

HENRIQUE SIMÃO PONTES
LAÍS LUANA MASSUQUETO
ORGANIZADORES



PROJETO ESPELEOPIRAÍ

EM DEFESA DO PATRIMÔNIO NATURAL DE PIRAÍ DA SERRA/PR



PROJETO ESPELEOPIRAÍ

EM DEFESA DO PATRIMÔNIO NATURAL DE PIRAÍ DA SERRA/PR



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente

Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Ministra

Marina Silva

Secretário Executivo

João Paulo Capobianco

**Secretaria Nacional de Biodiversidade,
Florestas e Direitos Animais**

Rita de Cássia Guimarães Mesquita

**INSTITUTO CHICO MENDES
DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

Presidente

Mauro Oliveira Pires

**Diretor de Pesquisa, Avaliação e
Monitoramento da Biodiversidade**

Marcelo Marcelino de Oliveira

**Coordenador do Centro Nacional
de Pesquisa e Conservação de Cavernas**

Jocy Brandão Cruz

**MARGEM COMPANHIA DE MINERAÇÃO
(SUPREMO SECIL CIMENTOS)**

Diretor Presidente

Paulo Nascentes da Silva

Diretor de Operações

Fabio Krzyzanowski

Gerente de Segurança e Meio Ambiente

Douglas Augusto de Souza

HENRIQUE SIMÃO PONTES
LAÍS LUANA MASSUQUETO
ORGANIZADORES

PROJETO ESPELEOPIRAÍ

EM DEFESA DO PATRIMÔNIO NATURAL DE PIRAÍ DA SERRA/PR

1ª EDIÇÃO, 2023
PONTA GROSSA

ABC
projetos culturais

Este livro foi desenvolvido a partir do projeto de pesquisa EspeleoPirai: patrimônio espeleológico arenítico da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra/PR, coordenado pelo Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) e com recursos oriundos do Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica – TCCE nº 01/2021 entre Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Margem Companhia de Mineração (Supremo Secil Cimentos).

Todos os direitos autorais das imagens, textos e figuras deste livro pertencem ao Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) e aos respectivos autores e autoras citados, sua reprodução é permitida com a citação da fonte.

P964 Projeto EspeleoPirai: em defesa do patrimônio natural de Pirai da Serra/PR/ organizado por Henrique Simão Pontes; Laís Luana Massuqueto. 1ª ed. Ponta Grossa: ABC Projetos, 2023.
164 p.; il.

ISBN: 978-65-86870-24-4

1. Pirai da Serra /PR – Campos Gerais. 2. Patrimônio espeleológico. 3. Patrimônio arqueológico. 4. Escarpa Devoniana. I. Pontes, Henrique Simão (org.); II. Massuqueto, Laís Luana (org.). III. T.

CDD: 913

Ficha Catalográfica Elaborada por Maria Luzia F. B. dos Santos CRB 9/986



Rua Sebastião Marcondes Ferreira, 22, Oficinas
Ponta Grossa/PR
CEP 84035-610
Fone: (42) 3226-6754
abcprojetos@abcprojetos.com.br

Parceiros



Gestão Operacional



Organização



Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica nº 01/2021



ORGANIZADORES

Henrique Simão Pontes

Laís Luana Massuqueto

AUTORES

Alessandro Giulliano Chagas Silva	Jasmine Cardozo Moreira
Angelo Eduardo Rocha	Jean Carlos Vargas
Caroline Rosa Silva	Karla Eduarda de Oliveira
Cintia Xavier	Kleber Makoto Mise
Daniel Atencio	Laís Luana Massuqueto
Fábio Macedo de Lima	Luiz Ricardo Olchanheski
Felipe Simão Pontes	Marcos Pileggi
Flavia Fernanda de Lima	Nair Fernanda Burigo Mochiutti
Gabriel de Souza Ghedin	Paola Pereira Constantin
Gilson Burigo Guimarães	Rodrigo Aguilar Guimarães
Henrique Simão Pontes	Tatiane de Souza

REVISÃO

Vanessa Saboia Zappia

CAPA

Abrigo da Preguiça - município de Castro

Foto de Henrique Simão Pontes

PROJETO GRÁFICO/ DIAGRAMAÇÃO

Dyego Marçal/ ABC Projetos Culturais

SUPERVISÃO EDITORIAL

Alessandra Bucholdz/ ABC Projetos Culturais

*Este livro é dedicado à
Nair Rodrigues Schvilzki (in memoriam)*

Agradecimentos

À Regina Rodrigues Scvilzki, Emerson Sebastião Scvilzki e Nair Rodrigues Scvilzki (*in memoriam*) da Pousada Serra do Pirai, por nos receberem em todas as expedições, sempre com muita amabilidade, boas conversas, dicas certeiras e excelente comida!

À Cinara de Souza, proprietária da Fazenda Invernada, por permitir a realização de pesquisas e demais atividades em sua propriedade, por viabilizar contatos, por nos ajudar na articulação de atividades do projeto, pela constante presença e demais apoios despendidos durante estes mais de dois anos de projeto.

Ao 1º Tenente BM Paulo Marcelo Ribas Ribeiro e ao 1º Sargento BM Hamilton Dias Ribeiro Sobrinho, do Corpo de Bombeiros de Ponta Grossa e Castro, que durante todas as etapas de campo do EspeleoPirai estiveram vigilantes, dando suporte à segurança de todos os integrantes envolvidos no projeto.

Ao Jocy Brandão Cruz e a toda sua equipe do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - ICMBIO/CECAV pela dedicação em prol do patrimônio espeleológico nacional e por todo apoio para o desenvolvimento do Projeto EspeleoPirai.

À Carolina Müller e Helena Zarantonielli da Costa, integrantes do Mater Natura - Instituto de Estudos Ambientais, por todo o apoio, atendimento e agilidade em solucionar as diferentes demandas administrativas e financeiras do Projeto EspeleoPirai.

Ao reitor Miguel Sanches Neto e aos pró-reitores de administração (PROAD/UEPG), Emerson Martins Hilgemberg (atual) e Ivo Mottin Demiate (ex-pró-reitor, atual vice-reitor), e de pesquisa (PROPESP/UEPG), Giovani Marino Favero, por todo o apoio institucional fornecido ao Projeto EspeleoPirai.

À Ana Paula de Freitas Pacheco, Coordenadora de Logística da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), pela constante prontidão nos pedidos de veículos, essenciais para as expedições de campo.

Aos pesquisadores e as pesquisadoras integrantes do Projeto EspeleoPirai que não constam como autores deste livro, mas que contribuíram para o desenvolvimento das atividades do projeto.

À Jéssica Natal, Assessora de Comunicação da Coordenadoria de Comunicação Social (CCOM/UEPG), pelo apoio na divulgação dos resultados do EspeleoPirai e por fornecer conteúdo estatístico das publicações da UEPG sobre o projeto.

Ao Williams Paredes Munguia e Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi pelas identificações de invertebrados cavernícolas e a Claudio Augusto Ribeiro de Souza, pelo auxílio na identificação do material de diplópodos.

À empresa Ecossistema Consultoria e Planejamento Ambiental Ltda. pelo apoio de equipamentos em campo e laboratório para o desenvolvimento das análises de biologia de invertebrados.

Os autores e autoras deste livro também agradecem a todas as pessoas abaixo listadas, moradores e moradoras da área do Projeto EspeleoPiraí, pelas autorizações de acesso, indicações de localização de cavernas e sítios arqueológicos, recepção amistosa, dicas de acesso e contatos, por todo o apoio fornecido durante as pesquisas e demais atividades do projeto.

