Lagoas. The structure is mostly of horizontal layers, cutted by spaced vertical fractures.
	Rio Pardo Group	18. West Potiraguá 19. Pau-Brasil, East Potiraguá, Itapebi & South Mascote 20. Santa Luzia, Camacã & North Mascote	Hilly reliefs with various types of carbonate rocks, which are separated into two formations: Serra do Paraíso – folded and highly metamorphosed and Salobro – fractured and not metamorphosed.
	Canudos Supergroup	21. Curacá 22. Uauá & North Canudos 23. Euclides da Cunha & South Canudos 24. Paripiranga	Light gray or whitish and medium to coarse marbles, which are grouped into two formations: Olhos d'Água and Acauã. These rocks are associated with different types of relief areas, which can vary from plainlands to sierras, and are highly folded and/or with faults and thrust belts.
	Caboclo Formation	25. Xique - Xique, Gentio do Ouro, Ibipeba, Center Barra do Mendes, Ipupiara, Brotas de Macaúbas, North Seabra, West Souto Soares & Northwest Palmeiras 26. Jacobina, Miguel Calmon, Southeast Morro do Chapéu, West Tapiramutá, Bonito, Wagner, West Utinga, East Mulungu do Morro & Lençóis	Highly silicified carbonate rocks, but mostly with preserved sedimentary structures, sometimes associated with siliciclastic layers, always related with hilly reliefs

Figure 3 : Table of carbonatic espeleological provinces and proposed karstic regions, with their defining characteristics.

## 4. Discussion

The stratigraphy, structural and faciological variations, associated with changes caused by the paleoclimatic and tectonic past, condition both the typology of caves and karst and the topographic compartmentalization, resulting in marked differences in types, concentration and distribution of karst features. For each province, their main characteristics differentiate the weights of aspects considered for each subdivision that was shown in the results presented in the previous section.

The definition of these regions represents an instrument for karst management in the state of Bahia. During this research it was also calculated that karst systems, in carbonate terrains, represents almost 15% of Bahia's territory. These terrains are mostly present in a semi-arid region, and only the Rio Pardo Group Province, which is situated at the rainforest biome, is outside this climatic condition.

It must be highlighted that the speleological heritage of Bahia occupies a prominent place in Brazil, as it is the state with the longest cave in South America and also has regions with one of the highest concentrations of caves in the country. In the other hand it lacks an efficient management of its karst systems, increasing the vulnerability of this heritage and missing out on opportunities in speleotourism (Figure 4) in underserved regions as discussed in Carvalho et al. (2023).

To fill this gap, an atlas was created with a detailed description of each of the regions proposed here. This Atlas is now in the final stages of editing and will contribute to increasing knowledge about Bahia's speleological heritage, representing an important instrument for the management of the state's karst terrains.

In order to promote scientific outreach and the popularization of knowledge related to the karst lands of Bahia, an e-book was also produced (JESUS ET AL, 2023), informative in nature and focusing on the population living in these areas, which is available at the link: <https://editora.iabs.org.br/site/index.php/portfolio-items/cavernas-carste-rochas-carbonaticas-na-bahia/>.

It is understood that the regionalization proposal presented here for karst terrains, in carbonate rocks, in the State of Bahia should serve as an important support for the licensing of activities in these locations, although through the use of detailed scale work it is still possible to

improve some of the limits established here. In any case, it is understood that the methods used here can be implemented in other states, promoting advances in the management of the speleological heritage and Brazilian karst areas.



*Figure 4: Lapias with maze caves, in the southernmost part of the Ramalho's Sierra, nearby the municipality of Cocos, in the Bambuí's Group Province. Despite its outstanding features, this site is mostly unknown in the country. In the other hand, the caves in the municipality of Bom Jesus da Lapa, also located in the Bambuí's Group Province, house one of the largest religious pilgrimages in Brazil.*

## 5. Conclusion

The results provided information on a more detailed scale about the karst terrains, in carbonate rocks, in the state of Bahia. These results will contribute to further studies in a wide variety of areas, including the vulnerability and/or potentialities of karst in carbonate rocks in Bahia, as well as serving as a framework for licensing, environmental management and conservation of speleological heritage in the state. The fieldwork also allowed the construction of an educational collection of carbonate rocks and karst in the state, which is being improved to be used as outreach of the knowledge about karst systems in Brazil.

In order to support the application of the regional approach, proposed at the Decree 6.640, published in 2008 by the Brazilian government, geological parameters such as watersheds, stratigraphic, geomorphological and geological structure data, beside field work, were used to define 26

karstic regions in carbonate terrains, in the State of Bahia. To reach this objective, it was herein assumed that the definition of speleological district, proposed by KARMANN & SANCHEZ (1979), could be used as a synonym of the regional approach.

The compilation and analysis of existing information, for each of the Bahia's speleological provinces, and the summary description of these lands and their respective geological-geographical contexts, already represent a unique product in Brazil, prepared on a state scale, having diverse applications, whether in the prevention of conflicts or risk scenarios, or in territorial planning and management. The method can also be a model to be adopted in other states, improving the karst management in the country.

## Acknowledgments

The project was carried out through a partnership between NEHMA / IGeo - UFBA and CECAV, and is being funded through TCCE ICMBio/Vale No. 02/2020, a Term of Commitment for Speleological Compensation

signed between Vale S.A. and the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio), with operational management carried out by the Brazilian Institute for Development and Sustainability (IABS).

## References

Carvalho, T.; Pereira, R.G.F. de A.; Purificação, C. G. C. da; Ferreira, L. L.; PARRA, R. (2023) Cavernas em Rochas Carbonáticas no Estado da Bahia: Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças. REVISTA BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA, v. 1, p. 19, Available at: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/index.php/rebe/article/view/2417/1474>

Jesus, T. C. de; Pereira, R.G.F. de A.; Purificação, C. G. C. da; Ferreira, L. L. . (2023) Cavernas e Carste em Rochas Carbonáticas na Bahia. 1. ed. Brasília: Editora IABS, v. 1. 110p. Availabe at: <https://editora.iabs.org.br/site/index.php/portfolio-items/cavernas-carste-rochas-carbonaticas-na-bahia/>

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L.E. (1979) Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. Espeleo-Tema, n. 13, ano IX. SBE.

RUBBIOLI, E.; AULER, A.S.; MENIN, D.; BRANDI, R. (2019) Cavernas-Atlas do Brasil Subterrâneo. ICMBio. Brasília.

SALLUN, W.F.; KARMANN, I. (2012) Províncias cársticas no Brasil. In: Hasuí, Y. et al. Geologia do Brasil. Editora Beca.

SANCHEZ, L.E. (1992) O Sistema, Unidade Lógica de Referência dos Estudos Espeleológicos. Revista Espeleo-Tema. v.16, p.3-14.

# Aparato legal ambiental no Brasil: em que medida as paisagens cársticas estão protegidas?

Manuela Corrêa Pereira (1)

(1) Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia de Minas Gerais, campus Sabará, Sabará, Brasil, manuelacp1@gmail.com

## Resumo

As paisagens cársticas, em razão de suas particularidades naturais, revelam maior grau de fragilidade frente às atividades antrópicas caso sejam elas comparadas a paisagens outras cujo substrato geológico é composto por rochas não carbonáticas. É partindo dessa constatação que este artigo analisa os instrumentos para as gestões territorial e ambiental que, direta ou indiretamente, contemplem ações voltadas para as peculiaridades das paisagens cársticas. Emprega-se, para isso, recursos da análise documental, em permanente diálogo com a literatura especializada, na investigação dos impactos ambientais em paisagens cársticas e dos principais instrumentos das políticas Urbana, Nacionais de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos. Dentre esses instrumentos, os planos diretores da Política Urbana se revelaram como aqueles que mais abarcam medidas protetivas que convergem com as peculiaridades do carste. Complementarmente, observou-se que não há, no atual cenário normativo ambiental do país, regulamentações específicas que contemplem as paisagens cársticas em sua perspectiva integral, totalizante, que regulamente os mais variados usos das áreas cársticas em atendimento aos interesses sociais e econômicos, seja frente àquelas atividades desenvolvidas na superfície (exocarste), como também em subsuperfície (endocarste). Não obstante, apesar de se contar hoje no Brasil com legislação pertinente às cavidades naturais, a qual normatiza o uso de elementos inerentes ao endocarste, a mesma não proíbe a instalação de atividades antrópicas altamente impactantes aos ambientes cársticos que, por vezes, resultam em danos irreversíveis

## Abstract

The karst landscapes, because of its natural characteristics, are more vulnerable to anthropogenic activities when compared to other landscapes whose geological substrate is composed of non carbonate rocks. In this context, this article analyzes the instruments for territorial and environmental management, that directly or indirectly, contemplate actions to protect the peculiarities of the karst landscapes. It was used documental analysis techniques, in constant dialogue with the literature, that deals with environmental impacts in karst landscapes and with the main instruments of Urban Policy, National Environment Policy and National Water Resources Policy. Among these instruments, comprehensive city plans of Urban Policy were revealed as those that have more protective aspects that converge with the karst peculiarities. In addition, it was observed that specific regulations, that understand the karst landscapes in its full perspective, don't exist in the current Brazil's environmental regulatory. There aren't regulations that contemplate the karst as a system and regulate the various uses of karst areas in response to social and economic interests. Nevertheless, in spite of the existence of natural cavities' legislation, which regulates those uses that impacts the endokarst, it does not prohibit the installation of high impact human activities that sometimes result in irreversible damages to the karst landscapes.

## 1. Introdução

No Brasil, as primeiras legislações que embasavam a tímida política ambiental então vigente consistiam nos códigos de água (1934), florestal (1965) e de caça e pesca (1967). Entretanto, a partir da década de 1970, influenciado por tendência mundial que se preocupava com as limitações dos recursos naturais, o Brasil cria o primeiro órgão especialista na gestão de questões ambientais, a Secretaria Especial de Meio Ambiente: o SEMA; órgão especializado no trato de assuntos ambientais sob coordenação do Ministério do Interior (SOUSA, 2005). Somente na década de 1980 passa haver maior valorização das questões ambientais e, conseqüentemente, considerável emergência de órgãos governamentais e não governamentais de cunho ambiental que objetivam conceber, gerir, executar e fiscalizar políticas que visem o desenvolvimento sustentável. Nessa mesma década o carste também passa

a ser visto, embora de maneira tímida, como um ambiente vulnerável à intensificação das atividades humanas. Logo, por ser uma paisagem naturalmente mais frágil, é esperado que políticas públicas de caráter territorial e ambiental criassem instrumentos que norteariam a gestão das atividades antrópicas presentes em tal paisagem. Apesar da crescente emergência de instrumentos de planejamento territorial e ambiental no Brasil, observa-se que há uma desarticulação desses instrumentos que de forma direta ou indireta lida com as peculiaridades do carste.

É nesse contexto que se insere este trabalho, cujo principal objetivo é efetivar reflexões acerca dos instrumentos para as gestões territorial e ambiental que, de forma direta ou indireta, contemplem ações voltadas para as peculiaridades das áreas cársticas nos âmbitos nacional, regional, de bacias hidrográficas e municipal.

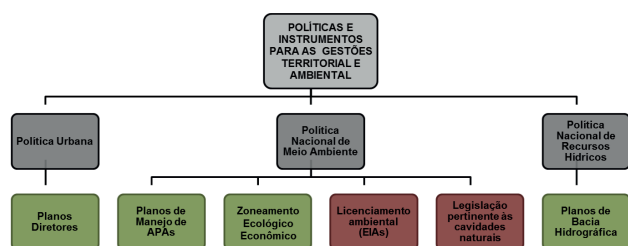
## 2. Materiais e Métodos

Para este trabalho, considera-se como instrumentos de gestão territorial, aqueles que implicam no ordenamento do uso e ocupação

do solo, ou seja, que abrangem uma escala municipal a regional (Figura 1). Já o critério de seleção dos instrumentos de gestão ambiental foi ba-

seado em instrumentos que estabeleçam regulamentações numa escala pontual ou local para empreendimentos ou atividades com potencial poluidor ou até para a proteção de cavidades naturais subterrâneas (Figura 1). As técnicas de pesquisa utilizadas consistiram, basicamente, na pesquisa bibliográfica e documental. A partir da primeira, buscou-se estabelecer diálogo com os autores que realizam abordagem crítica sobre os instrumentos de gestão e impactos no carste. Já através da segunda, a pesquisa documental, principal meio utilizado neste trabalho, buscou-se analisar documentos públicos (leis, decretos, instruções normativas, resoluções, portarias, dentre outros), todos acessíveis em sites governamentais na web, a exemplo do Planalto do Governo, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Os instrumentos para gestão territorial analisados, os quais implicam ou influenciam no ordenamento do uso e ocupação do solo, foram: planos diretores (PDs) municipais, planos de manejo (PMs) de unidades de conservação (UCs), zoneamento ecológico econômico (ZEE), e planos de bacia hidrográfica (PBHs) (Figura 1).



**Figura 1:** Relação dos instrumentos para a gestão territorial (em verde) e para a gestão ambiental (em vermelho) com sua respectivas políticas públicas de origem (em cinza). Fonte : elaborado pela autora.

## 3. Resultados

### 3.1. Os Planos Diretores da Política Urbana

No início do século XXI, com a aprovação do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), a Política Urbana passa a ter maior consistência, devido à criação de regulamentação melhor fundamentada do ponto de vista jurídico. Além disso, o Estatuto da Cidade passa a incorporar instrumentos que visam garantir maior participação social e, pela primeira vez, incorpora a questão ambiental como aspecto fundamental para promoção do bem-estar da população e,

consequentemente, para o planejamento de cidades mais sustentáveis.