Em Piraí do Sul:

*Aldo e família
Anderson Bueno Martins
Antonio Souza
Belão
Berti
Cezaídes
Clodoaldo (Preto)
Dagmara
Eurides
Firmino
Jacir
Jacir e Cida
Josiane, Néia, Euvira e família
Josinei
Junior e Carolina
Lauro
Nivaldo e família
Tito
Toninho
Vitório Solek, Lineu Solek e família
Vito
Zeco
Zeno
Zezão*

Em Castro:

*Emanueli e família
Haroldo Bento Carneiro
Lauro Biassio e família
Zé do Bi e família*

Em Tibagi:

*Dona Noêmia
Coroné
Gonza
Hamilton (Gaúcho)*

Sumário

12

Prefácio

Cinara de Souza

15

CAPÍTULO 1

A origem e concepção do Projeto EspeleoPiraí

Henrique Simão Pontes, Laís Luana Massuqueto

29

CAPÍTULO 2

Front e reverso da Escarpa Devoniana: aspectos geográficos da área de estudo

Nair Fernanda Burigo Mochiutti, Gilson Burigo Guimarães, Rodrigo Aguilar Guimarães

39

CAPÍTULO 3

As cavidades subterrâneas

Rodrigo Aguilar Guimarães, Henrique Simão Pontes, Laís Luana Massuqueto

53

CAPÍTULO 4

Feições da geodiversidade superficial e subterrânea de Piraí da Serra: produtos de fenômenos naturais interligados

*Gilson Burigo Guimarães, Nair Fernanda Burigo Mochiutti, Rodrigo Aguilar Guimarães,
Karla Eduarda de Oliveira*

65

CAPÍTULO 5

As precipitações minerais secundárias

Daniel Atencio, Henrique Simão Pontes

81

CAPÍTULO 6

Fauna cavernícola da Escarpa Devoniana em Piraí da Serra: o que se conhece até o momento

Kleber Makoto Mise, Gabriel de Souza Ghedin

91

CAPÍTULO 7

Microbiologia das cavernas

Caroline Rosa Silva, Paola Pereira Constantin, Luiz Ricardo Olchanheski, Marcos Pileggi

101

CAPÍTULO 8

**Pinturas rupestres em abrigos e cavernas:
a arqueologia da Escarpa Devoniana em Piraí da Serra**

Laís Luana Massuqueto, Henrique Simão Pontes, Tatiane de Souza, Alessandro Giulliano Chagas Silva

117

CAPÍTULO 9

Jornalismo e Comunicação no Projeto EspeleoPiraí

Angelo Eduardo Rocha, Cintia Xavier, Felipe Simão Pontes

129

CAPÍTULO 10

**Segurança em ambientes naturais: experiências
na procura e exploração de cavernas e sítios arqueológicos**

Jean Carlos Vargas, Fábio Macedo de Lima, Henrique Simão Pontes, Laís Luana Massuqueto

139

CAPÍTULO 11

Ações de conservação: desafios e oportunidades

Henrique Simão Pontes, Laís Luana Massuqueto, Flavia Fernanda de Lima, Felipe Simão Pontes, Rodrigo Aguilar Guimarães, Nair Fernanda Burigo Mochiutti, Jasmine Cardozo Moreira, Gilson Burigo Guimarães, Jean Carlos Vargas, Angelo Eduardo Rocha, Kleber Makoto Mise

158

Currículos

Prefácio

Cá estou a fazer o prefácio do livro “**Projeto EspeleoPiraí em Defesa do Patrimônio Natural de Piraí da Serra/ PR**”. Apresentar esta obra foi o convite mais incrível da vida, o qual aceitei de forma impetuosa e só me dei conta de que nunca antes fiz um prefácio quando fui escrevê-lo! E assustei-me mais ainda quando li Dino Segrè sobre prefácios como sendo algo que não se lê nem antes nem depois, e então a minha missão ficou dupla: escrever e ser interessante o suficiente para ser lido.

Escrevo sobre uma equipe incrível de profissionais das áreas de geografia, geologia, mineralogia, biologia, microbiologia, turismo, arqueologia e comunicação que uniram conhecimentos e forças em prol da pesquisa científica. Portanto, prepare-se para viajar por ambientes cavernícolas, sítios arqueológicos e explorar o Abrigo da Raridade ou a Fenda da Janela e deparar-se com as inéditas pinturas rupestres das Araucárias.

Antes, porém, faz-se necessário esclarecer que Piraí da Serra foi o nome dado ao recorte geográfico feito pelos pesquisadores, e que compreende os municípios de Piraí do Sul, Castro e Tibagi.

Este livro é o resultado de três anos de pesquisas coordenado pelo GUPE (Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas) e será um material pedagógico fantástico para as instituições de ensino, um norte para as políticas públicas com foco na conservação e sustentabilidade. Tudo isso muito bem dividido em onze capítulos de uma leitura deliciosa que flui como a brisa ao pé da serra.

Foram desenvolvidos trabalhos de prospecção, exploração e descrição espeleológica e arqueológica, cadastro e mapeamento de cavernas, levantamentos microbiológicos, pesquisas com a fauna de invertebrados e de quirópteros. Entretanto, uma das descobertas que merece destaque está no capítulo 8: o Abrigo das Araucárias! Esse abrigo com pinturas rupestres representando um capão com treze araucárias e vinte antropomorfos, chama a atenção pelo grau de realismo das figuras e é o primeiro e único painel com representações de araucárias. O achado dessas inéditas pinturas rupestres revela um pouco mais sobre as populações que por estas bandas moravam e deixa aberta uma janela para novas pesquisas sobre as populações originárias.

Assim como a Escarpa Devoniana separa o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense, este livro faz um marco divisório ao trazer uma série de descobertas sobre a região dos Campos Gerais, sem mencionar a riqueza e beleza da escarpa com seu aspecto recortado único.

Todas as propriedades foram visitadas somente após autorização dos proprietários, o que mostra a seriedade do GUPE. Seriedade esta que também se torna evidente na devolutiva feita para a sociedade, pois este trabalho não ficará circunscrito somente ao meio científico, pois já está sendo socializado com a comunidade local.

Nos vários ambientes cavernícolas foi detectada uma fauna muito particular e de grande valor científico, como ácaros ainda não descritos pela ciência, isolados bacterianos que poderão dar origem a produtos ecológicos a serem usados na agricultura e fontes de medicamentos para tratamento de doenças como o câncer. Isso mesmo que você leu, em Pirai da Serra foi encontrado um isolado bacteriano que poderá vir a ser fonte para o tratamento do câncer!

Outra grande virtude desta obra está na forma de comunicar e disponibilizar este conhecimento ao público, com uma linguagem acessível e atraente.

Como uma boa “furneira” (moradora da região da serra das Furnas), sinto-me envaidecida pela monumental pesquisa ocorrer nos municípios de Castro, Pirai do Sul e Tibagi, pois trouxe à tona nosso potencial cultural, histórico, científico, turístico e econômico. E não posso deixar de mencionar sobre o sentimento de pertença que este trabalho despertará em cada munícipe, visto que os municípios da pesquisa em questão são colocados em posição de destaque no cenário nacional.

Boa leitura e aproveite a viagem pela escarpa!

Cinara de Souza

*Historiadora e Especialista em Arqueologia,
Etno-História e Etnologia do Paraná*



CAPÍTULO 1

A origem e concepção do Projeto EspeleoPiraí

Henrique Simão Pontes
Laís Luana Massuqueto

Foram anos de espera até que fosse possível que o Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) realizasse um estudo sistemático envolvendo prospecção e caracterização das cavernas e de seu vasto conteúdo natural e cultural na região de Piraí da Serra (Figura 1), área distribuída ao longo dos municípios de Piraí do Sul, Castro e Tibagi, região dos Campos Gerais do Paraná.

Historicamente, há décadas, diferentes equipes de pesquisadores e pesquisadoras produziram levantamentos nesta região, envolvendo as mais diversas áreas da ciência, com o reconhecimento de plantas, de animais, caracterização das rochas e de solos, registros de antigos povos indígenas, análise de elementos históricos e dinâmicas sociais.

Mas é o projeto denominado “Caracterização do Patrimônio Natural dos Campos Gerais”, efetivado no início dos anos 2000¹, que pode ser considerado o pioneiro em realizar uma ação de grande escala e envolver profissionais de várias áreas do conhecimento científico para o desenvolvimento de um estudo sistemático sobre a região dos Campos Gerais. Os resultados desse projeto, coordenado por professores (as) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), evidenciaram

a importância geológica, ecológica e cultural da área, e desencadeou uma sequência de outros levantamentos ao longo dos anos. E Piraí da Serra ganhou destaque no contexto regional, o que resultou na proposta de criação de uma área protegida, exclusiva para assegurar a manutenção de sua riqueza natural² e, posteriormente, um projeto específico para a área denominado “Diagnóstico ambiental da região de Piraí da Serra visando à sustentabilidade regional”.

Mesmo com a realização de vários estudos ao longo dos anos, além de um projeto abrangente de caracterização do patrimônio natural regional, o potencial para novas descobertas não se esgotou, ainda há várias áreas não investigadas. Além disso, nunca houve projetos e ações que se propusessem a executar trabalhos específicos de inventário e caracterização das cavernas de Piraí da Serra (Figura 2). Contudo, desde sua reativação, entre os anos de 2008 e 2009, o GUPE tem entre seu quadro de membros pesquisadores e pesquisadoras que participaram e contribuíram com os vários projetos de caracterização do patrimônio natural dos Campos Gerais. Como estes estudos anteriores incluíram a região de Piraí da Serra, há anos integrantes do GUPE já conheciam o potencial da área para a ocorrência de ca-

vernas e sítios arqueológicos, mas não tiveram a oportunidade de realizar pesquisas nesse sentido.

Assim, o interesse em desenvolver estudos espeleológicos em Piraí da Serra é antigo, mas para realizar um projeto sistemático de prospecção de cavernas, além da disponibilidade de pessoas para trabalhar, requer recursos financeiros para custear gastos com deslocamento, alimentação, hospedagem e equipamentos específicos. O GUPE é uma organização da sociedade civil sem fins lucrativos, que atua na defesa e proteção das cavernas e do patrimônio natural e cultural des-

de o ano de 1985. Todas as ações do grupo são voluntárias por parte de seus integrantes, mas o desenvolvimento de projetos de pesquisa depende de apoio financeiro de instituições públicas ou privadas. Neste sentido, desde o ano de 2013, o Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas possui um repertório de projetos para o estudo de cavernas na região dos Campos Gerais do Paraná. Algumas tentativas foram realizadas com o objetivo de conseguir recursos para o desenvolvimento de um projeto específico em Piraí da Serra, mas sem sucesso por muito tempo.



Figura 1 – Trecho da Escarpa Devoniana situado na porção Sul do Projeto EspeleoPiraí, nas proximidades do *Canyon* do Guartelá, na divisa dos municípios de Tibagi e Castro. Foto de Henrique Simão Pontes.

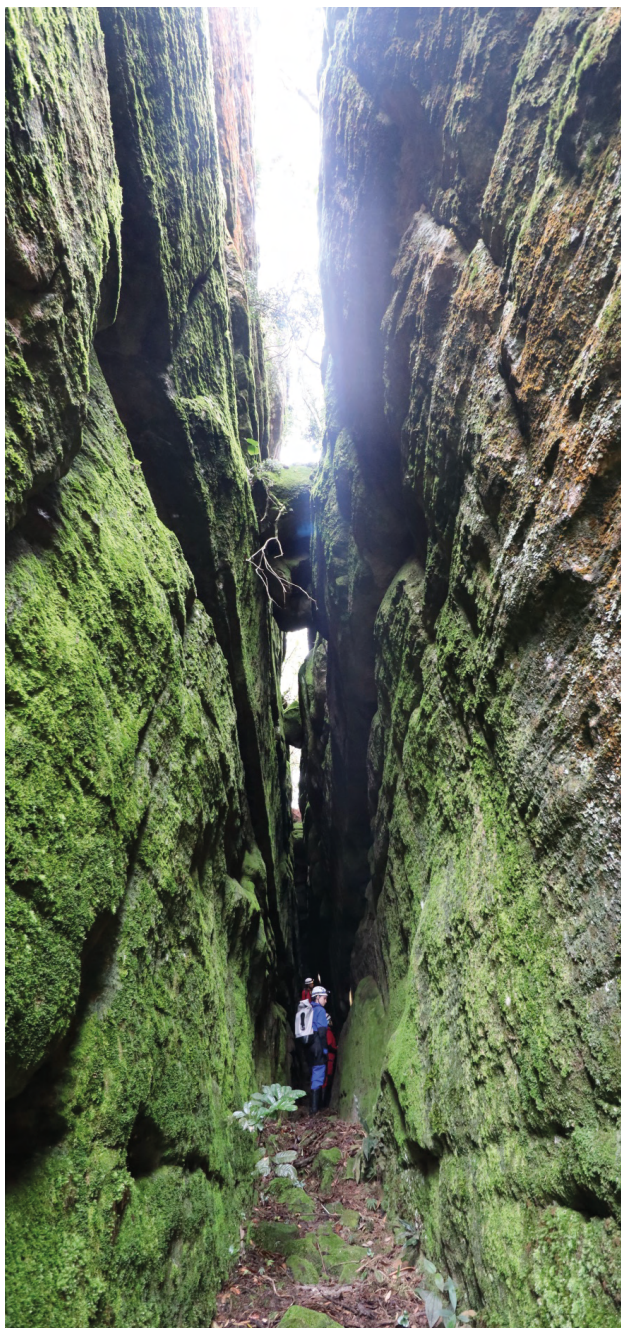


Figura 2 – Entrada da Fenda do Sapo, em Piraí do Sul, uma das novas cavidades subterrâneas identificadas durante o projeto.
Foto de Henrique Simão Pontes.

Esta realidade se alterou durante a pandemia de COVID-19, em setembro do ano de 2020, quando o Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas (CE-CAV), órgão vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) do Ministério do Meio Ambiente do Governo Federal, convidou o GUPE para uma reunião virtual. O foco do encontro remoto foi tratar sobre a oportunidade de destinação de recursos financeiros, oriundos de um Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE), para o desenvolvimento de um projeto de pesquisa no Paraná.

Pouco menos de um ano depois, era firmado o TCCE nº 01/2021 entre Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Margem Mineração (Secil Cimentos) e se iniciava o projeto de pesquisa **“EspeleoPiraí: patrimônio espeleológico arenítico da Escarpa Devoniana em Piraí da Serra/PR”**, coordenado pelo Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE).

Ao longo dos últimos anos a Escarpa Devoniana, a serra que separa o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense, tem passado por diferentes tipos de degradações por conta da ação humana, principalmente devido à instalação de grandes empreendimentos e atividades de alto impacto ambiental (Figura 3). Não bastasse esses problemas, em 2017, um projeto de lei da Assembleia Legislativa do Estado do Paraná (proposta arquivada no ano de 2018) pretendia acabar com dois terços do território total de uma importante unidade de conservação criada para proteger a escarpa, a Área de Proteção Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana^{3,4}. Este frequente risco de

destruição da Escarpa Devoniana, de perda dos ecossistemas a ela associados, pela existência de várias áreas ainda não investigadas e, consequentemente, baixo nível de conhecimento sobre esta região, levou o GUPE a desenvolver um programa denominado EspeleoEscarpa, com o objetivo de prospectar e estudar as cavernas e sítios arqueológicos deste território.

Foi considerando este contexto que, a partir da oportunidade propiciada pelo CEC-CAV/ICMBio, o projeto EspeleoPiraí foi concebido e uma área específica da região de Piraí

da Serra foi selecionada para os estudos: a Escarpa Devoniana e seu entorno imediato nos municípios de Piraí do Sul, Tibagi e Castro, totalizando mais de nove mil hectares (Figura 4). Neste recorte espacial foram desenvolvidos trabalhos de: prospecção e descrição espeleológica e arqueológica; cadastro e mapeamento de cavernas e sítios arqueológicos; levantamentos microbiológicos, da fauna de invertebrados e de quirópteros (morcegos); além da caracterização da geodiversidade subterrânea e do ambiente superficial.



Figura 3 – Plantio comercial de espécie arbórea exótica (pinus) em desrespeito ao Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651/2012) que impõe uma área de preservação permanente de 100 metros em projeção horizontal a partir da borda de escarpas (chapadas). Foto de Rodrigo Aguilar Guimarães.