Dentro deste contexto, o Artigo 2º e o artigo 42º-A do Estatuto da Cidade se destacam por contemplarem aspectos que convergem com a proteção de paisagens cársticas no âmbito da gestão territorial: (i) saneamento ambiental; (ii) ordenação do uso do solo com o intuito de evitar a poluição e degradação ambiental e exposição da população a riscos e desastres; (iii) mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; e (iv) identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais.

### 3.2. Os planos de manejo de áreas de proteção ambiental e o zoneamento ecológico econômico da Política Nacional de Meio Ambiente

Áreas protegidas de uso direto, como as APAs, foram concebidas com o intuito de compatibilizar o uso humano com a conservação da

Já os instrumentos para a gestão ambiental analisados, os quais se restringem a uma escala local/pontual (exemplo: um empreendimento ou uma cavidade) foram: instrumentos inerentes ao licenciamento ambiental, que lidam com estudos e avaliações de impacto ambiental de atividades e empreendimentos, bem com a legislação relativa às cavidades naturais subterrâneas. Embora este último esteja associado aos instrumentos inerentes ao licenciamento ambiental, optou-se por destacá-lo, tendo em vista que a proteção do patrimônio espeleológico se aproxima do manejo em paisagens cársticas.

Cabe ressaltar que a análise documental foi norteada por termos da literatura que trata sobre efeitos e impactos em áreas cársticas, conforme elucidado na Figura 2:

Pressão Antrópica	Efeitos	Impactos	Autores
Desmatamento	Intensificação dos processos erosivos, perda da biota	Inundações, favorecimento da contaminação do solo e dos aquíferos	Ford & Williams (2007), Nicod et al (1996), Harding & Ford (1993)
Agropecuária	Intensificação dos processos erosivos, utilização de agrotóxicos	Degradação do solo, favorecimento da contaminação do solo e dos aquíferos	Coxon (2011), Ford & Williams (2007)
Urbanização e indústria	Descarga de resíduos na água, captação excessiva de águas subterrâneas	Deteriorização da qualidade da água, colapsos em superfície	Ford & Williams (2007), Tolmachev & Leonenko (2011)
Mineração	Mudanças nos padrões de drenagem dos condutos subterrâneos	Destruição do relevo, inundações e secas	Ford & Williams (2007), Nicod et al (1996), Ekmeçji (1990)
Exploração de água subterrânea	Rebaixamento do nível freático	Colapso em superfície e secas	Ford & Williams (2007), Tolmachev & Leonenko (2011), Nicod et al (1996)

**Figura 2:** Quadro com os principais termos utilizados para nortear a busca no aparato legal inerente aos Planos Diretores, Planos de Manejo, Zoneamento Ecológico Econômico, Planos de Bacia, Licenciamento Ambiental e Legislação pertinente às cavidades naturais.

natureza. Portanto, a gestão territorial, que envolve usos humanos e aspectos naturais é mais complexa e conflituosa quando comparada à gestão de áreas de proteção integral.

Após a Lei nº 6.902/1981a, surge a Resolução CONAMA nº10/1988 que dispõe sobre a regulamentação de APAs. Segundo Alt (2008), tal Resolução foi a mais significativa ao tratar de forma mais ampla e profunda as diretrizes que fundamentam a gestão de APAs. Entretanto, tal Resolução foi revogada pela Resolução CONAMA nº 428/2010, com isso a regulamentação de APAs passou a ser incipiente, baseando-se, essencialmente, nas Leis 6.902/1981a e 9.985/2000.

Conforme o Artigo 3º do Decreto supracitado, o ZEE tem como principal objetivo “organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas” (BRASIL, 2002).

Diferentemente das APAs, os ZEEs não buscam zonedar um território que possui aspectos ambientais especiais, mas qualquer território com o intuito de subsidiar as decisões de atores públicos e privados quanto às possibilidades e restrições ecológicas e socioeconômicas daquele ambiente.

Dentre os conteúdos previstos no Artigo 12º do Decreto nº 4.297/2002 para a elaboração do ZEE, destaca-se o “diagnóstico dos recursos naturais, da socioeconomia e do marco jurídico institucional”. Este diagnóstico deverá prever no território em questão a “Fragilidade Natural Potencial”, baseando-se em indicadores de perda da biodiversidade, vulnerabilidade natural a perda do solo, quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (BRASIL, 2002).

### 3.3. Os Planos de Bacia Hidrográfica da Política Nacional de Recursos Hídricos

A Lei Federal nº 9.433/1997 se configurou como um divisor de águas na Política Nacional de Recursos Hídricos e seus instrumentos de gestão estão intrinsecamente associados à gestão de paisagens cársticas, à medida que as águas subterrâneas que integram seus aquíferos são enquadradas ao contexto de recurso hídrico. Dentre estes instrumentos destacam-se os planos de recursos hídricos que, segundo os Artigos 6º e 7º consistem em: “planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos” e “planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação dos seus programas e projetos”.

A Resolução CNRH 145/2012 no seu artigo 11, além de salientar que os planos de recursos hídricos e de bacias hidrográficas devem contemplar os recursos hídricos subterrâneos e superficiais, também estabelece diretrizes para o diagnóstico destes planos. A Resolução CONAMA nº 396/2008 também considera a complexidade dos aquíferos ao estabelecer diretrizes ambientais para prevenção e controle da poluição e para o enquadramento das águas subterrâneas. No que tange a prevenção e o controle da poluição destas águas, destacam-se as orientações direcionadas aos órgãos ambientais e aos órgãos gestores de recursos hídricos nos Artigos 20º, 21º e 22º. O Artigo 20º determina que estes órgãos devam implementar Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de Poços de Abastecimento, com o intuito de proteger a qualidade das águas. Já o Artigo 21º estabelece que estes órgãos devam promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do uso da água subterrânea em função da qualidade e quantidade da água subterrânea. Por fim, o Artigo 22º salienta que as restrições e exigência das classes de enquadramento das águas subterrâneas devem ser observadas no licenciamento ambiental, no ZEE e demais instrumentos de gestão territorial e ambiental (CONAMA, 2008).

### 3.4. O Licenciamento Ambiental e os Estudos de Impacto Ambiental

O Licenciamento ambiental, que também é fruto da Política Nacional de Meio Ambiente, foi instituído pela Lei nº 6.938 de 1981 e consiste num procedimento administrativo que objetiva licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais que sejam potencialmente poluidores ou capazes de causar degradação ambiental (BRASIL, 2011). Os principais instrumentos normativos que lidam com o licenciamento ambiental consistem, basicamente, na Lei nº 6938/1981b e na Resolução CONAMA nº 001/1986.

O Artigo 6º da Resolução CONAMA nº 001/1986 estabelece as atividades que deverão ser desenvolvidas pelos EIAs: (i) diagnóstico ambiental da área de influência do projeto; (ii) análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas, (iii) definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos; e (iv) elaboração do programa de monitoramento dos impactos positivos e negativos.

O diagnóstico ambiental deverá contemplar os meios físico e biológico, os ecossistemas naturais e o meio socioeconômico. O meio físico destaca-se pela caracterização de aspectos inerentes ao subsolo, ao clima, às águas, à topografia, aos corpos d'água e ao regime hidrológico. Já o meio biológico destaca-se pela caracterização de áreas de preservação permanente. Por fim, o meio socioeconômico destaca-se pela caracterização do uso e ocupação do solo, dos usos da água e da relação de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura dos recursos (CONAMA, 1986). Os aspectos supracitados foram selecionados do Artigo 6º da Resolução CONAMA 001/1986, considerando os que podem ser relacionados ao manejo de paisagens cársticas. Desse modo, aspectos inerentes ao subsolo, ao relevo, às águas

e às áreas de preservação permanente consistem em aspectos naturais que estão indiretamente relacionados às águas subterrâneas, inclusive as localizadas em paisagens cársticas. Já os aspectos socioeconômicos caracterizam as pressões humanas no meio ambiente, bem como sua dependência dos recursos naturais, como a água.

### 3.5. Legislação pertinente às cavidades naturais

Os instrumentos normativos inerentes às cavidades naturais merecem destaque, tendo em vista que estas feições podem ser áreas de recarga do sistema cárstico (a exemplo de cavernas cársticas). Os principais instrumentos vigentes que estabelecem regulamentações para a proteção do patrimônio espeleológico: o Decreto Federal nº 6640/2008 e a Instrução Normativa MMA 02/2009.

No contexto da evolução da legislação pertinente às cavidades subterrâneas naturais, correlacionando-a com a conservação de paisagens cársticas, pode-se considerar que até o Decreto 6640 de 2008 as cavernas cársticas e sua área de influência não poderiam sofrer qualquer tipo de impacto negativo irreversível de grande magnitude. A partir do referido decreto e da IN MMA nº 2 de 2009, qualquer caverna que não apresente algum outro atributo de relevância máxima poderá sofrer impactos negativos irreversíveis. Atributos relacionados aos sistemas cársticos podem conferir a estas cavidades grau de importância alto, médio ou baixo. Caso o grau de importância da caverna cárstica seja alto, esta cavidade pode ser impactada desde que duas outras cavidades de características similares e de mesmo grupo geológico sejam preservadas. Cavernas cársticas de média relevância poderão ser impactadas, desde que o empreendedor adote e financie medidas de conservação definidas pelo órgão ambiental competente. Por fim, cavernas cársticas que apresentam grau de relevância baixo podem ser impactadas sem a necessidade de nenhum tipo de compensação ambiental. Em nenhum dos três casos a compensação em questão garante a proteção dos sistemas cársticos.

O Decreto 6640/2008 e antiga IN MMA/2009, que fundamenta atual IN MMA/2017 têm sido alvo de críticas em artigos que analisam os fundamentos jurídicos, bem como os critérios técnico-científicos dos atributos que determinam a relevância das cavidades naturais subterrâneas. Figueiredo et al. (2010) questionam a validade jurídica do Decreto 6640, tendo em vista que a CF no Artigo 225º §1º Inciso III determina que as cavidades naturais subterrâneas são consideradas bens de domínio da União, portanto, somente uma lei poderia reduzir o caráter protetivo destas cavidades. Além disso, os autores salientam que o referido decreto consiste num retrocesso aos valores socioambientais, na medida em que é necessário provar a relevância máxima das cavidades naturais para serem protegidas, entretanto não se avalia a relevância social destes empreendimentos que serão beneficiados com a supressão das cavidades.

Berbert-Born (2010), baseando-se numa análise mais técnica e detalhada desses atributos, também considera que esta IN é potencialmente lesiva ao patrimônio espeleológico. A autora acredita ainda que esta IN não contempla, de modo coerente, o carste como um sistema e salienta a importância de se realizar uma caracterização geoambiental e espeleológica prévia no âmbito regional para que se possa determinar, espacialmente, as tipologias de atividades e empreendimentos em função das fragilidades do território. Ressalta também que tal ordenamento prévio pouparia investimentos financeiros de empreendimentos inviáveis.

Cabe ressaltar que IN MMA nº 2 de 30 de agosto de 2017 revogou a IN MMA nº 2 de 20 de agosto de 2009. Entretanto, a IN nº 2/2017 manteve a essência da IN nº 2/2009, já que os critérios para a classificação de uma cavidade de relevância máxima permaneceram os mesmos. Desse modo, cavernas cársticas, as quais podem desempenhar a função de área de recarga ou descarga dos sistemas cársticos, continuam passíveis de serem suprimidas. A IN nº 2/2017 estipulou ainda critérios quantitativos para a classificação das cavidades em relevância alta, média e baixa, mantendo a mesma lógica dos enfoques local e regional. Entretanto, dentre os atributos relacionados aos sistemas cársticos<sup>1</sup>, somente o atri-

buto “presença de drenagem subterrânea ou lago” é considerado como critério de importância significativa ou acentuado no âmbito regional, de tal modo que apenas este critério é capaz de elevar a classificação de

uma cavidade para alta relevância<sup>2</sup>. Pode-se concluir que a instituição da IN n<sup>o</sup> 2/2017 reforça a tendência de flexibilização do aparato legal em relação à proteção dos sistemas cársticos.<sup>3</sup>

## 4. Discussão

Análise da Figura 3 demonstra que, dentre os quatro instrumentos para a gestão territorial, os PDs são os que mais abarcam aspectos que convergem com o manejo em paisagens cársticas: “controle de processos erosivos”, “conservação de áreas verdes”, “mapeamento de risco geotécnico”, “controle de fontes de poluição” e “saneamento ambiental”. O Artigo 42<sup>o</sup>-A do Estatuto da Cidade (Lei n<sup>o</sup> 10.257/2001) trata dos municípios que deverão considerar em seu planejamento o controle de processos erosivos expressivos, já que estes processos podem acarretar em impactos como deslizamento em superfície que podem assorear os condutos subterrâneos. O artigo supracitado também trata da necessidade do manejo adequado de áreas verdes municipais, com o intuito de reduzir a impermeabilização do solo, bem como da necessidade de mapeamento de áreas suscetíveis a processos geológicos, que pode estar associado à instabilidade geotécnica de áreas cársticas. Os planos diretores são também instrumento de controle de possíveis fontes de poluição, tendo em vista que devem considerar as fragilidades naturais

do seu município, estabelecendo zonas que restrinjam atividades antrópicas com considerável grau poluidor nas áreas mais frágeis do carste.