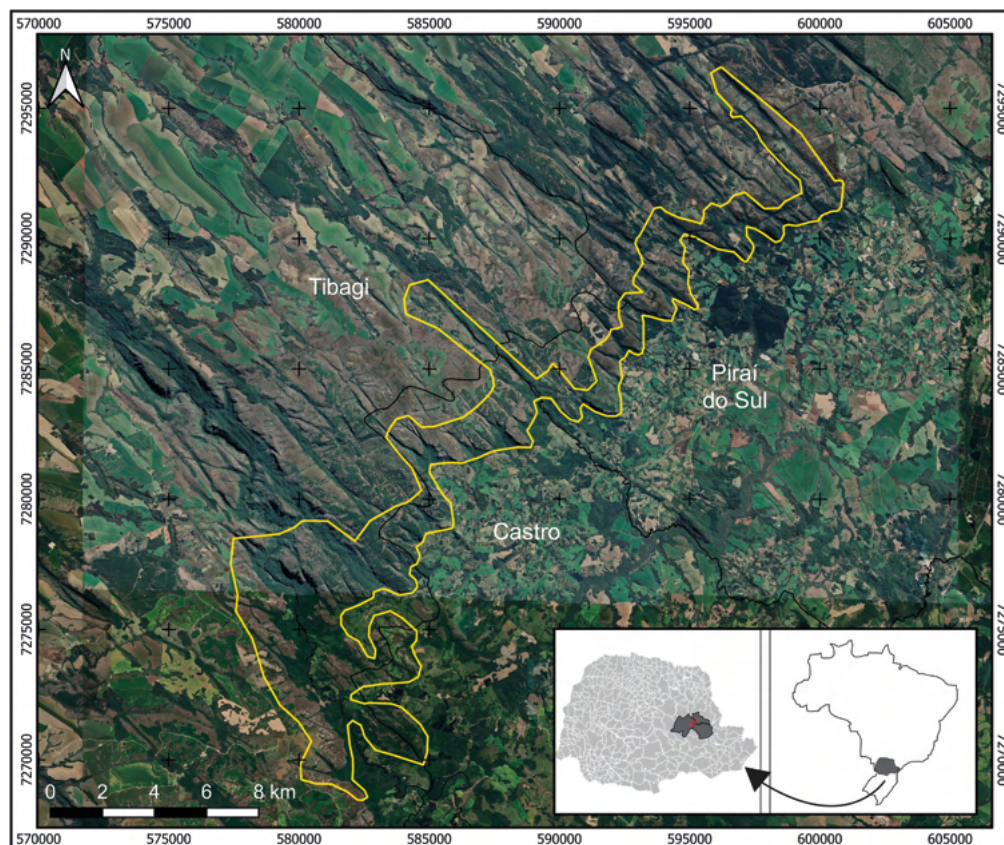


Figura 4 – Localização da área do Projeto EspeleoPiraí (em amarelo). Fonte: imagem orbital Google Earth.

Além da identificação de áreas prioritárias para a conservação do patrimônio espeleológico e arqueológico, o objetivo foi produzir conhecimento sobre uma porção de Piraí da Serra que ainda não tinha ganhado a atenção necessária da comunidade acadêmica. A proposta foi planejada para subsidiar ações de gestão, fiscalização e educação patrimonial, essenciais para a proteção do patrimônio espeleológico, arqueológico e demais elementos naturais e culturais da Escarpa Devoniana e adjacências. As pesquisas se alinharam com as premissas e os componentes previstos no Programa Nacional da Conservação do Patrimô-

nio Espeleológico (PNCPE), presentes na Portaria MMA nº 358, de 30 de setembro de 2009⁵.

Desde o início do projeto, 19 expedições foram realizadas, somando 47 dias de trabalhos em campo e mais de 270 km percorridos a pé pelas equipes de investigadores (figuras 5, 6 e 7). As etapas de campo oscilaram entre momentos com duas e até três equipes atuando simultaneamente e de dias com a atuação de apenas um grupo. Estiveram envolvidos 32 pesquisadores e pesquisadoras especialistas das áreas da Geografia, Geologia, Mineralogia, Biologia, Microbiologia, Turismo, Arqueologia e Comunicação.



Figura 5 – Equipes de prospecção em atividade. Foto de Rodrigo Junghans.



Figura 6 – Equipes de prospecção, microbiologia e comunicação em atividade. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 7 – Equipe de prospecção em atividade. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

Além do GUPE, integrantes de várias instituições atuaram no desenvolvimento do projeto, como: Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Agência de Jornalismo (UEPG), Arqueo-Trekking, Departamento de Jornalismo (UEPG), Geodiversidade Soluções Geológicas, Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP-Açungui), Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP), Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada (LPGA) da Universidade

Federal do Paraná (UFPR), Laboratório de Turismo em Áreas Naturais (LabTan/UEPG), Laboratório de Geologia Pesquisa (UEPG), Laboratório de Microbiologia Ambiental (UEPG), Planalto Arqueologia e Patrimônio, Programa de pós-graduação em Geografia (UEPG) e Mestrado em Jornalismo (UEPG) (figuras 8 a 15). Além dessas instituições, o Mater Natura - Instituto de Estudos Ambientais colaborou diretamente através da gestão operacional do projeto.



Figuras 8 e 9 – Integrante da equipe de prospecção (à esquerda) realizando coleta de coordenadas de ponto de interesse com o aparelho GPS. Integrantes da equipe de microbiologia durante trabalho de coletas em cavidade (à direita). Fotos de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 10 – Integrantes da equipe de prospecção analisando espeleotemas no teto de uma cavidade. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 11 – Integrante da equipe de geodiversidade analisando amostra de rocha. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 12 – Processo de coleta de invertebrados realizada por pesquisador da equipe de biologia subterrânea. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 13 – Processo de mapeamento espeleológico. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 14 – Pesquisador realizando a verificação do pH da água presente no interior de uma caverna. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 15 – Membro da equipe de jornalismo e comunicação durante captura de filmagens para microdocumentário. Foto de Felipe Simão Pontes.

Com os resultados obtidos a partir das pesquisas produzidas no âmbito do Projeto EspeleoPiraí pode-se dizer que o patrimônio natural e cultural da Escarpa Devoniana possui dimensão ainda incalculável e guarda surpresas inimagináveis. A identificação de lugares surpreendentes, que ainda não eram conhecidos e catalogados, revela que muito pouco se sabe sobre esta porção do Paraná e que ainda há muito a ser explorado, identificado e estudado.

Ao todo 252 pontos de interesse foram identificados e inventariados, dentre esses, 123 ocorrências de cavernas, onde até então, não havia nenhum registro, o que comprovou o alto potencial espeleológico regional. Além de dezenas de novos sítios arqueológicos. Um dos principais destaques foram as pinturas rupestres de araucá-

rias, achado inédito de repercussão nacional, por se tratar da primeira ocorrência da árvore símbolo do estado do Paraná em registro rupestre, além das impressionantes pinturas do Abrigo da Metamorfose, que se destaca pelo ótimo estado de conservação das pinturas e número total de motivos pintados.

Além das pesquisas acadêmicas, o Projeto EspeleoPiraí também desenvolveu ações e produtos de educação patrimonial, como um documentário de acesso público disponível em quatro episódios⁶, livreto infantil, oficinas de capacitação com professores, palestras com a comunidade local e atividades de divulgação técnica com órgãos públicos de gestão e fiscalização do patrimônio natural (Figura 16).



Figura 16 – Uma das palestras de divulgação dos resultados do Projeto EspeleoPiraí destinada para órgãos públicos ambientais, culturais, de fiscalização e da Justiça. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

Depois de dois anos de intensas investigações em campo, laboratório e escritório, com base nas experiências vivenciadas pelos integrantes deste projeto, através das pesquisas científicas, produtos e ações desenvolvidas, intercâmbio de informações e cooperação, os resultados finais foram sintetizados e apresentados ao longo deste livro.

Após este primeiro capítulo, de apresentação sobre a origem e concepção do projeto, o Capítulo 2 mostra o contexto geográfico da área de estudo com uma descrição da paisagem da Escarpa Devoniana. No terceiro capítulo o foco recai sobre as cavidades subterrâneas, as características das cavernas, como se formaram e a importância desses ambientes. No tópico seguinte, as feições da geodiversidade superficial e subterrânea são analisadas demonstrando que as feições cársticas das rochas são produtos originados por fenômenos naturais interligados. No Capítulo 5, discussões sobre a composição, curiosidades e desafios dos estudos sobre as precipitações minerais secundárias identificadas em abrigos e paredões rochosos são postas em debate. Os Capítulos 6 e 7 são direcionados para a descrição dos aspectos biológicos das cavernas, iniciando com os morcegos, invertebrados e depois com os microrganismos e os potenciais biotecnológicos das bactérias identificadas em algumas cavernas. No oitavo capítulo a riqueza arqueológica é apresentada, com foco nos locais de ocorrência de pinturas rupestres, evidenciando os principais sítios da região. Na sequência é abordado sobre as experiências da equipe de jornalismo e comunicação, no Capítulo 9, e da equipe de segurança e emergência, no Capítulo 10.