Por fim, o Artigo 2<sup>o</sup> do Estatuto da Cidade destaca a necessidade de tratamento prioritário às obras e edificações de abastecimento de água e saneamento (Figura 3). Desse modo, os PDs deverão contemplar nos programas e nos projetos temas que envolvam o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo das águas pluviais urbanas e o manejo de resíduos sólidos. Os planos de manejo de APAs abarcam as medidas protetivas inerentes ao “controle de processos erosivos” e ao “controle de fontes de poluição” (Figura 3). O inciso “c” do Artigo 9<sup>o</sup> da Lei n<sup>o</sup> 6.902/1981 limita ou proíbe atividades que acelerem processos erosivos que possam comprometer os recursos hídricos em APAs. Já no que tange ao “controle de fontes de poluição”, o inciso “a” do artigo supracitado também limita ou proíbe a implantação e a operação de indústrias potencialmente poluidoras, capazes de comprometer a qualidade dos mananciais de água.

MEDIDAS PROTETIVAS	INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO TERRITORIAL				INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO AMBIENTAL	
	PD	PM de APAs	ZEE	PRH	EIA	LCVN <sup>82</sup>
Controle de Processos erosivos	Art. 42 <sup>o</sup> -A da Lei 10.257/2001	Art. 9 <sup>o</sup> da Lei 6.902/1981	Art. 13 <sup>o</sup> do Decreto 4.297/2002	-	-	-
Conservação de áreas verdes	Art. 42 <sup>o</sup> -A da Lei 10.257/2001	-	Art. 13 <sup>o</sup> do Decreto 4.297/2002	-	Art. 6 <sup>o</sup> da Resolução CONAMA n <sup>o</sup> 001/1986	-
Mapeamento de Risco geotécnico	Art. 42 <sup>o</sup> -A da Lei 10.257/2001	-	-	-	-	-
Proteção de Feições cársticas	-	-	-	-	-	Anexo II da IN MMA n <sup>o</sup> 02/2017
Controle de Fontes de poluição	Art. 2 <sup>o</sup> da Lei 10.257/2001	Art. 9 <sup>o</sup> da Lei 6.902/1981	-	Art. 7 <sup>o</sup> da Lei 9.433/1997	Art. 8 <sup>o</sup> da Resolução CONAMA n <sup>o</sup> 237/1997	-
Saneamento ambiental	Art. 2 <sup>o</sup> da Lei 10.257/2001	-	-	Art. 31 <sup>o</sup> da Lei 9.433/1997	Art. 9 <sup>o</sup> da Resolução CONAMA n <sup>o</sup> 001/1986	-
Controle da captação e uso das águas subterrâneas	-	-	-	Art. 21 <sup>o</sup> da Resolução CONAMA n <sup>o</sup> 396/2008	-	-

Figura 3: Relação entre os instrumentos para as gestões territorial e ambiental, as medidas protetivas inerentes ao manejo de paisagens cársticas e as principais normas jurídica.

Siglas: PD=plano diretor; PM=plano de manejo; APAs=áreas de proteção ambiental; ZEE=zoneamento ecológico econômico; EIA=estudo de impacto ambiental; LCVN=legislação pertinente às cavidades naturais subterrâneas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar disso, nota-se uma carência de regulamentações para as APAs, tanto para o manejo de aspectos que convergem com as peculiaridades das áreas cársticas, como para o manejo de outros tipos de paisagem. O Zoneamento Ecológico Econômico também abarca duas medidas protetivas: “controle de processos erosivos” e “conservação de áreas verdes” (Figura 3). O Inciso III do Artigo 16<sup>o</sup> do Decreto n<sup>o</sup> 4.297/2002, estabelece que o diagnóstico do ZEE deva contemplar a “Fragilidade Natural Potencial” que é definida por indicadores como a perda do solo, que por sua vez é um indicio de processo erosivo. Além disso, o inciso IV deste mesmo artigo prevê a indicação de corredores ecológicos no diagnóstico deste instrumento, que consistem em uma medida que enfatiza a necessidade de conservação de áreas verdes. Os planos de recursos hídricos (PRHs) abarcam três medidas protetivas: “controle de fontes de poluição”, “saneamento ambiental” e “controle da captação

e do uso das águas subterrâneas”

O inciso X do Artigo 7<sup>o</sup> da Lei n<sup>o</sup> 9.433/1997, que trata do conteúdo mínimo dos PRHs, destaca a necessidade de propostas que criem áreas sujeitas à restrição do uso, com o intuito de proteger os recursos hídricos. Já o Artigo 31<sup>o</sup> dessa mesma Lei, apesar de não estabelecer diretrizes específicas para o saneamento ambiental, destaca que na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos deverá haver integração das políticas locais de saneamento com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos. Por fim, embora não esteja presente na Lei n<sup>o</sup> 9.433/1997, a Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 396/2008, no Artigo 21<sup>o</sup>, trata da questão da implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea em função da quantidade e qualidade destas águas. Logo, se houver necessidade, os órgãos ambientais em conjunto com os órgãos de recursos hídricos e da saúde podem restringir o uso

ou captação da água para a proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas (CONAMA, 2008).

Os estudos de impacto ambiental, que consistem num instrumento para a gestão ambiental, abarcam três medidas protetivas que convergem com o manejo adequado de paisagens cársticas: “conservação de áreas verdes”, “controle de fontes de poluição” e “saneamento ambiental”(Figura 3).

A primeira medida “conservação de áreas verdes” é incorporada a este instrumento à medida que no seu diagnóstico devem ser caracterizadas as áreas de preservação permanente (CONAMA, 1986). Já a segunda medida “controle de fontes de poluição” está, fortemente, associada a este instrumento, tendo em vista que um dos seus principais objetivos é avaliar o impacto ambiental gerado pelos diversos tipos de atividades antrópicas e criar medidas mitigadoras que amenizem esses impactos. Por fim, o “saneamento ambiental”, embora seja abordado numa escala

que se restringe ao tratamento dos resíduos e efluentes dos empreendimentos, as alternativas tecnológicas para este tratamento devem ser previstas no EIA (CONAMA, 1986).

A legislação pertinente às cavidades naturais subterrâneas é a que mais surpreende no que tange a escassez de critérios para a proteção dos sistemas cársticos. A Instrução Normativa (IN) MMA (Ministério do Meio Ambiente) n° 002/2017, principal instrumento vigente para a proteção de cavidades naturais subterrâneas, abarca somente uma medida protetiva: “proteção de feições cársticas” (Figura 3). Entretanto, segundo o Artigo 7° dessa IN, o fato da cavidade natural exercer alta influência sobre o sistema cárstico, não implica na preservação desta feição, já que a mesma pode ser suprimida e compensada pela preservação de duas cavidades semelhantes. Tal fato é incoerente, à medida que o impacto negativo irreversível a uma caverna cárstica implica em impactos negativos irreversíveis a todo o sistema.

## 5. Conclusão

De modo geral, observa-se que os municípios localizados em áreas cársticas, através do aparato legal inerente à elaboração dos planos diretores, possuem possibilidades razoáveis de realizar um planejamento territorial que implique num manejo adequado das paisagens cársticas. Tal fato é positivo, tendo em vista que o município possui maior conhecimento dos conflitos de uso do seu território; porém, revela-se também negativo, tendo em vista que muitas vezes as prefeituras não possuem profissionais capacitados para compreender as peculiaridades dos sistemas cársticos. Dentro deste contexto, os ZEEs, de escala superior a 1:100.000, bem como o zoneamento de APAs podem

funcionar como importante instrumento para subsidiar as decisões inerentes à gestão territorial destes municípios, já que indicam áreas de maior fragilidade natural e que necessitam do controle de processos erosivos, de fontes de poluição e da conservação de áreas verdes. Por fim, os planos de bacias hidrográficas são essenciais no que tange ao disciplinamento do uso dos recursos hídricos subterrâneos em consonância com a conservação da quantidade e qualidade destas águas.

Os instrumentos de gestão ambiental, que abrangem uma escala pontual, não contemplam tantas categorias de análise que convergem com a proteção de paisagens cársticas, como os instrumentos de ges-

tão territorial. Entretanto, os EIAs são instrumentos fundamentais que contemplam avaliação de impactos de atividade e empreendimentos com potencial poluidor e degradador. Logo, a partir de um diagnóstico ambiental, este instrumento indicará os possíveis impactos, assim como as possíveis medidas mitigadoras necessárias para a conservação de tais paisagens. Por fim, a legislação inerente às cavidades naturais subterrâneas, que a princípio aparenta abarcar elementos inerentes à conservação de paisagens cársticas, surpreende ao ser

incipiente na proteção destes sistemas por permitir a supressão de feições como cavernas cársticas, que podem funcionar como áreas de recarga pontual dos sistemas cársticos.

De modo geral, conclui-se pela inexistência de regulamentações específicas para as paisagens cársticas no âmbito nacional. Apesar dos instrumentos de gestão territorial contemplarem medidas que convergem com o manejo adequado em paisagens cársticas, a aplicação destas medidas, sem considerar as peculiaridades deste sistema, pode ser ineficiente. Espera-se, em razão do exposto, que instrumentos de gestão territorial e ambiental construídos segundo fundamentos mais sistêmicos e integradores possam ser criados, especialmente para as paisagens cárstica.

## Notas

1 | Os referidos critérios são os mesmos analisados na IN n° 2 de 2009: “água de percolação ou condensação”, “lago ou drenagem subterrânea”, “diversidade de depósitos químicos”, “influência sobre os sistemas cársticos”, e “inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima”.

2 | Na IN n° 2/2009 três atributos relacionados aos sistemas cársticos poderiam atribuir relevância alta para a cavidade em análise.

3| Cabe ressaltar que outros atributos ambientais não relacionados aos sistemas cársticos não foram analisados.

## Referências

ALT, L. R. (2008) Efetividade sócio-ambiental da APA Carste de Lagoa Santa-MG: uma avaliação a partir de suas ferramentas de planejamento e gestão. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

BERBET-BORN, M. (2010). Instrução normativa MMA 2/09 - método de classificação do grau relevância de cavernas aplicado ao licenciamento ambiental: Uma prática possível? Revista Espeleo-Tema. Campinas/SP, v. 21, n. 1, p. 67-103.

BRASIL. Lei n° 6.902, de 27 de abril de (1981a). Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, 1981a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6902.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6902.htm)>. Acessado em: 09 jun. de 2016.

BRASIL. Lei n° 6.938, de 31 de agosto de (1981b) b. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1981b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acessado em: 09 jun. de 2016.

BRASIL. Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de (1997). Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Diário Oficial da União, 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acessado em: 01 jun. de 2016.

- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de (2000). Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2000. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm). Acessado em: 05 jun. de 2016.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de (2001). Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais para a política urbana e dá outras providências. Diário Oficial, Atos do Poder Legislativo. Brasília: Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm). Acessado em: 03 jun. de 2016.
- BRASIL. Decreto nº 4.297 de 10 de julho de (2002). Regulamenta o art. 9o, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil-ZEE, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm). Acessado em: 03 jun. de 2016.
- BRASIL. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de (2008). Dá nova redação aos Arts. 1o, 2o, 3o, 4o e 5o e acrescenta os Arts. 5ª e 5B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20072010/2008/Decreto/D6640.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2008/Decreto/D6640.htm). Acessado em: 07 jul. de 2016.
- CNRH–Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 145, de 12 de dezembro de (2012). Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: [www.cnrh.gov.br](http://www.cnrh.gov.br). Acessado em: 08 jul. de 2016.
- CONAMA– Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 001 de 17 de fevereiro de (1986). Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: Diário Oficial da União, 1986. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf). Acessado em: 08 jul. de 2016.
- CONAMA–Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº10 de 14 de dezembro de (1988). Dispõe sobre a regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental-APAs. Brasília:Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codleg>. Acessado em: 08 jul. de 2016.
- CONAMA–Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 237 de 22 de dezembro de (1997). Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília:Diário Oficial da União, 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acessado em: 01 jul. de 2016.
- CONAMA–Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 396 de 07 de abril de (2008). Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acessado em: 01 jul. de 2016.
- CONAMA– Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 428 de 17 de dezembro de (2010). Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=641>. Acessado em: 02 jul. de 2016.
- COXON, C. (2011). Agriculture and karst. In van Beynen, P.E. (ed.) Karst Management, Springer, Dordrecht, 103-138.
- FORD, D.; WILLIAMS, P. (2007). Karst Geomorphology and Hydrology. London: Chapman and Hall.
- HARDING, K. e FORD, D. C. (1993). Impacts of primary deforestation on limestone slopes in northern Vancouver Island, British Columbia. Environmental Geology. v. 21, 1993, p.137.
- SOUSA, A. C. A. (2005). A evolução da política ambiental no Brasil do século XX. Revista achegas.net. Rio de Janeiro, nº26.
- TOLMACHEV, V. e LEONENKO, M. Experience in collapse risk assessment of building on covered karst landscapes in Russia. In: VAN BEYNEN, P.E. (ed.). Karst Management. New York, Springer, 75-102, 2011
- NICOD, J., JULIAN, M. and ANTHONY, E. (1996). A historical review of man karst relationships:miscellaneous uses of karst and their impact. Revista di Geografia italiana. 103, 289-338.

# Karst and cave sustainable management

Mamadou Pouye, B.Ed, M.IR / UIS Fellowship Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Mamadou Pouye, Jl. Ring Road Selatan No.117c, Gamping Kidul, Ambarketawang, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55294, Indonesia. Pouyemamadou8989@gmail.com

## Abstract

Karst and cave systems are critical geological features that significantly influence water resource management and biodiversity conservation. This study investigates the sustainable management of karst and cave systems in Senegal, focusing on their potential to mitigate water scarcity and enhance ecological balance. Despite Senegal's predominantly flat terrain and limited karst formations, these natural reservoirs present untapped opportunities to address the country's water resource challenges. The research adopts a qualitative methodological approach, utilizing secondary data, structured questionnaires, and semi-structured interviews to gather insights from local stakeholders and environmental experts. Special attention is given to the Popenguine Cave, a site of ecological and cultural importance, and recent disruptions caused by the Senegal River and heavy rainwaters. These events, exacerbated by the managed release of dam waters to prevent overflow, have posed significant challenges to nearby communities. The findings underscore the necessity of implementing sustainable management practices, including detailed geological mapping, water quality assessments, and community-driven conservation initiatives. By integrating interdisciplinary research with adaptive strategies, this paper highlights the role of karst systems in fostering environmental sustainability and improving social welfare in Senegal. The analysis provides actionable recommendations for policymakers and stakeholders to maximize the ecological and socio-economic benefits of these geological features while addressing the risks associated with climate variability and water management.

## Résumé

Cette recherche étudie le rôle critique des systèmes karstiques et de grottes dans la gestion de l'eau et la conservation de la biodiversité au Sénégal. En employant des méthodes qualitatives, l'étude souligne l'importance écologique de ces systèmes et les défis découlant de la variabilité climatique et d'une mauvaise gestion de l'eau. Les principales recommandations comprennent la cartographie géologique, les évaluations de la qualité de l'eau et les stratégies de conservation communautaires pour améliorer l'utilisation durable de ces ressources naturelles.

## 1. Introduction

Karst and cave systems in Senegal, though limited, play a crucial role in water resource management and biodiversity conservation. This study explores their sustainable management, focusing on mitigating water scarcity and enhancing ecological balance. Utilizing qualitative methods, including interviews and field visits to Popenguine Cave, the research highlights the ecological significance of these systems and the challenges posed by climate variability and inefficient water management. The findings emphasize the need for detailed geological mapping, water quality assessments, and community-driven conservation efforts. Recommendations for policymakers include adopting sustainable practices to maximize the socio-economic and environmental benefits of karst systems. Karst systems have historically been undervalued in Senegal due to the country's predominantly flat terrain and limited karst formations. However, these systems have played a crucial role in water storage and cultural heritage, particularly in regions like Popenguine, where caves have been part of local traditions and practices. The historical neglect of these geological features has led to a lack of comprehensive management strategies, highlighting the need for renewed attention to their potential. Karst landscapes are characterized by their unique geological formations, which include caves, sinkholes, and underground rivers. These features act as natural reservoirs, providing critical water filtration and storage functions. In Senegal, the limited karst systems are vital for local biodiversity, supporting various species of flora and fauna that depend on these habitats for survival. The phenomenon of water scarcity in the region underscores the importance of utilizing these natural systems to

mitigate the effects of drought and climate change.

Despite the ecological importance of karst systems, there is a significant research gap in understanding their full potential in Senegal. Previous studies have primarily focused on larger karst regions in other countries, leaving a void in localized research that addresses the specific challenges and opportunities within Senegal. This gap limits the development of effective management strategies that could leverage these natural resources for sustainable water management. This study contributes to the existing body of knowledge by providing a focused analysis of the karst systems in Senegal, particularly the Popenguine Cave. By integrating qualitative data from local stakeholders and environmental experts, the research offers a comprehensive understanding of the current state of these systems and proposes actionable strategies for their sustainable management. The study emphasizes the importance of community involvement and interdisciplinary approaches to address the complex challenges associated with water scarcity and biodiversity conservation. The novelty of this study lies in its localized approach to examining karst systems in Senegal. Unlike broader studies that generalize findings across regions, this research provides specific insights into the unique geological and environmental conditions of Senegal's karst landscapes. The use of qualitative methods to gather firsthand data from local communities and experts adds depth to the analysis, making it a valuable resource for policymakers and conservationists seeking to implement effective management practices in the region.

## 2. Materials and methods

The research methodology comprises a qualitative approach, including secondary data analysis, structured questionnaires, and semi-structured interviews with local stakeholders and environmental experts. Field visits to the Popenguine Cave and surrounding areas

provided firsthand insights into the ecological and hydrological significance of these systems. Data collected were analyzed to identify key themes and challenges in the management of karst systems in Senegal.

## 3. Results

The study revealed that karst systems in Senegal, particularly the Popenguine Cave, are underutilized in water resource management. Local communities face water scarcity issues exacerbated by inconsistent rainfall and inefficient water management practices. The Popenguine Cave, rich in biodiversity, presents an opportunity for sustainable water management and conservation. The release of dam waters to prevent overflow has led to flooding, impacting nearby communities and highlighting the need for better water management strategies

Effective management of karst systems requires a multidisciplinary approach involving geological mapping, water quality monitoring, and community engagement. Sustainable practices such as controlled water extraction, pollution control, and habitat conservation are essential. The integration of modern technologies like GIS and remote sensing can enhance the monitoring and management of these systems. Community involvement in conservation efforts ensures the sustainability of these initiatives, providing both ecological and socio-economic benefits.

## 4. Conclusion

Sustainable management of karst and cave systems in Senegal is crucial for addressing water scarcity and preserving biodiversity. Implementing comprehensive management strategies that involve local communities, policymakers, and environmental experts can maximize

the benefits of these natural systems. Future research should focus on the long-term monitoring of these systems to adapt to changing environmental conditions and ensure their sustainability.

## Acknowledgments

The author thanks the local communities and environmental experts in Senegal for their valuable insights and cooperation during the

research. Special thanks to Universitas Muhammadiyah Yogyakarta for supporting this study. The UIS and the ICS.

## References

Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G., & Huisingsh, D. (2023). Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*, 9(8), e18507. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507>

Andreassian, V. (2004). Waters and forests: From historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*, 291(1-2), 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.011>

# Vulnerability index of speleological heritage to impacts

Tatiana Souza (1), Diego Pujoni (1) & Augusto Auler (1)

(1) Instituto do Carste/Carste Ciência Ambiental, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, tatiana.souza@carste.com.br (autor correspondente)

## Resumo

A análise de impactos potenciais ao patrimônio espeleológico é frequentemente negligenciada nos estudos voltados ao licenciamento ambiental de empreendimentos, o que resulta em abordagens simplificadas e generalistas sobre as implicações do projeto. Com isso, o prognóstico ambiental tende a ser ineficaz, afetando a tomada de decisão dos agentes envolvidos. Neste trabalho, apresentamos uma proposta de índice de vulnerabilidade de cavidades e áreas de influência a impactos, por meio de um método matemático simples e de fácil aplicação, que possibilita a categorização dessas feições quanto à maior ou menor susceptibilidade a um determinado impacto, traduzindo a correlação entre as diversas variáveis potencializadoras das alterações. Um estudo de caso hipotético demonstra a aplicação geoespacial do método e possibilidades de análise.

## Abstract

The analysis of potential impacts on speleological heritage is often overlooked in studies related to the environmental licensing of projects, resulting in simplified and generalized approaches regarding the implications of the project. Consequently, the environmental prognosis tends to be ineffective, affecting the decision-making process of the involved stakeholders. In this paper, we present a proposal for a vulnerability index for cavities and their areas of influence concerning impacts, through a simple and easily applicable mathematical method. This method allows for the categorization of these features based on their susceptibility to specific impacts, reflecting the correlation among various variables that may exacerbate alterations. A hypothetical case study demonstrates the geospatial application of the method and the possibilities for analysis.

## 1. Introdução

A avaliação de impactos ambientais (AIA) consiste em um importante instrumento de gestão estabelecido pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981), por meio do qual busca-se identificar, analisar, evitar e/ou mitigar os impactos potenciais decorrentes de um determinado empreendimento. A AIA desempenha, portanto, um papel fundamental dentro do processo decisório do licenciamento ambiental, subsidiando a negociação entre as partes envolvidas sobre a viabilidade dos projetos.

A avaliação da qualidade dos estudos de impacto ambiental (EIAs) é tema importante na literatura sobre AIA e vem apontando diversas deficiências dessa ferramenta no cumprimento dos seus propósitos (CASHMORE et al., 2004; SANDHAM & PRETORIUS, 2008; SÁNCHEZ, 2013; ALMEIDA et al., 2017; DUARTE & SÁNCHEZ, 2020; RAMANATHAN, 2021; NITA et al., 2022; CARO-GONZALEZ et al., 2023). Dentre os problemas indicados, destacam-se a compartimentação dos estudos, sem a devida correlação entre o diagnóstico ambiental e a avaliação dos impactos; a apresentação de impactos potenciais genéricos, que não permitem estabelecer as tratativas adequadas; a não identificação de impactos significativos; a proposição de programas de gestão ambiental que não guardam relação com o prognóstico realizado, entre outros. Esses fatores podem induzir a erros dos agentes tomadores de decisão e também podem culminar em impactos relevantes não previstos.

Na AIA ao patrimônio espeleológico, dentro do processo de licen-

ciamento ambiental brasileiro, os problemas citados podem inclusive ser agravados, já que cada caverna guarda singularidades em geral desconsideradas nas análises, que podem torná-las sensíveis a diferentes tipos de pressões antrópicas. O apontamento de impactos potenciais de forma vaga e imprecisa sobre o patrimônio espeleológico, desconsiderando a distribuição geográfica desses sítios e os processos e fatores ambientais responsáveis por intensificar ou minimizar a manifestação das alterações, não permite a proposição de medidas preventivas, mitigadoras ou compensatórias adequadas às situações específicas, podendo comprometer sua conservação.

Tendo em vista esse cenário, a equipe técnica da Carste Ciência Ambiental desenvolveu um índice de vulnerabilidade do patrimônio espeleológico a impactos para aplicação nos processos de AIA, com o objetivo de estabelecer uma classificação de cavidades e AIEs que reflita o quanto essas estão sujeitas a um determinado impacto potencial. Além de possibilitar uma análise ambiental mais pormenorizada, considerando as características desses elementos e os processos atuantes frente às atividades previstas, o índice proposto permite classificações quantitativas tempo-espaciais das feições alvo quanto à vulnerabilidade, o que facilita a priorização das ações e a gestão para a preservação efetiva desses ambientes. Este trabalho descreve o método proposto e sua aplicação em um estudo de caso hipotético, para fins de exemplificação.

## 2. Métodos

A etapa prévia à aplicação do índice de vulnerabilidade aqui apresentado envolve a identificação dos impactos potenciais. É importante que

o prognóstico dos impactos oriundos da instalação de um determinado projeto seja fundamentado nas atividades futuras relacionadas na ca-

racterização do empreendimento e em sua espacialização. As atividades previstas irão determinar os aspectos ambientais decorrentes (causa), que, por sua vez, poderão culminar em impactos (consequência). Nessa etapa, é importante que todos os impactos prováveis sejam considerados. O índice de vulnerabilidade indicará, na etapa final, a relevância desses impactos em cada caso, de acordo com o grau de susceptibilidade das cavernas e áreas de influência a essas alterações.

Na sequência, os estudos espeleológicos para o licenciamento permitirão a identificação, o mapeamento e a caracterização física e biológica das cavidades da área, bem como do entorno, culminando na definição das áreas de influência e no levantamento de dados fundamentais à análise de impactos, como a inserção das feições em relação ao projeto, os processos atuantes e as eventuais conexões entre ambos. Outros dados da área estudada também devem ser reunidos, de modo a possibilitar melhor compreensão sobre os fatores desencadeadores ou inibidores de impactos, como o tipo de relevo, geologia, direção dos ventos, fitofisionomias, fauna nativa, hidrografia, entre outros. Da mesma forma, a reunião das informações sobre as etapas do projeto, incluindo a espacialização das estruturas previstas ao longo da sua vida útil, é essencial para a devida correlação das informações.

Para a obtenção do índice de vulnerabilidade do patrimônio espeleológico, inicialmente selecionaram-se variáveis que sabidamente influenciam na susceptibilidade de uma caverna ou área de influência à ocorrência dos impactos ambientais sinalizados. Define-se então, para cada variável, um conjunto de classes, que serão categorizadas em uma escala de 0 a 1, sendo 1 considerado o nível de maior vulnerabilidade. Para as variáveis quantitativas, como a distância, assume-se que o resultado igual a zero (dentro da ADA) recebe o valor da escala igual a 1 e

a distância máxima obtida (cavidade/AIE mais distante da ADA) recebe o valor da escala igual a zero. As outras distâncias recebem valores proporcionais dentro deste gradiente.

Para as variáveis qualitativas, define-se quais classes correspondem ao nível de menor vulnerabilidade (recebem o valor da escala igual a 0), quais classes correspondem ao nível de maior vulnerabilidade (recebem o valor da escala igual a 1) e quais classes correspondem ao nível intermediário de vulnerabilidade (recebem o valor da escala igual a 0,5). Essa última classificação só é utilizada para atributos qualitativos que possuem três classificações distintas. Além da definição da escala de vulnerabilidade para cada variável, define-se também pesos para cada variável, com base na maior ou menor influência desses na vulnerabilidade, de forma que a soma dos pesos dos atributos de um mesmo grupo seja igual a um.