No décimo primeiro e último capítulo deste livro, o tema conservação é discutido. Neste momento é posto em debate os riscos ao patrimônio natural e cultural regional e o resultado do processo de quantificação dos principais locais amostrados, evidenciando as áreas de relevante valor científico e prioritárias para conservação. Por fim,

discute-se sobre as ações, desafios e oportunidades para a região da Escarpa Devoniana em Piraí da Serra.

Referências

¹ MELO, M.S. de et al. Caracterização do Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Projeto financiado pela Fundação Araucária e CNPq. Ponta Grossa: UEPG (relatório interno). 2003.

² MELO, M. S. de et al. Piraí da Serra: proposta de nova Unidade de Conservação nos Campos Gerais do Paraná. PublicatioUEPG - Ciências Biológicas e da Saúde, v.10, n.3/4, p.85-94, set./dez. 2004.

³ PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L.; GUIMARÃES, G.B.; ROCHA, C.H. O projeto de lei de redução da APA da Escarpa Devoniana: ameaças à proteção dos campos nativos e cavernas dos Campos Gerais do Paraná, Brasil. Terr@ Plural, Ponta Grossa, v.12, n.2, p. 211-237, maio/ago. 2018.

⁴ MOCHIUTTI, N.F.; GUIMARÃES, G.B. A comunicação para a conservação: o caso do movimento em prol da APA da escarpa Devoniana (Paraná, Brasil). Terræ Didactica, 14(4), p. 455-462, 2018.

⁵ MMA – Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 358, de 30 de setembro de 2009. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=115230>. Acesso em 07 de abril de 2023.

⁶ GUPE – Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas. Projeto EspeleoPiraí: em defesa do patrimônio natural de Piraí da Serra/PR. Disponível em: <https://www.youtube.com/@gupecavernas3781/videos>. Acesso em 07 de abril de 2023.





CAPÍTULO 2

Front e reverso da Escarpa Devoniana: aspectos geográficos da área de estudo

Nair Fernanda Burigo Mochiutti
Gilson Burigo Guimarães
Rodrigo Aguilar Guimarães

Entre os anos de 2000 e 2003, um projeto de pesquisa coordenado por professores da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) se dedicou a fazer uma caracterização do patrimônio natural da região dos Campos Gerais¹. Ao longo desse projeto uma área chamou a atenção dos pesquisadores pelas belas paisagens e pelo bom estado de conservação dos remanescentes de campos nativos e matas com araucária². Compreendendo segmentos dos municípios de Pirai do Sul, Castro e Tibagi, esta área especial consiste em um polígono delimitado a nordeste pela Estrada do Cerne (PR-090), a sudeste pela Escarpa Devoniana, a sudoeste pelo rio Iapó e a noroeste pelos rios

Guaricanga e Fortaleza. Os pesquisadores atribuíram a esse recorte geográfico o nome de “Pirai da Serra”, uma alusão ao termo “Serra do Pirai”, que é utilizado em Pirai do Sul para se referir à Escarpa Devoniana.

A área de estudo do Projeto EspeleoPirai, como o próprio nome do projeto sugere, está contida na região acima mencionada (Pirai da Serra; ver Capítulo 1), abrangendo o *front* (face) e o sopé da Escarpa Devoniana (Figura 1) desde a rodovia PR-090 até as imediações do rio Iapó, morros testemunhos (Figura 2) e setores localizados no reverso imediato do escarpamento (Figura 1), envolvendo áreas com *canyons*, fendas e afloramentos rochosos em topos e encostas.

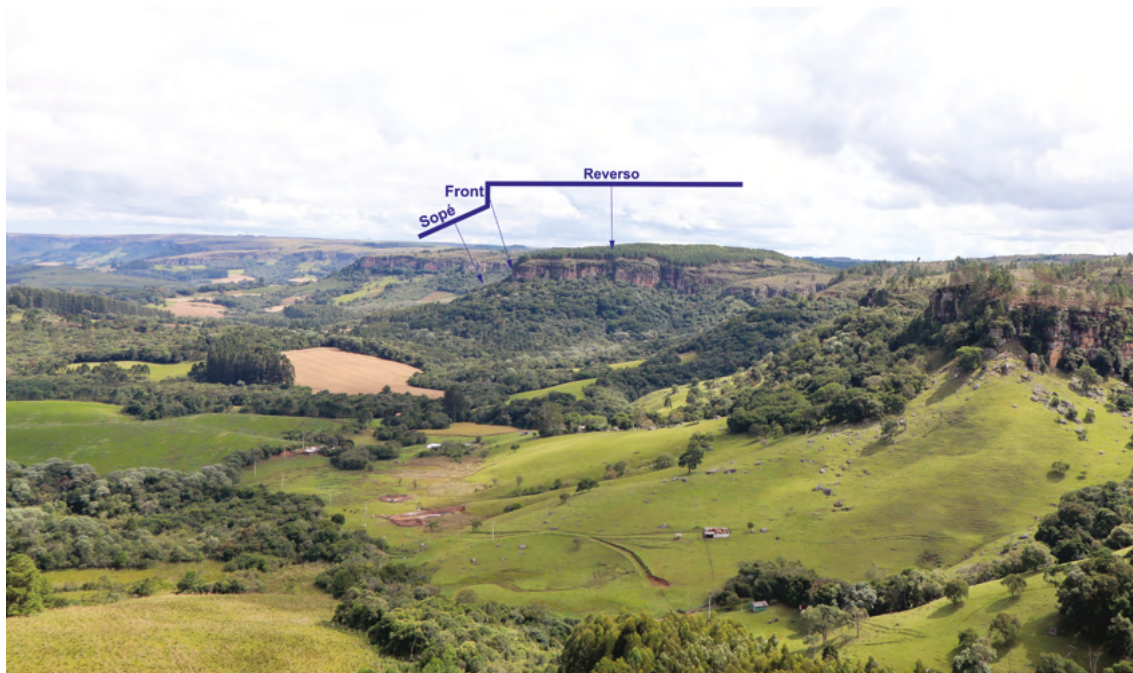


Figura 1 – Segmento da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra no município de Pirai do Sul. Na imagem estão indicados os elementos que caracterizam o escarpamento: reverso (topo), *front* (face do paredão) e sopé (base). É possível ver também o caráter festonado da escarpa, caracterizado pela sucessão de projeções rochosas e reentrâncias. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 2 – Morro testemunho em frente ao escarpamento no município de Castro. Este é um exemplo de porções do relevo que no passado integraram a Escarpa Devoniana e atualmente estão isoladas da mesma pelo seu recuo erosivo. Foto de Nair Fernanda Burigo Mochiutti.

A Escarpa Devoniana é assim o elemento central para descrever a geografia da área de estudo. Esta forma de relevo que se desenha na paisagem como um imponente degrau rochoso é facilmente identificável em fotografias aéreas, imagens de satélite e mapas topográficos. Divide compartimentos geomorfológicos e geológicos do estado, delimita fitofisionomias do Bioma Mata Atlântica, condiciona, juntamente com outras estruturas associadas, o comportamento dos rios, influencia as condições meteorológicas e orienta os usos do solo pela população local.

A escarpa consiste em paredões rochosos verticalizados que podem atingir em alguns pontos desníveis de até 300 m e altitudes de seu topo entre 1.100 e 1.300 m. O adjetivo “Devoniana” faz referência à idade das rochas que sustentam essa estrutura de relevo (dominantemente arenitos da Formação Furnas), as quais teriam se originado em algum momento (400 a 420 milhões de anos) do período geológico Devoniano³. O escarpamento, por sua vez, é mais recente, iniciando-se no Mesozoico, tendo sua fase principal de esculturação ao longo do Cenozoico (últimos 66 milhões de anos)⁴.