A partir dos valores das classes, definidas para cada variável, e os pesos de cada variável, calcula-se a média ponderada de cada grupo de variável a partir da soma dos produtos entre o valor numérico das classes da variável (entre zero e um) e o seu respectivo peso. Esta média ponderada fica entre 0 e 1 para um mesmo grupo de variáveis, que influenciam na susceptibilidade a um determinado impacto. Isso porque a soma dos pesos de um mesmo grupo de variáveis é igual a um e o valor máximo da escala de cada atributo também é igual a um. Calculado o índice de vulnerabilidade para cada grupo de variáveis, este pode ser categorizado em baixo (menor que 1/3), médio (maior ou igual a 1/3 e menor que 2/3) e alto (maior ou igual que 2/3).

A descrição das etapas gerais para a obtenção do índice de vulnerabilidade proposto é apresentada adiante (Fig. 1).

### 3. Estudo de caso

Com o objetivo de exemplificar a aplicação do índice de vulnerabilidade, apresentamos um estudo de caso hipotético, representado por um projeto de mineração em uma região com ocorrência de três cavidades (Fig. 2). O estudo de caso irá tratar apenas das cavidades, não abordando as AIEs, para fins de simplificação. A cavidade "A" (15 m de projeção horizontal - PH) está inserida no terço superior de vertente oposta àquela onde o empreendimento será instalado, ocupada por Floresta Estacional Semidecidual. Possui entrada única, voltada para leste, fraturas abertas e blocos desconfinados em sua porção ocidental, além de quirópteros. A cavidade «B» (50 m de PH) também ocorre em alta vertente, mas em área ocupada por campo rupestre. Apresenta várias entradas, sendo a maior delas voltada para leste. Processos hidrossedimentares são vinculados à vertente de inserção, assim como

ocorre na cavidade «A». A cavidade «C» (100 m de PH), por sua vez, está localizada em um canal de drenagem, onde prevalece a mata ciliar no entorno e é atravessada por uma drenagem proveniente da área prevista para instalação do empreendimento, que corresponde ao interflúvio de uma região serrana com substrato ferruginoso, em que a direção dos ventos provém especialmente de leste.

Considerando, para este caso em específico, a fase de implantação do projeto, as atividades previstas poderão culminar na emissão de material particulado (por terraplenagem, obras civis, tráfego de veículos em vias não pavimentadas), em interferências físicas no escoamento superficial (por supressão de vegetação, exposição do substrato e geração de sedimentos), na geração de ruído e vibração (por operação de máquinas, transporte e desmonte de rochas).

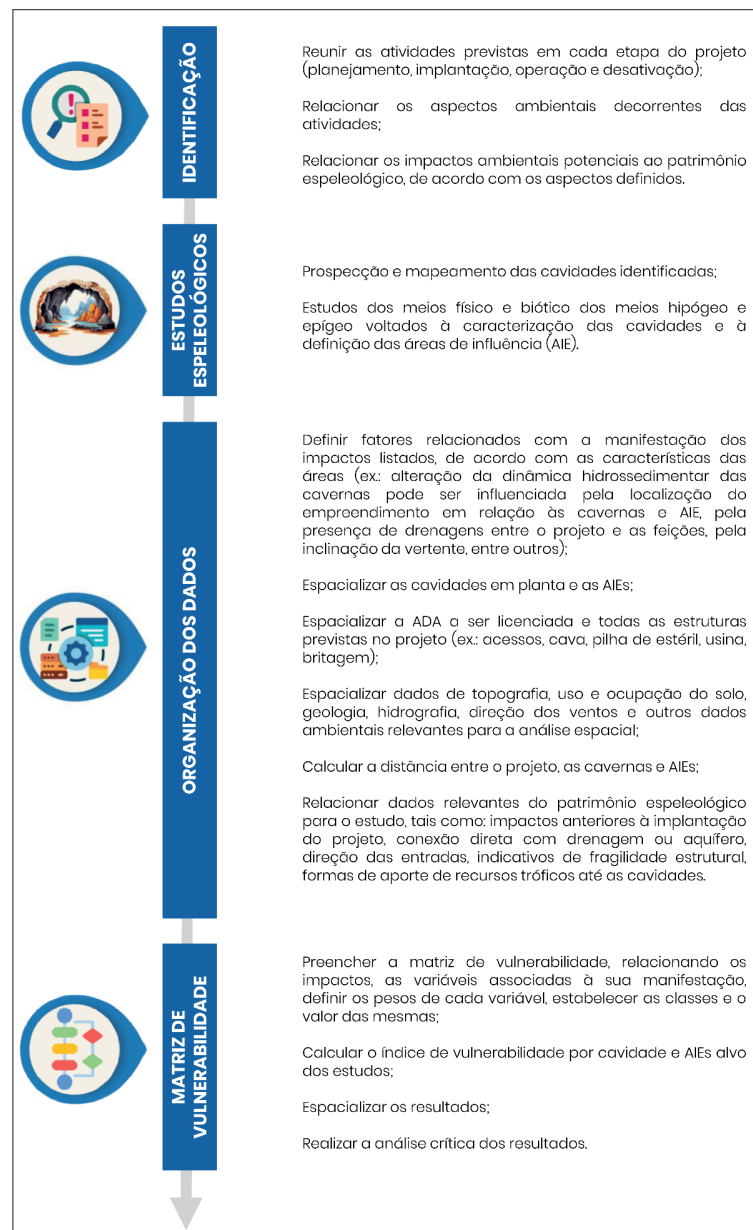


Figura 1 : Visão geral do pipeline metodológico para o índice de vulnerabilidade descrito

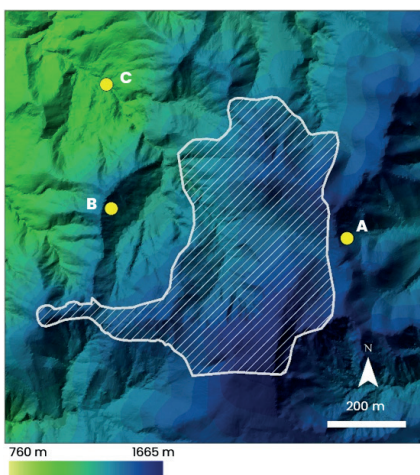


Figura 2 : Localização das cavidades (pontos em amarelo) em relação à área diretamente afetada (ADA) do empreendimento no estudo de caso apresentado

Assim, considera-se que os aspectos ambientais descritos poderão ocasionar os seguintes impactos ao patrimônio espeleológico: i) **alteração da dinâmica de aerossóis**, tendo em vista tanto a possibilidade de aumento das concentrações de partículas suspensas na atmosfera cavernícola quanto daquelas sedimentadas, o que representa toda a série de consequências potenciais, de natureza negativa, ao meio subterrâneo, afetando processos físicos e biológicos (FAIMON et al., 2011, ONAC & FORTI, 2011, DREDGE et al., 2013, SMITH et al., 2013); ii) **alteração da dinâmica hidrossedimentar**, em função dos efeitos diretos e indiretos da provável variação na quantidade de água disponível no sistema, bem como das rotas de escoamento, além do risco de transporte e deposição dos sedimentos gerados no interior da cavidade «C»; iii) **alteração da integridade física**, considerando possíveis alterações no aspecto morfológico original das cavernas ou de suas formações secundárias, devido à mudança nos níveis de vibração do terreno; iv) **alteração da fauna cavernícola**, que pode ser entendida como um efeito secundário das potenciais interferências anteriormente listadas ao patrimônio espeleológico, devido ao comprometimento da conservação dos habitats e micro-habitats, da dinâmica trófica e dos padrões microclimáticos, o

que pode afetar a estabilidade ambiental dos sistemas cavernícolas e a estruturação da biota subterrânea.

Para a aplicação do índice de vulnerabilidade das cavernas do estudo a esses impactos, foram definidas variáveis que podem exercer influência na manifestação de cada uma dessas alterações, os pesos, de acordo com a maior ou menor influência, e as respectivas classes (Fig. 3). Vale ressaltar que, para a análise do impacto potencial de “alteração da fauna cavernícola”, foram consideradas variáveis associadas ao afugentamento de organismos troglóxenos e acidentais por eventuais variações nos níveis de ruído. O índice de vulnerabilidade final a esse impacto foi calculado por meio da média entre os valores dessa análise de ruído e dos demais impactos.

IMP.*	VARIÁVEL	PESO	CLASSE	VALOR
Alteração da dinâmica dos aerossóis	Distância	0,6	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Direção dos ventos	0,15	Desfavorável	0
			Favorável	1
	Barreiras topográficas	0,2	Sim	0
			Não	1
Entrada voltada para a fonte	0,05	Não	0	
		Sim	1	
Alteração da dinâmica hidrossedimentar	Distância	0,2	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Inserção	0,4	Projeto não ocorre topograficamente acima da cavidade	0
			Projeto não ocorre topograficamente acima da cavidade	1
	Posicionamento das entradas	0,1	Não favorece a entrada direta de material da vertente	0
			Favorece a entrada direta de material da vertente	1
Rota de drenagem	0,3	Não há rota de escoamento/drenagem entre a caverna e o projeto	0	
		Há rota de escoamento/drenagem entre a caverna e o projeto	1	
Alteração da integridade física	Distância	0,6	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Tipo de fonte emissora no entorno	0,3	Movimentação de máquinas	0
			Desmonte de rochas	1
Indicativos de instabilidade física	0,1	Não observado	0	
		Presença	1	
Alteração na estruturação da fauna (ruído)	Distância	0,3	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Presença de morcego	0,14	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de guano	0,14	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de outros vertebrados	0,14	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de fezes de vertebrados não voadores	0,14	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de detritos de origem animal	0,14	Ausência	0
Presença			1	

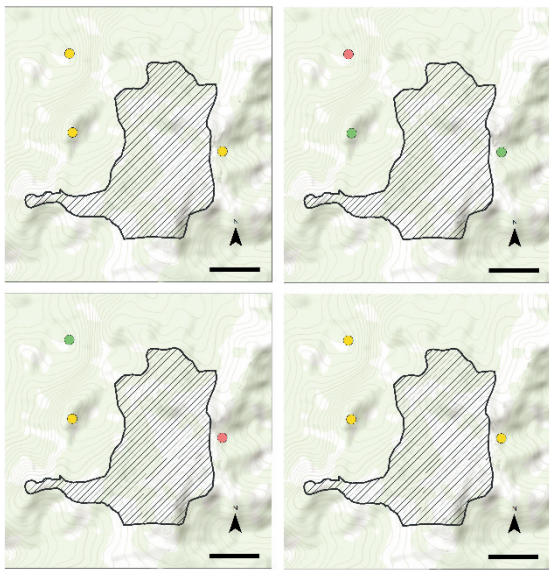
Figura 3 : Matriz de dados para aplicação do índice de vulnerabilidade a impactos do patrimônio espeleológico no estudo de caso apresentado (\*IMP = Impactos potenciais)

É importante destacar que as variáveis relacionadas a cada impacto potencial devem ser definidas de acordo com as especificidades das cavidades e da área de estudo. Se todas as cavernas apresentam a mesma classificação para uma determinada variável, não é sensato incluí-la.

O cálculo do índice de vulnerabilidade para cada cavidade do estudo de caso, com base na matriz de dados apresentada, indicou, em uma escala entre 0 (não vulnerável) e 1 (muito vulnerável), o quanto essas estão sujeitas aos impactos elencados (Fig. 4). Nota-se que as cavernas apresentam um grau de vulnerabilidade similar às potenciais alterações promovidas pelo aumento de material particulado proveniente do futuro empreendimento. A cavidade mais próxima (A) ocorre na vertente oposta ao projeto, onde a direção principal dos ventos não é favorável ao transporte eólico dessas partículas, diferentemente da cavidade “B”, apontada como mais vulnerável, que também possui entrada voltada para a fonte dos aerossóis, e “C”, mais distante. Nesse caso, a cavidade “C” também poderá receber esse aporte por meio da drenagem que a interliga a área do projeto. Sobre as possíveis alterações nos processos hídricos e sedimentares, a cavidade «C» é indicada como altamente vulnerável, em função do seu posicionamento na vertente e em canal de drenagem cuja cabeceira sofrerá intervenções pelo empreendimento. As demais apresentam processos associados às suas encostas, que são distintas daquelas futuramente afetadas, o que lhes confere baixa vulnerabilidade. Nesse caso em específico, se os controles ambientais não forem avaliados como eficazes para conter a alteração desse curso d’água, em termos de vazão, turbidez e qualidade da água, a cavidade “C” poderá ser impactada de modo irreversível. Considerando o potencial de alterações sobre a integridade física, a cavidade “A” mostrou-se mais vulnerável, não apenas pela menor distância do projeto, mas por também apresentar fragilidades geoestruturais. Assim, o controle dos níveis de vibração deve ser inerente à implantação do projeto, especialmente no entorno dessa caverna. Avaliando o aspecto de “alteração nos níveis de ruído”, e a presença de morcegos, fezes e detritos de origem animal, especialmente na cavidade “A”, a possibilidade de afugentamento da fauna de troglóxenos e animais acidentais que contribuem com esse aporte poderá afetar a dinâmica trófica dessa caverna, em especial. A vulnerabilidade das três cavernas a essa alteração e às anteriores indica que as cavidades “A” e “C” são mais susceptíveis a alterações da fauna cavernícola.