Este grande degrau na topografia separa o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense e delimita também as rochas do Embasamento daquelas da

Bacia do Paraná. Os paredões expõem parte significativa da sequência sedimentar da Formação Furnas⁵ e de seus contatos com a Formação Iapó ou com o Grupo Castro, que aparecem na base do escarpamento (Figura 3).

O Grupo Castro integra rochas que atuaram como o substrato (o Embasamento) para a gênese da Bacia do Paraná, sendo representado por rochas ligadas tanto a erupções vulcânicas (riolitos, ignimbritos, andesitos), entre 560 e 530 milhões de anos, como a antigos depósitos fluviais (arcóseos, siltitos, conglomerados)⁶. Os diamictitos da Formação Iapó, que estão relacionados ao desgaste erosivo de geleiras há aproximadamente 450 milhões de anos, junto com os arenitos da Formação Furnas constituem as unidades mais antigas da Bacia do Paraná na região, sendo a primeira pouco espessa e descontínua, aparecendo de forma restrita na área. Já os arenitos da Formação Furnas são predominantes, tanto no escarpamento como em seu reverso. Adicionalmente, cortando esse conjunto, ocorrem diques de rochas ígneas intrusivas (principalmente o diabásio, popularmente conhecido como pedra-ferro), os quais serviram de condutos para os derrames de lavas associados ao Magmatismo Serra Geral, no início do Cretáceo, há 133 milhões de anos⁷ (Figura 4).



Figura 3 – Contato geológico entre o Grupo Castro (na base), diamictitos da Formação Iapó (na porção média) e a Formação Furnas (o teto do abrigo) no *front* da Escarpa Devoniana em Pirai do Sul. Foto de Nair Fernanda Burigo Mochiutti.



Figura 4 – Face de quebra de um bloco de diabásio, oriundo de um dique no leito de um curso d'água em uma das reentrâncias do escarpamento. A parte mais externa, afetada pelo intemperismo, apresenta-se avermelhada pela alteração dos minerais ricos em ferro. Foto de Rodrigo Aguilar Guimarães.

A Escarpa Devoniana não se restringe ao setor em estudo, estendendo-se desse ponto para o sul até a divisa de Balsa Nova com a Lapa e para norte, adentrando no estado de São Paulo, cobrindo ao todo um trecho com cerca de 260 km de extensão⁸. Mas seu segmento em Pirai da Serra possui algumas particularidades, principalmente o fato de ser muito recortado ou festonado (figuras 1 e 5). Isso acontece por Pirai da Serra se situar no eixo do chamado Arco de Ponta Grossa, um fenômeno tectônico cujo período de máxima atividade foi durante o Mesozoico.

Este evento corresponde ao soerguimento da crosta terrestre com eixo na direção NW-SE, quando os continentes Sul-Americano e Africano se separaram, afetando principalmente a re-

gião onde hoje se encontra o estado do Paraná. Este arqueamento da crosta deu origem a várias fraturas (Figura 5), onde uma parte significativa foi preenchida pelos diques do Magmatismo Serra Geral. Isto leva a região de Pirai da Serra a abrigar uma das maiores concentrações do tipo no mundo (Enxame de Diques do Arco de Ponta Grossa). Dado o seu grande número, esses diques constituem um dos principais fatores de controle do modelado do relevo nesta área, onde o condicionamento pelo tectonismo tem como um dos principais indicadores a rede de drenagem, onde rios e riachos apresentam um forte paralelismo na faixa onde a quantidade de diques é mais elevada.

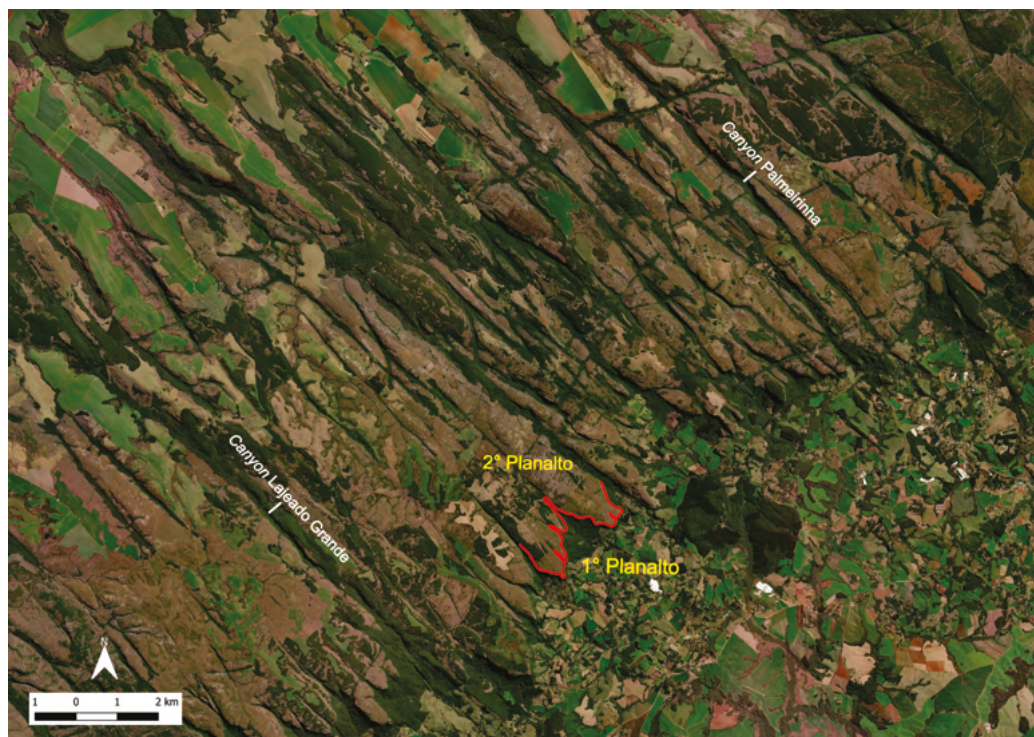


Figura 5 – Imagem de satélite de um setor em Pirai da Serra em que se destacam várias estruturas de direção NW-SE associadas ao eixo do Arco de Ponta Grossa, a exemplo dos *canyons* nominados. É possível ver ainda a borda recortada da Escarpa Devoniana (como o segmento indicado em vermelho). Imagem base: Esri Satellite. Organização de Nair Fernanda Burigo Mochiutti.

O recuo da escarpa na porção central do Arco de Ponta Grossa foi guiado pela malha de rios posicionados sobre os diques⁹. A ação erosiva fluvial é mais eficiente nas rochas ígneas, as quais são mais suscetíveis do que a rocha encaixante, no caso a Formação Furnas. Desta forma, estes cursos d'água escavam facilmente os seus leitos, muitas vezes rompendo a escarpa e originando *canyons* com vertentes abruptas e profundas. Como consequência do recuo da escarpa, originam-se festões alongados segundo a direção das rochas intrusivas e os morros testemunhos, conferindo à Escarpa Devoniana em Pirai da Serra o aspecto recortado anteriormente mencionado.

A maioria dos cursos d'água que nascem no reverso da escarpa, em função do caimento geral do relevo do Segundo Planalto para oeste e do controle estrutural com direção NW-SE, corre para a margem esquerda dos rios Guaricanga e Fortaleza, assumindo padrão paralelo ou em treliça⁴. Outras drenagens são condicionadas por estruturas NE-SW e deságuam no rio Iapó. Tanto os rios Guaricanga e Fortaleza como o rio Pirai-Mirim, com suas nascentes junto ao *front* da escarpa, são afluentes do rio Iapó, integrando de forma mais ampla a Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.

Em relação à vegetação, a Escarpa Devoniana em Pirai da Serra delimita os remanescentes

tes de duas fisionomias do Bioma Mata Atlântica (Figura 6). No Primeiro Planalto estão presentes formações florestais da Mata Ombrófila Mista (ou Mata com Araucária). No reverso da escarpa, recobrimdo os topos aplainados e encostas, ocorrem os campos nativos, tendo como característica

marcante uma vegetação de arbustos e árvores de pequeno porte que, frequentemente, aparece associada a capões de Mata com Araucária, a florestas nos fundos dos vales e a manchas de cerrado¹⁰.