CAVIDADE	ALTERAÇÃO DA DINÂMICA DOS AEROSSÓIS	ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HIDROSSEDIMENTAR	ALTERAÇÃO DA INTEGRIDADE FÍSICA	ALTERAÇÃO NA ESTRUTURAÇÃO DA FAUNA (RUIDO)	ALTERAÇÃO DA FAUNA CAVERNÍCULA
A	0,38	0,13	0,78	0,89	0,54
B	0,46	0,02	0,06	0,59	0,28
C	0,40	0,80	0,00	0,42	0,41

Figura 4 : Resultado do índice de vulnerabilidade das cavernas avaliadas. As cores classificam grau baixo (verde, < 0,33), médio (amarelo, ≥ 0,33 e < 0,67) e alto (vermelho, ≥ 0,67) de vulnerabilidade



**Figura 5:** Espacialização do índice de vulnerabilidade para cada caverna avaliada aos impactos de alteração da dinâmica dos aerossóis (1), da dinâmica hidrossedimentar (2), da integridade física (3) e da fauna cavernícola (4), para a etapa de implantação do projeto. As cores classificam grau baixo (verde,  $< 0,33$ ), médio (amarelo,  $\geq 0,33$  e  $< 0,67$ ) e alto (vermelho,  $\geq 0,67$ ) de vulnerabilidade

## 4. Conclusão

A tendência de simplificação dos estudos de impacto ambiental implica na minimização dos efeitos nocivos e em processos de análise ineficazes, comprometendo a tomada de decisão, objetivo central das AIAs, e podendo levar a impactos consideráveis muitas vezes não previstos.

O índice de vulnerabilidade do patrimônio espeleológico a impactos aqui apresentado foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para uma avaliação mais robusta antes da implantação dos projetos, fornecendo apoio prático para as discussões e o planejamento. Por meio dele, cavernas e AIE são avaliadas individualmente, por fase do projeto. Assim, a vulnerabilidade é definida considerando as mudanças previstas ao longo do tempo e espaço, possibilitando o desenvolvimento de programas de gestão do patrimônio espeleológico também variáveis nessas escalas e não inertes, como muito se observa.

O método é simples e não implica em aumento de custos nos estudos, já que os dados são levantados na caracterização das feições e da área

O exemplo apresentado no estudo de caso hipotético demonstra que, ao classificar a vulnerabilidade de cada caverna aos impactos potenciais, o índice de vulnerabilidade proposto contribui não apenas para uma análise holística das possíveis consequências ambientais de um determinado projeto ao patrimônio espeleológico, como também para planejar de forma direcionada a gestão durante a implantação do empreendimento, ainda na etapa anterior ao licenciamento. Cavernas ou AIEs mais vulneráveis são prioritárias nos controles ambientais e monitoramentos, para cada tema em específico. Caso uma caverna seja classificada como muito vulnerável a um determinado impacto potencial, e a mitigação não se mostre possível, os impactos negativos irreversíveis devem ser considerados, bem como as ações de compensação, caso alternativas locais não sejam viáveis. Devido à inexistência de cavernas na ADA do projeto, essa indicação de impactos irreversíveis poderia não ser realizada em uma avaliação generalista, o que demonstra a importância do detalhamento da análise na AIA.

de estudo. Ao direcionar monitoramentos a cavernas e AIE específicas, por períodos também específicos, o índice pode inclusive implicar em redução dos custos, ao otimizar e direcionar ações para as feições de fato mais vulneráveis.

Para resultados mais precisos e coerentes, considera-se fundamental que a aplicação do índice seja precedida pela delimitação das áreas de influência espeleológicas, de modo que os espaços de fato essenciais para a manutenção dos processos cavernícolas sejam objeto de análise, em detrimento do entorno de 250 m (AIE prévia).

Importante destacar, por fim, que o processo de AIA não termina com a concessão de uma licença; ele continua durante todo o ciclo de vida do projeto (Sanchez 2013). Dessa forma, dados de monitoramento permitirão calibrar as variáveis selecionadas como mais ou menos influentes na geração dos impactos, possibilitando o perfeiçoamento do método e melhoria da compreensão sobre os processos e interações ambientais.

## Referências

- ALMEIDA A., KANIESKI M., SOARES P., ANGELO H. (2017) Principais problemas na previsão e avaliação de impactos ambientais nos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs): uma aplicação da análise de correlação canônica. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. 4. 31-42.
- CARO-GONZALEZ A., NITA A., TORO J., ZAMORANO M. (2023) From procedural to transformative: A review of the evolution of effectiveness in EIA, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 103.
- CASHMORE M., GWILLIAM R., MORGAN R., COBB D., BOND A. (2004) The interminable issue of effectiveness: substantive purposes, outcomes and research challenges in the advancement of environmental impact assessment theory. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 22 n. 4, p. 295-310.
- DREDGE J., FAIRCHILD I., HARRISON R., FERNANDEZ-CORTESA., SANCHEZ-MORAL S., JURADO V., GUNN J., SMITH A., SPÖTL C., MATTEY D., WYNN P., Grassineau N. (2013) Cave aerosols: distribution and contribution to speleothem geochemistry. *Quaternary Science Reviews* 63: 23-41.
- DUARTE C., SÁNCHEZ L. (2020) Addressing significant impacts coherently in environmental impact statements, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 82.
- FAIMON J., ŠTELCL J., KOMBAREC M., VESELA P. (2011) Cave aerosol in Císařská and sloup- šošůvka caves (moravian karst, Czech republic). *Acta Carsologica Slovaca* 49, 107-113.
- NITA A., HOSSU C., MITINCU C., IOJA I. (2022) A review of the quality of environmental impact statements with a focus on urban projects from Romania, *Ecological Informatics*, Volume 70.
- ONAC B., FORTI P. (2011) Minerogenetic mechanisms occurring in the cave environment: an overview. *Int J Speleol* 40(2):79-98.

RAMANATHAN R. (2021) A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment, *Journal of Environmental Management*, Volume 63, Issue 1, 27-35.

SANCHEZ L. (2013) *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Oficina de Textos, 583 p.

SANDHAM L., PRETORIUS H. (2008) A review of EIA report quality in the North West province of South Africa, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 28, Issues 4–5, 229-240.

SMITH A., WYNN P., BARKER P. (2013) Natural and anthropogenic factors which influence aerosol distribution in Ingleborough Show Cave, UK. *International Journal of Speleology*, 42 (1), 49-56. Tampa, FL (USA).

# Lost Caves of Germany

Helmut Steiner (1), Gerhard Stein (2), Bärbel Vogel (3), Friedhart Knolle (4), Andreas Wolf (5)

- (1) Hesse Federation for Cave and Karst Research, Dunlopstraße 15, D-63450 Hanau, Germany, helmut.steiner@hoehlenkataster-hessen.de  
 (2) German Speleological Federation (VdHK), Speaker Cadastres, Froschmarkt 9, D-55129 Mainz, Germany, gerhard.stein@hoehlenkataster-hessen.de  
 (3) Adjunct Secretary, International Union of Speleology, President, German Speleological Federation (VdHK), Hauptstr. 5, D-87484 Nesselwang, Germany, b.w.vogel@gmx.de  
 (4) Editor, German Speleological Federation (VdHK), Grummetwiese 16, D-38640 Goslar, Germany, fknolle@t-online.de (corresponding author)  
 (5) Vice President, German Speleological Federation (VdHK), Elisenstraße24, D-82152 Krailling, Germany, stellv.vorsitz@vdhk.de

## Abstract

Caves have been and are being destroyed in every country where they exist, the vast majority through quarrying. Such cases are rarely documented. This means that in the perception of the public, politicians and authorities, every new case is viewed as an individual case. The initiative “List of Lost Caves” of the German Speleological Federation (VdHK) intends to change this perspective. These documentations enable the recognition of the extraordinary value of what has been lost. In addition to the actual cave, also its contents are lost, which commonly include archaeological and palaeontological material and stalagmites containing valuable data about climates long passed. Even the surrounding landscape vanishes forever.

In January 2025, the VdHK published the total number of 647 lost caves known in Germany. As first example the history of the show cave “Sachsensteinhöhle” in the gypsum karst of South-Harz was highlighted. It ended up in a stone crusher in the nineteen sixties. The conclusion is an appeal to all speleologists to document cave destruction in their area or country as a contribution to cave protection.

## Résumé

Les grottes ont été et sont détruites dans tous les pays où elles existent, la plupart du temps par l'exploitation de carrières. Ces cas sont rarement documentés. Cela signifie que dans la perception du public, des politiciens et des autorités, chaque nouveau cas est considéré comme un cas individuel. L'initiative « Liste des grottes perdues » de la Fédération allemande de spéléologie (VdHK) vise à changer cette perspective. Ces documentations permettent de reconnaître la valeur extraordinaire de ce qui a été perdu. Outre la grotte proprement dite, c'est aussi son contenu qui est perdu, notamment du matériel archéologique et paléontologique et des stalagmites contenant des données précieuses sur des climats depuis longtemps révolus. Même le paysage environnant disparaît à jamais.

En janvier 2025, le VdHK a publié le nombre total de 647 grottes perdues connues en Allemagne. Le premier exemple est l'histoire de la grotte « Sachsensteinhöhle », située dans le karst gypseux du Harz méridional. Elle a fini dans un broyeur de pierres dans les années soixante. La conclusion est un appel à tous les spéléologues pour qu'ils documentent la destruction des grottes dans leur région ou leur pays afin de contribuer à la protection des grottes.

## Resumo

As grutas foram e estão a ser destruídas em todos os países onde existem, a grande maioria através da exploração de pedreiras. Estes casos raramente são documentados. Isto significa que, na percepção do público, dos políticos e das autoridades, cada novo caso é visto como um caso individual. A iniciativa “Lista de Grutas Perdidas” da Federação Espeleológica Alemã (VdHK) pretende mudar esta perspectiva. Estas documentações permitem reconhecer o valor extraordinário do que se perdeu. Para além da gruta propriamente dita, perde-se também o seu conteúdo, que inclui geralmente material arqueológico e paleontológico e estalagmites que contêm dados valiosos sobre climas há muito ultrapassados. Até a paisagem circundante desaparece para sempre.

Em janeiro de 2025, a VdHK publicou o número total de 647 grutas perdidas conhecidas na Alemanha. Como primeiro exemplo, foi destacada a história da gruta de espetáculo “Sachsensteinhöhle”, no carste de gesso do Harz do Sul. Foi parar a uma trituradora de pedra nos anos sessenta. A conclusão é um apelo a todos os espeleólogos para que documentem a destruição de grutas na sua área ou país, como contributo para a proteção das grutas.

## 1. Introduction

Caves still lead a shadowy existence in the public perception. They are not seen and not ‘present’ for the average citizen.

“Caves” are often associated only with a few well-known (show) caves. Although the first nature conservation law in Germany, the Prussian ‘Small Nature Conservation Act’ in 1920, was drafted by the mentor of German cave research Benno Wolf, it took another 78 years before caves were at least protected as a habitat in 1998. This required

the Natura 2000 guideline of the European Union. As habitat type no. 8310, natural caves are now protected throughout Europe as a habitat for animals. Still missing is its protection as a geotope.

Caves have one feature in common with springs: they are irreplaceable. The compensation for destruction required by law, which is possible for many above-ground habitats, albeit only to a limited extent, is impossible for caves. Destroyed caves and karst landscapes are lost forever.

## 2. History

The list of lost caves project came about rather by chance. Someone mentioned a destroyed cave in an online presentation, and someone else asked if it was documented, and what else had been destroyed. Nobody knew. So, the idea was born to put together what is known about destroyed caves, initially for the Hessian cadastre only. But it was quickly taken over by the VdHK and extended to the whole of Germany, which is divided into 14 cadastre areas. Almost all of them agreed to cooperate and provided data, a rather unique and highly encouraging development for the German federation.

Now one can justifiably ask: What is the point of all this effort? The caves are gone, they will not come back, no matter how many lists you

put them on. But anyone who works in nature conservation is familiar with the situation: Whether it is said explicitly or not, environmentalists are depicted as not being willing to sacrifice even one of their countless caves in the public interest. And in the ‘public interest’ nowadays lies every shopping outlet. What is kept silent about is, that the compromise that is demanded is about the remnants of the compromise before, which in turn was about that the remains of the compromise before that. In this context, ‘cave’ can easily be replaced by ‘wetland’, ‘river meadow’, ‘dry grassland’ or any other habitat worthy of protection. In short, it is about protecting existing caves. The documentation of what is already lost shall serve as an eye opener in order to not being forced to sacrifice even more.

## 3. VdHK published numbers in January 2025

In early January 2025 the VdHK published the number of lost caves in a press release: 647! This number is just the tip of the iceberg. Since the mining industry does not publish such cases and speleologists rarely get access to quarries, the real number must be much higher.

The most famous example is unfortunately the Neanderthal – the name is known worldwide. But few people know that the original site where the first known Neanderthal bones were found was sacrificed to limestone quarrying. The skeleton was found in 1856 during quarrying in the eponymous Neandertal, about 10 km east of Düsseldorf. The skeleton was probably complete and presumably it was a burial. It was thrown onto the debris heap. It was only later that the owner had some bones and the remains of the skull gathered and gave them to the naturalist Johann Carl Fuhlrott, believing that they came from cave bears, which were the subject of much interest at the time.

The valley, a narrow gorge, a rarity in this part of Germany, was a popular destination for excursions and a favourite motif of Romantic painters (Fig. 1). Limestone had been quarried here on a small scale for a long time, but industrial mining, mainly for the steel industry, began in 1849 with the arrival of the railway.

When it was stopped in 1945, nothing was left of the entire gorge and its caves. The small cave Feldhofer Kirche, the site of the Neanderthal discovery, no longer existed. Even at that time, there was criticism of the destruction of nature.

VdHK will continue to spotlight the history of well documented lost caves at its homepage and publications.