Figura 6 – Contraste entre a Floresta Ombrófila Mista (Mata com Araucária) junto à base e sopé da Escarpa Devoniana no Primeiro Planalto e os campos nativos no reverso do escarpamento, no domínio do Segundo Planalto. Os caminhos de gado no campo mostram o uso extensivo da pecuária nesse setor. Foto de Rodrigo Aguilar Guimarães.

A paisagem natural em Pirai da Serra possui características peculiares na construção da sua ocupação, onde coexistem diferentes tempos e diferentes formas de se relacionar com a natureza. Traçando uma linha do tempo com ponto de partida há aproximadamente 10.000 anos (período de onde remontam os primeiros indícios de ocupação dos Campos Gerais)¹¹ em direção aos dias atuais, pode-se identificar que esta região foi palco da vivência de antigas populações indígenas, fato comprovado por vestígios arqueológicos,

e marcada pela forte influência do tropeirismo, presente na configuração fundiária e nos traços culturais da população local, advinda dos antigos tropeiros.

Os elementos arqueológicos mais comuns encontrados em Pirai da Serra são as pinturas rupestres. Os povos originários do Paraná, além de evidenciar sua relação com os aspectos naturais da região nos grafismos, também a demonstraram na escolha dos locais onde realizaram seus registros: abrigos naturais nos arenitos da For-

mação Furnas, estrategicamente protegidos das intempéries e dos animais indesejados, com boa insolação e próximos a fontes de alimento e água (ver Capítulo 8).

As características ecológicas e topográficas da região também foram decisivas para o percurso dos tropeiros. A vegetação predominante de campos limpos na borda oriental do Segundo Planalto e a presença constante de rios e riachos recortando os campos garantiam abundância de pastagens e água para os rebanhos, as chamadas invernadas. A topografia suave dos topos com passagens naturais pelos vales e *canyons* representava um alívio na cansativa jornada a ser vencida pelos viajantes, em comparação com as dificuldades encontradas em outras regiões do estado, com relevo mais “hostil” e florestas densas e fechadas. Estas características naturais favoráveis para criação e condução do gado despertaram a atenção dos ricos habitantes de São Paulo, Santos e Paranaguá, levando à concessão das primeiras sesmarias na região, as quais vieram a se tornar grandes fazendas que hoje se distribuem onde antes havia o caminho das tropas¹².

A herança tropeira está presente nos costumes, na toponímia, na organização familiar e na estrutura fundiária dos municípios que possuem parte de seus territórios na área de estudo (Piraí do Sul, Castro e Tibagi). Durante as etapas de campo percebeu-se a baixa densidade demográfica, principalmente no setor do reverso da escarpa, não possuindo núcleos com maior adensamento de residências. A área é constituída por grandes e médias propriedades, cujos donos muitas vezes são de outros municípios e até de outros estados, e/ou pertencem a uma geração familiar que veio dos tropeiros. Nos setores localizados junto à base da escarpa a estrutura fundiária muda um pouco, incluindo também pequenas propriedades e uma presença maior de residências, por vezes adensadas em pequenos núcleos, a exemplo das locali-

dades de Piraí Mirim e Guararema (Castro), por onde os pesquisadores e as pesquisadoras do projeto circularam para reconhecer e acessar a área de estudo e realizar os contatos prévios com proprietários.

Para além da influência na ocupação e organização do território, as características naturais da área de estudo, principalmente a barreira natural que a Escarpa Devoniana representa, orientam os usos do solo na região. Na base do escarpamento as encostas com maior declividade, quando não ocupadas por formações florestais em diferentes estágios de regeneração, são utilizadas para criação de animais, pequenas roças de subsistência e mesmo florestamentos com eucalipto e pinus. Afastando-se da escarpa para leste, o cenário é bem diferente, um mosaico composto por cultivos e granjas entremeados por remanescentes florestais (Figura 7). Já no reverso do escarpamento as áreas com remanescentes de campos nativos e de relevo mais acidentado são utilizadas para a criação extensiva de gado (Figura 6) e monoculturas (soja, milho etc.). No entanto, é cada vez mais presente a silvicultura, descaracterizando as paisagens típicas dos Campos Gerais, tanto pelo plantio comercial como pela dispersão oriunda desta atividade (Figura 8).

É nesse contexto geográfico que o Projeto EspeleoPiraí foi realizado, ora no *front*, ora no reverso da Escarpa Devoniana, com subidas e descidas entre o Primeiro e o Segundo Planalto que por vezes se aproveitaram de estradas vicinais e em outras de passagens naturais, exigindo longas caminhadas pela mata, pelos cursos d’água e pelos campos. E no caminho, muitas prosas com os moradores locais, contribuição preciosa na autorização de acesso a propriedades, na indicação de caminhos, de contatos e mesmo da ocorrência de cavidades naturais subterrâneas e de sítios arqueológicos.



Figura 7 – Vista do Primeiro Planalto a partir do topo da Escarpa Devoniana. Afastando-se do escarpamento o relevo mais suave favorece uma modificação mais intensa da paisagem, como usos agrícolas, florestamentos com espécies exóticas (pinus e eucalipto) e granjas. Foto de Rodrigo Aguilar Guimarães.



Figura 8 – Invasão de pinus oriundo de dispersão em áreas de campos e afloramentos rochosos no reverso da Escarpa Devoniana. Foto de Robertha Trevisan Coradassi Buff.

Referências

- ¹ MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B (Orgs.). Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007.
- ² MELO, M. S.; MATIAS, L. F.; GUIMARÃES, G. B.; CRUZ, G. C. F.; BARBOLA, I. F.; GEALH, A. M.; MORO, R. S.; AYUB, C. L. S. C.; MORO, P. R.; MOREIRA, J. C. Pirai da Serra: proposta de nova unidade de conservação nos Campos Gerais do Paraná. Publicatio, Ponta Grossa, v.3, n.4, p. 85-94, set/dez. 2004.
- ³ ASSINE, M. L. Fácies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, v. 29, n. 3, p. 357-370. 1999.
- ⁴ MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; RAMOS, A. F.; PRIETO, C. C. 2007. Relevô e Hidrografia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Orgs.) Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007. cap.4, p. 49-58.
- ⁵ ASSINE, M. L. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. 1996. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- ⁶ MAPA, F. B.; MARQUES, I. P.; TURRA, B. B.; PALMEIRA, L. C. M. Áreas de relevante interesse mineral (ARIM): geologia e recursos minerais da bacia de Castro, estado do Paraná. Série províncias minerais do Brasil, 27. São Paulo: CPRM, 2019.
- ⁷ MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. In: Cartas Estratigráficas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287. 2007.
- ⁸ SOUZA, C. R. G.; SOUZA, A. P. O Escarpamento Estrutural Furnas, SP/PR. Raro sítio geomorfológico brasileiro. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Orgs.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP): Brasília, 2002. p. 299-306.
- ⁹ MARINI, O. J.; FUCK, R. A.; TREIN, E. Intrusivas básicas Jurássico-Cretáceas do Primeiro Planalto do Paraná. In: BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V. M. (Orgs.). Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas subseqüentes da porção oriental do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, n. 23-25, p.307-324. 1967.
- ¹⁰ MORO, R. S.; CARMO, M. R. B. A vegetação campestre nos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Orgs.) Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. cap. 8, p. 93-98.
- ¹¹ PARELLADA, C. I. Arqueologia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S. de; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. cap. 17, p. 163-170.
- ¹² ROCHA, C. H.; WEIRICH NETO, P. H. Origens dos sistemas de produção e fragmentação da paisagem nos Campos Gerais do Paraná. In: MELO, M. S. DE; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Orgs.) Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. cap. 18, p. 171-180.



CAPÍTULO 3

As cavidades subterrâneas

Rodrigo Aguilar Guimarães

Henrique Simão Pontes

Laís Luana Massuqueto

Quando se pensa em cavidades subterrâneas, popularmente conhecidas como cavernas ou grutas, é comum a imagem de um grande vazio sob a terra, sem a presença de luz, habitado por morcegos e criaturas diferentes daquelas conhecidas em superfície, com estruturas rochosas pendendo dos tetos e crescendo do chão. Ainda que esse cenário seja possível, está longe de representar toda a diversidade de ambientes cavernícolas. Imagens como essa são mais vinculadas a contextos ricos em rochas que apresentam em sua composição minerais carbonáticos, como calcários e mármore, que são dissolvidos pela ação da água que chove e infiltra no solo, e se enquadram no processo clássico de formação de cavernas. Neste modelo tradicional, a interação desse fluido, de composição ácida, com o material rochoso gera vazios que podem se interconectar formando grandes sistemas subterrâneos¹.