Figure 1 : “Autumn Morning in the Rocks, 1858”, watercolor by Caspar Scheuren, Museum Palácio Ducal, Vila Viçosa, Portugal. View from the banks of the Düssel below the Löwenschlucht cave to the Rabenstein in the background and the cave Feldhofer Kirche on the right. The rocky slope on the right is already affected by limestone quarrying, which led to the discovery of Neanderthal skeletal remains in 1856 in the Kleine Feldhofer Grotte to the right of the Feldhofer Kirche. Source: Wikimedia Commons, author: G. Gualdim 2022, Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license.

## 4. The lost show cave “Sachsensteinhöhle”

Despite the famous losses in Neandertal, VdHK decided to start its list with the history of “Sachsensteinhöhle” in the gypsum karst of South-Harz for a reason. Right at the moment, the rare gypsum karst landscape of the Harz Mountains is under threat from the quarrying industry. Even protected areas are currently evaluated and again job safety is the main argument to destroy a landscape which is worth to become UNESCO world heritage due to its unique structure and beech forest ecosystem.

The Sachsenstein cave was situated in gypsum karst, in the southern extension of the Sachsenstein, near to the village of Neuohof, now belonging to the city Bad Sachsa. The entrance was first opened by quarrying operations around the year 1860 and subsequently covered again. In 1928, the entrance was excavated again, and on May, 5th 1929 opened as a show cave. Dr.-Ing. Friedrich Stolberg, a pioneering member of the Harz region speleology, wrote in 1930: „The main attraction of the Sachsensteinhöhle as a show cave consists [...] in the generous spatial impression combined with the subterranean sea of boulders. The location in the immediate neighbourhood of the bath Sachsa should also carry

the precondition of a reasonably favourable economic development.“ (FRICKE 2021).

However, the Sachsensteinhöhle has subsequently vanished without a trace. Close to the former location of the cave was a small gypsum quarry, which was abandoned in 1988. A major increase in production occurred for the gypsum plant at the Sachsenstein only after the World War II. Since the quarry soon reached the limit of the natural gypsum bedrock, plans were developed to quarry the bedrock above the cave. The fact that this would mean irreparable damage to the Sachsensteinhöhle was accepted. Even though the Sachsensteinhöhle was already inscribed as a natural monument in the list of natural monuments of the Blankenburg District, a revocation of the protected status was applied for.

As usual, the threat of losing jobs was pushed in the foreground as primary argument (Braunlager Zeitung of 27.5.1951; from FRICKE 2021). The gloomy picture of 35 to 38 people losing their jobs was advanced. Already at these times, job security was a favourite lever of the gypsum industry. However, for the revocation of the protection status, an assessment of the worthiness of protection had to be obtained. An

“expert” attested, that the cave could be quarried, provided a close contact with the environmental authorities was maintained, especially to secure possible prehistoric artefacts. The speleologists of the area, headed by Dr. Stolberg, only learned of the looming fate of the cave in 1951, when the damage was already done. Viewed from today, the plan was obviously to prevent any objections by creating facts – a procedure still commonly employed today. The compromise was celebrated as a success in the press. It was claimed, that the Sachsensteinhöhle was only of minor beauty, and that people could visit the nearby Einhornhöhle instead. The fact that both are completely different types of caves obviously found no consideration.



Figure 2: The rear third of the Sachsenstein Cave can still be seen in the gypsum quarry in 1961, Photo: Archive Fritz Reinboth.



Figure 3: Sachsenstein Cave: entrance to the Great Hall, postcard of the show cave from 1937.

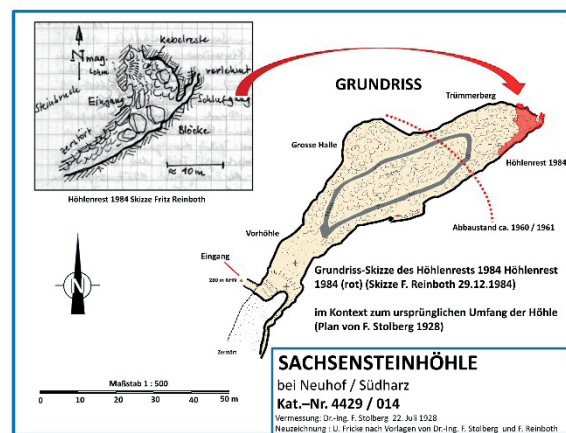


Figure 4: Sachsenstein Cave, in grey show cave way, in red: state of excavation in December 1984, drawing: Uwe Fricke based on templates from F. Stolberg and F. Reinboth.

## 5. Conclusions

Our appeal to land owners, authorities and speleologists:

6. Save caves and karst areas from destruction.
7. If destruction can't be avoided, undertake a full scientific documentation of the cave before it is destroyed.
8. Report all instances of cave destruction.

Each cave is unique and impossible to replace or restore!

For cave protection reliable data of lost caves are needed. The number of known lost caves shall be integrated in a countries “cave and karst environmental outlook” report.

In addition to the dry data, stories are also important. Most ordinary people don't associate caves with anything. To move them, emotions are needed too. Perhaps one day this will help to ensure that the destruction of caves is seen as disreputable and not just shrugged off as normal economic activity.

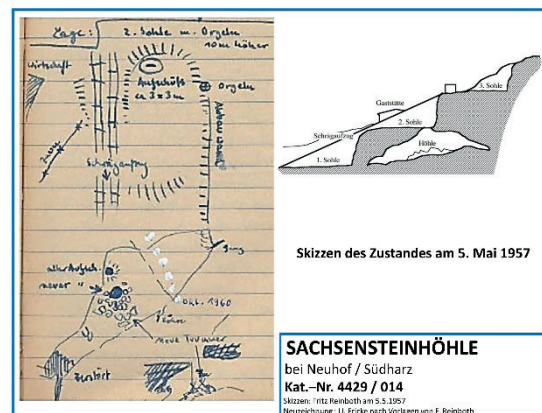


Figure 5: The state of the Sachsenstein Cave in May 1957, drawing: Uwe Fricke based on templates from Fritz Reinboth.

## Acknowledgments

We gratefully thank the all speleologists responsible for the cadastres and everybody who supplied data on lost caves and their history.

For the case of the Sachsenstein Cave, our thank goes to Fritz Reinboth and Uwe Fricke.

## References

FRICKE U. (2021) Die Zerstörung der Sachsensteinhöhle. Mitt. Arbeitsgem. Karstkunde Harz 42(1+2): 3–9.

GERMAN SPELEOLOGICAL FEDERATION VdHK (2025) Lost Caves, <https://www.vdhk.de/en/translate-to-english-verschwundene-hoehlen>.

REINBOTH F. (1983) Erinnerungen an die Sachsensteinhöhle bei Neuhof. Mitt. Arbeitsgem. Karstkunde Niedersachsen 1983(4):10–17; online in [www.karstwanderweg.de](http://www.karstwanderweg.de).

REINBOTH F. (2013) Chronik der Gipsindustrie in Walkenried und Neuhof. Clausthal-Zellerfeld, p. 20 f.

STEINER H., STEIN, G. (2024) Lost Places – die Liste der verlorenen Höhlen Deutschlands. Die Höhle 75(1–4): 133–141.

STEINER H., STEIN, G., VOGEL B., REINBOTH F., FRICKE U., KNOLLE F. (2025) Start der Aktion „Verschwundene Höhlen“ – ein Gemeinschaftsprojekt der Kataster. Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher 71(1):23–24.

STOLBERG F. (1929) Die Sachsensteiner Höhle. Mitteldeutscher Nachrichtendienst, Bericht 50, p. 2, Halberstadt.

STOLBERG F. (1930) Die Sachsensteinhöhle bei Neuhof am Südharz. Eine Studie zur Schlottenfrage. Mitt. üb. Höhlen- u. Karstf. 1930(1):19–22.

# United Nations and Speleology

Bärbel Vogel (1), George Veni (2), Ferdinando Didonna (3), Jörg Dreybrodt (4)

1) Adjunct Secretary International Union of Speleology, President, German Speleological Federation, Hauptstr. 5, 87484 Nesselwang, Germany, b.w.vogel@gmx.de

2) International Union of Speleology Past President, George Veni and Associates, Carlsbad, New Mexico, USA, gveniassociates@gmail.com.

3) Italian Speleological Society SSI ETS c/o Dip.BiGeA, Università di Bologna, Via Zamboni, 67, 40126 Bologna, Italy ferdinando.didonna@socissi.it

4) Head of Sustainability Department, German Speleological Federation, Schleifergasse. 5, 8032 Zurich, Switzerland, joerg\_dreybrodt@yahoo.de

## Abstract

Becoming visible on an international level with an almost unseen topic is difficult. The United Nations (UN) is increasingly open to non-governmental organizations which provides opportunities to present karst and cave protection issues at high levels. Beside obstacles like short timelines, limited information, and voluntary work, it is still possible to engage. Small but important steps toward underground protection on a global scale were made by a group from the International Union of Speleology (UIS). For the first time, a paper was officially integrated at a UN conference in 2023 with a discussion about karst groundwater issues. Members of the European Cave Protection Commission were active to review the Global Environmental Outlook 7 United Nation Environment Program (UNEP). UIS is observing the UNEP launch of a working group on “Environmental Aspects of Minerals and Metals,” a possible major task for the future, as mining pressure in karst areas increases. A good database is important for competent presentation of the problems. UIS member countries should provide data on caves and karst protection, including the loss of caves and karst areas. Speleology should continue and expand its involvement in these committees to incorporate cave protection and be available as competent partners.

## Résumé

Il est difficile de devenir visible au niveau international avec un sujet presque invisible. Les Nations Unies sont de plus en plus ouvertes aux organisations non gouvernementales, ce qui permet de présenter les questions relatives à la protection du karst et des grottes à des niveaux élevés. En dépit d'obstacles tels que des délais trop courts, des informations limitées et le bénévolat, il est toujours possible de s'engager. Un groupe de l'Union internationale de spéléologie (ISU) a fait des pas, petits mais importants, vers la protection du sous-sol à l'échelle mondiale. Pour la première fois, un document a été officiellement intégré à une conférence des Nations unies en 2023 dans le cadre d'une discussion sur les eaux souterraines karstiques. Les membres de la Commission européenne pour la protection des grottes ont participé activement à l'examen du Global Environmental Outlook 7 du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). L'ISU observe le lancement par le PNUE d'un groupe de travail sur les « aspects environnementaux des minéraux et des métaux », une tâche qui pourrait s'avérer importante à l'avenir, étant donné que la pression minière dans les régions karstiques s'accroît. Une bonne base de données est importante pour une présentation compétente des problèmes. Les pays membres de l'ISU devraient fournir des données sur les grottes et la protection du karst, y compris la perte de grottes et de zones karstiques. La spéléologie doit poursuivre et développer son implication dans ces comités afin d'intégrer la protection des grottes et d'être disponible en tant que partenaires compétents.

## Resumo

Tornar-se visível a nível internacional com um tema quase invisível é difícil. A Organização das Nações Unidas (ONU) está cada vez mais aberta a organizações não governamentais, o que proporciona oportunidades para apresentar questões relacionadas com o carste e a proteção de grutas a níveis elevados. Para além de obstáculos como prazos curtos, informação limitada e trabalho voluntário, ainda é possível participar. Um grupo da União Internacional de Espeleologia (UIS) deu pequenos mas importantes passos no sentido da proteção subterrânea a uma escala global. Pela primeira vez, um documento foi oficialmente integrado numa conferência da ONU em 2023, numa discussão sobre questões relacionadas com as águas subterrâneas cársicas. Os membros da Comissão Europeia de Proteção das Grutas estiveram activos na revisão do Global Environmental Outlook 7 do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUA). A UIS está a observar o lançamento pelo PNUA de um grupo de trabalho sobre “Aspectos Ambientais dos Minerais e Metais”, uma possível tarefa importante para o futuro, à medida que aumenta a pressão mineira nas zonas cársicas. Uma boa base de dados é importante para uma apresentação competente dos problemas. Os países membros da UIS devem fornecer dados sobre grutas e proteção cársica, incluindo a perda de grutas e áreas cársicas. A espeleologia deve continuar e expandir o seu envolvimento nestes comités para incorporar a proteção das grutas e estar disponível como parceiros competentes.

## 1. Introduction

The United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDG) highlight the need for action by governments and non-governmental organizations (NGOs). The UN defines NGOs as “any non-profit, voluntary citizens’ group which is organized on a local, national or international level.” SDG 17 promotes new global partnerships between countries but also between State and non-state actors.

It is not surprising that speleology also became aware and active in supporting the SDGs. A small group of enthusiasts listened to and learned from UN discussions over almost a decade. Now the first achievements can be shown and are the basis to continue building networks and sharing expertise and work.

## 2. History

The German Speleological Federation (VdHK) started its work at the UN level guided by the European Environmental Bureau (EEB). The EEB is the largest network of environmental citizens' organizations in Europe and hosts a working group, International Environmental Governance, to provide information and support regarding international involvement of environmental topics for its members. Since 2015, VdHK has engaged in the SGDs and been a member of the UN NGO Major Group.

Those connections led to the accreditation of VdHK in the UN Economic and Social Council (ECOSOC) as well as the United Nations Environment Program (UNEP) since 2020. VdHK's President and Inter-

national Union of Speleology (UIS) Adjunct Secretary, Bärbel Vogel, reported to the European Cave Protection Commission (ECPC) as well as to the Bureau of the UIS on the activities. George Veni, UIS Past President, has been an active in the UN NGO Major Group since 2017. As an active EEB member, ECPC supported its working group and activities in conferences and papers. In 2024, UIS President Najda Zupan Hajna elevated the UIS' involvement in the International Science Council to full membership to integrate caves and karst in future Global Environment Outlook reports (Mattes, 2024).

## 3. UN Water Conference 2023

The United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) began building a closer relationship with UIS by hosting a celebration of the International Year of Caves and Karst at UNESCO Headquarters in Paris, France, on 13 September 2021. This led to another invitation by UNESCO, for UIS to organize a special session on karst aquifers during the UN's first Groundwater Summit, also at UNESCO (Veni, 2022 and 2025). These meetings strengthened VdHK's position and efforts, and increased UIS and VdHK knowledge in working and communicating more effectively with the UN.

In March 2023, the UN launched a Water Conference for the Midterm Comprehensive Review of the UN Decade for Action on Water and Sanitation (2018-2028). By hosting its first water conference since 1977, it called attention to the urgent need to discuss this topic comprehensively.

Through the ECOSOC accreditation of VdHK, it was possible to attend online and to send written input to the conference website. Only 150 papers were accepted, including that of VdHK. The statement had to be very limited, but it was the first time speleology became visible to everyone at the UN level. It is presented below (the numerical references of that statement are preserved in their original format):

### Statement of the VdHK for the UN Water Conference 2023

Drafted by Bärbel Vogel (VdHK President) with assistance from Prof. Dr. John Gunn, Dr. George Veni, and Dr. Hans Jürgen Hahn.

#### **Karst covers about 20% of Earth's land surface and supplies around 10% of the world's population with water!** <sup>(1)</sup>

Karst is a landscape formed from the dissolution of rocks such as limestone, dolomite, and gypsum. It is characterized by underground drainage through natural pipes (conduits) some of which are large enough for humans to explore (caves). Where karst is present on the land surface it is characterised by sinkholes, disappearing streams, and springs. However, some karst conduits travel long distances beneath landscapes developed on other rocks that display no evidence to suggest water is flowing through the limestone at depth.

Water flows rapidly through conduits (up to km/day) and there is little or no filtration, so karst aquifers are very vulnerable to contamination. Moreover, contaminants can spread over large distances harming people and subterranean species and ecosystems. Pollutants may also become trapped in karst aquifers and then be released over time at springs<sup>(2)</sup>. Karst groundwaters are particularly susceptible to transmission of bacteria, for example from poorly designed waste-water systems, and of pollutants, such as pesticides and herbicides from agricultural land, hydrocarbons from roads and fuel storage facilities and sediment from agriculture, extractive industry and development. There are also many examples of over-abstraction of groundwater from karst, which commonly leads to subsidence or catastrophic collapse on the surface<sup>(3)</sup>.

Caves and karst groundwater-dependent ecosystems harbour many species some of which are endemic to a single cave system. Even small impacts can result in detrimental, potentially irreversible, changes to

subterranean habitats, including natural underground biofilms that consist of many specially adapted microorganisms<sup>(4)</sup>. Deforestation, intensive agriculture, and mining are major threats to cave fauna causing severe biodiversity losses. In contrast to their direct impacts on surface karst and its unique biodiversity, the underground impacts are largely indirect and relate primarily to changes to water quality and quantity<sup>(2)</sup>. Mining activities can change underground waterways in and beyond a karst area, commonly causing springs to dry up. 'Water mining', where extraction exceeds recharge, is a particular problem in karst because of the ease of water removal from caves and large conduits<sup>(2)</sup>.

An understanding of karst, its groundwater systems, and their complex interrelationships is important for sustainable use, resource protection, disaster risk reduction and subterranean biodiversity.

VdHK calls on the UN Water Conference to recognize (a) that karst groundwater is a biodiversity hotspot and (b) that total catchment management is more vital for karst landscapes than many other lithologies.

In particular:

- Countries should treat karst water as a fragile and finite resource, implementing laws to control and discipline water extraction, as well as allowing appropriate funding for quick reaction in case of contamination. In particular, recommendations regarding the proper design and implementation of septic tanks and the location of landfills should be put into practice.
- Managers should recognise that in karst catchments, surface actions result in direct or indirect impacts underground or further downstream.
- Agricultural activity has the potential to cause significant adverse impacts on karst geoecosystems. Land managers should (a) give particular attention to any proposed changes in land use and (b) provide guidance appropriate to the type of farming and the particular conditions on the ground in order to minimise impacts on water quantity and quality
- Any proposal for a new mine or quarry in karst should be subject to a detailed environmental assessment that considers both features in and on the boundary of the area, as well as the potential for distant impacts via surface water and karst groundwater.
- Buffer zones should be established around karst water sources, such as springs, wells and caves.

Later in March 2023, the UN Regional Conference on Sustainable Development of the UN Economic Commission for Europe (UNECE) hosted a roundtable on UN Sustainable Development Goal 6: Clean Water. The UNECE region covers more than 47 million km<sup>2</sup>. Its member States include the countries of Europe, but also countries in North America (Canada and United States), Central Asia (Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan and Uzbekistan), and Western Asia (Israel).

Bärbel Vogel and Jörg Dreybrodt participated in the UNECE SDG 6

Clean Water roundtable on behalf of VdHK, where Vogel had the chance to summarize the topics mentioned above in two minutes (Fig. 1). Notably, the topic of mining was not mentioned before her presentation, and this was even referenced by the following speaker, Sascha Gabizon, Executive Director of Women Engaged for a Common Future (WEFC), on behalf of the Civil Society Organizations.



*Figure 1: Bärbel Vogel giving a presentation on karst online at the UN Regional Forum for Sustainable Development of the UNECE in Geneva, Switzerland 2023. Photo: Jörg Dreybrodt.*

## 4. UN Conferences for Sustainable Development and the World Economic Forum

The access of environmental NGOs to regional UN forums, such as the Regional Forum of Sustainable Development (RFSD) in Geneva, Switzerland, and even the renowned World Economic Forum (WEF) in Davos, Switzerland, is increasing. Accreditation is not required for the RFSD, and the WEF hosts many side events, including an SDG Tent and a Climate Hub, which are open to all who can afford the travel cost. The organizers are aware of the inclusion of all groups and genders and ages. The barrier is lower, but an effective entry and utilizing the networking possibilities requires hard work. It is often obvious who is not well prepared and does not have a “message.” All the talks and key notes are now available on social media, such as YouTube, or the event webpage. The UN also offers free introductory talks for newcomers and lectures of experienced stakeholders. An example is the Stakeholder Forum (<https://stakeholderforum.org/>), with many webinars on their webpage.

Jörg Dreybrodt attended both events three times for the VdHK (Fig. 2). It takes time to understand how the events work behind the scenes and which meetings to attend. The level is very high, and it is astonishing how a large event such as the RFSD with several hundred participants produces an effective and conclusive summary at the final meeting listing all organizations who contributed. The WEF has an Open WEF with a security pre-screening by uploading passport copies. World Level leaders are present here with large amounts of time allocated for questions by the audience.

We as cavers often have local groups and individuals who can support and host us. It is a unique opportunity for an engaged younger and enthusiastic speleologist active in karst protection. However, active long-term engagement with good preparation is needed to fully benefit from participation.



*Figure 2: Jörg Dreybrodt attending the WEF with the SDG wheel on his jacket. Photo: Jörg Dreybrodt.*

## 5. United Nations Environment Assembly (UNEA-6)

The sixth United Nations Environment Assembly (UNEA-6) convened from February 26 to March 1, 2024, at UNEP Headquarters in Nairobi, Kenya, gathering global participants to address pressing environmental challenges. The assembly made substantial progress in tackling the interconnected crises of climate change, biodiversity loss, and pollution, culminating in the adoption of 15 resolutions aimed at fostering international cooperation and advancing sustainable solutions.

UNEA-6 emphasized the importance of multilateral collaboration, informed by scientific research, political will, and societal engagement, to develop effective policies and strategies. The assembly provided a platform for governments, civil society, scientists, and the private sector to align efforts in reshaping environmental governance and promoting sustainable development goals.

In preparation for the assembly, the Open-ended Committee of Permanent Representatives met from February 19 to 23, laying the groundwork for the discussions. During UNEA-6, a joint global statement, presented at the Major Groups Conference, highlighted the urgency of

protecting karst and cave ecosystems. This statement called for inclusive and sustainable measures to safeguard these vital environments, which are crucial for biodiversity and the livelihoods of marginalized communities, including Indigenous Peoples.

Although specific resolutions on karst groundwater and mining were not included, the joint statement marked a significant step in raising awareness about the threats to karst aquifers and ecosystems. It underscored the need for enhanced international cooperation and robust policies to ensure their long-term preservation.

A notable resolution adopted during UNEA-6 addressed environmental recovery in conflict-affected areas, reflecting the assembly's commitment to supporting regions facing environmental crises exacerbated by conflict.

As UNEA's presidency transitions to Oman for UNEA-7, scheduled for December 2024, there is a continued push for increased global focus on karst and cave conservation. For the first time, the UIS International Governance Committee participated in UNEA, represented by Ferdi-

nando Didonna, with technical contributions from George Veni on karst groundwater. VdHK, which holds ECOSOC status, played a pivotal role in enabling UIS participation.

The UIS committee actively contributed through preparatory discussions and public interventions, which led to the inclusion of cave

and karst protection in the global environmental discourse. Moving forward, continued advocacy and collaboration will be essential to safeguarding these critical ecosystems for future generations. Didonna (2024) describes the meeting in detail.

## 6. Global Environment Outlook 7

When Ferdinando Didonna attended UNEA 6 in Nairobi, Kenya, speleology also learned about the Global Environment Outlook (GEO)—a series of reports that analyze the state and development of the global environment. It is a global process driven by the UNEP at regional, national, and local levels around the world.

The reports are published during United Nations Environment Assemblies (UNEA). The new edition, GEO-7, will focus on assessing solution pathways for policymakers

in different socio-economic and policy contexts, with sufficient guidance on the practical steps for implementation, timing, potential challenges, ways to manage unintended consequences, and potential

socio-economic benefits of these transformations.

Both the main report and the summary for policymakers of GEO-7 shall be launched and endorsed at UNEA-7, in 2026. The headline over all GEO-7 topics is “Action for a Healthy Planet.”

During a UNEP online meeting, it was announced that reviewers are needed. Three members of the ECPC applied and were accepted by UNEP: Stanimira Deleva, Ferdinando Didonna, and Bärbel Vogel. They commented on the sections for freshwater and land and soils. Nico Goldscheider and George Veni assisted on freshwater. The main chapters of the GEO-7 report will be finalized in July 2025. Hopefully, caves and karst will be recognized in at least a small part of them.

## 7. Conclusions

Many nature conservation issues are supported by several organizations, but speleology is the only competent partner in regard of caves and karst. It must take an active role to influence politics on every level because politics affect caves and karst. The authors hope that the work of the past years can be an incentive for more speleologists to engage in these vital efforts. This political engagement is not just explaining karst, but to formulate demands and needs for caves and karst that are added to laws, guidance, and official documents.

To backup those protection topics, data are needed urgently. As

voted at the 2022 UIS General Assembly, member countries shall report about the status of cave and karst in general and their protection issues.

Bio- as well as geodiversity, sustainable development, and circular economies are crucial for our wellbeing and should be taken seriously by everyone. In the future, an increasing number of companies will need the advice of conservation organizations. Data on caves and karst are mostly managed by UIS members and privately owned. Speleology must prepare for these future needs and opportunities for caves and karst.

## Acknowledgments

We gratefully thank Patrizia Heidegger, EEB, for all her support and guidance, John Gunn, Hans Jürgen Hahn for their constant engagement.

## References

- (1) World Karst Aquifer Map <https://numis.niedersachsen.de/trefferanzeige?docuuid=473d851c-4694-4050-a37f-ee421170eca8>
  - (2) IUCN/WCPA Guidelines for Cave and Karst Protection <https://www.iucn.org/resources/jointly-published/guidelines-cave-and-karst-protection-second-edition>
  - (3) IUCN/WCPA Guidelines for Geoconservation in Protected and Conserved Areas <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-031-En.pdf>
  - (4) Cave Animal of the Year <https://hoehlentier.de/en/>
- DIDONNA, F. (2024) Advancing karst and cave ecosystem protection: insights from UNEA-6. *UIS Bulletin*, 66(1):23-24. <http://uis-speleo.org/wp-content/uploads/2024/07/UIS-Bulletin-Volume-66-1-June-2024.pdf>

MATTES, J. (2024) UIS becomes full member of International Science Council. *UIS Bulletin*, 66(1):12. <http://uis-speleo.org/wp-content/uploads/2024/07/UIS-Bulletin-Volume-66-1-June-2024.pdf>

VENI, G. (2022) UIS at the United Nations Groundwater Summit. *UIS Bulletin*, 64(2):69-70. <http://uis-speleo.org/wp-content/uploads/2022/12/uisb642.pdf>

VENI, G. (2025) The International Year of Caves and Karst (2021-2022). In *Sixty Years of the UIS: 1965-2025*, J.A. LABEGALINI (ed.), International Union of Speleology, Postojna, Slovenia.

VOGEL, B. (2023) United Nations, conferences and speleology. *UIS Bulletin*, 65(1-2):11-13. <http://uis-speleo.org/wp-content/uploads/2024/02/UIS-Bulletin-65-12-December-2023.pdf>







**19<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
CONGRESS OF SPELEOLOGY**  
**38º Congresso Brasileiro de Espeleologia**  
20-27 DE JULHO DE 2025 - BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS – BRASIL