Contudo, cenários como os encontrados no contexto da Escarpa Devoniana (descrita no Capítulo 2) são compostos por rochas sedimentares siliciclásticas, como arenitos e conglomerados², ou seja, ricas em minerais do grupo dos silicatos, quartzo, muscovita e outros resistentes à dissolução pela ação das águas superficiais e subterrâneas. Em casos como esse, as cavidades subterrâneas podem ser geradas por uma associação de processos distinta do modelo tradicional de carstificação do material rochoso. Dessa for-

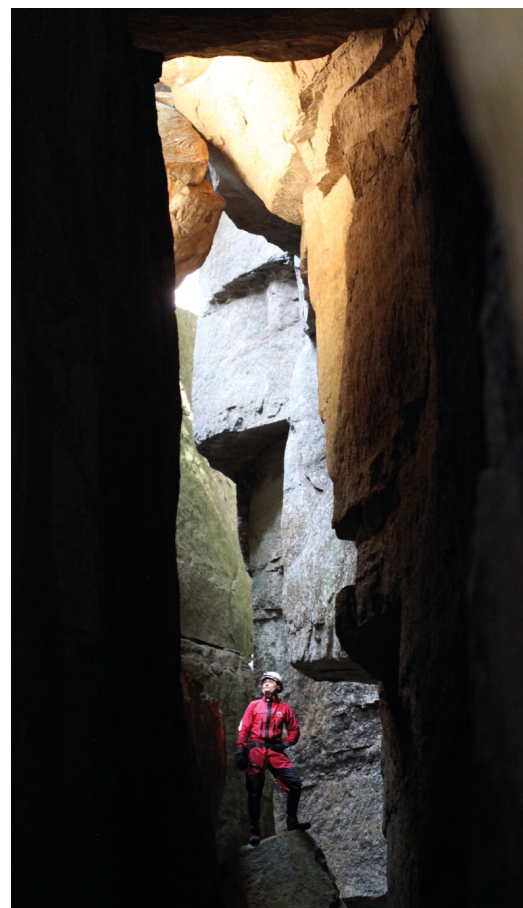


Figura 1 – Fenda da Janela, em Pirai do Sul, maior cavidade da área do projeto, exemplo de típica cavidade do *front* da Escarpa Devoniana, desenvolvida pela evolução erosiva dos paredões escarpados. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

ma, o caráter mecânico da geração de espaço em subsuperfície – principalmente por meio de fraturas, quedas de blocos e deslocamentos do maciço rochoso, cumpre importante papel no processo de formação das cavernas e, em um primeiro momento, parece ser um fator preponderante (Figura 1).

No entanto, isso não significa que o componente químico, ou cárstico, não seja relevante na geração das cavidades, pelo contrário, são frequentes e desempenham papel fundamental no modelado do relevo e na gênese das cavernas (Figura 2). Não apenas são visíveis claros sinais de dissolução e precipitação mineral, como no caso dos espeleotemas³ (ver Capítulo 5), como também a própria evolução mecânica dos

sistemas subterrâneos é facilitada pela interação química entre a água subterrânea e o substrato rochoso. Ao aproveitar as descontinuidades de fraturas e estruturas como o acamamento das rochas, a água percola, dissolve parcialmente os minerais e torna essas zonas especialmente suscetíveis à evolução espeleológica pelo intemperismo físico. Essa facilitação inicial por intemperismo químico é chamada de primocarste⁴, que pode ser desenvolvida em dois processos, a arenização e a fantomização, e é fundamental para a evolução de ambientes cársticos não-convencionais (desenvolvidos em rochas não carbonáticas, como quartzarenitos), caso específico da Formação Furnas.



Figura 2 – Gruta do Topo, em Piraí do Sul, exemplo de cavidade com gênese associada a processos cársticos e mecânicos, evoluída tanto pela dissolução mineral quanto pelo alargamento de descontinuidades tectônicas e sedimentares do maciço rochoso. Foto de Alexandre Crispim.

Assim, podem se formar cavidades com dimensões extremamente variadas, desde pequenos espaços entre matacões até sistemas de dutos e fendas com centenas de metros de extensão e abismos com dezenas de metros de profundidade. É comum que esses ambientes sigam tendo intercâmbio de massa e energia com o ambiente superficial, ainda que existam exceções. Portanto, a geração de contextos francamente subterrâneos é menos frequente, com predomínio de penumbra no lugar de zonas afóticas e presença frequente de biota e material abiótico oriundos da superfície no interior das cavidades. Por se tratarem de ambientes com alta taxa de circulação de energia, a presença de matéria orgânica em abundância, somada a alta umidade em alguns casos, permite o desenvolvimento de uma fauna particular (como descrita no Capítulo 6).

As rochas da Formação Furnas, que afloram em toda a extensão da Escarpa Devoniana e seu reverso, são compostas principalmente por arenitos e conglomerados quartzosos cimentados por caulinita e illita, argilominerais ricos em alumínio e resistentes, porém, não imunes à dissolução^{5,6,7}. Nessas rochas também há a presença de diversos sistemas de fratu-

ras, em especial um de direção nordeste e outro de noroeste. Ainda que antigos (o primeiro é relacionado a processos tectônicos de cerca de 600 milhões de anos e o outro, com a abertura do Oceano Atlântico há cerca de 130 milhões de anos⁸) esses sistemas influenciam até hoje a gênese e evolução das cavernas e do relevo da região.

Isoladamente, cada conjunto de fraturas representa zonas de fraqueza potenciais para o desenvolvimento da carstificação inicial e posterior processo mecânico de formação de cavidades subterrâneas. Porém, quando diferentes direções de rupturas se interceptam, forma-se uma malha de fissuras extremamente promissora para que haja o desabamento de fragmentos de rochas de dimensões variadas, como blocos e matacões (Figura 3), deslocamento de paredões, infiltração de água e solapamento do terreno. Quando essas interconexões encontram escarpamentos, como é o caso dos paredões da Escarpa Devoniana, outra componente de desenvolvimento é adicionada, sendo esse contexto o mais propício para a geração de cavidades em áreas como a do recorte espacial do Projeto EspeleoPirai (Figura 4).



Figura 3 – Diferentes ângulos da Gruta Bonita, em Tibagi, exemplo de cavidade desenvolvida no *front* da Escarpa Devoniana. Espaços estreitos com grandes desníveis verticais são muito comuns em fendas e abismos. Fotos de Laís Luana Massuqueto.



Figura 4 – Gruta do Matacão, em Pirai do Sul, cavidade subterrânea desenvolvida a partir da ação mecânica, especificamente pela queda e rearranjo de matacões e blocos do maciço rochoso. Foto de Rodrigo Aguilar Guimarães.

É o caso de cenários como o do Morro Redondo, em Pirai do Sul (PR), que abriga ambientes como a Fenda da Janela e o Sistema de Grutas Cezaídes, as maiores cavidades encontradas na área (Figura 5). Como ali ocorre a influência de diferentes famílias de fraturas junto à escarpa, inúmeros sistemas subterrâneos são gerados nas bordas do maciço rochoso, alguns com mais de 140 metros de desenvolvimento linear e 12 metros de desnível.

Contudo, um tipo característico de cavidades subterrâneas da região são os abrigos, espaços que geralmente apresentam pequeno desen-

volvimento linear, mas podem atingir dezenas de metros de amplitude lateral, geralmente bem-iluminados e com influência dominante do ambiente superficial (Figura 6). A formação desse tipo de cavidade é menos influenciada pelos sistemas de fraturas descritos anteriormente. Sua gênese está mais relacionada com heterogeneidades das características litológicas e texturais das rochas, que podem favorecer a erosão diferencial de materiais de natureza distinta. A marcante estratificação e presença de descontinuidades sedimentares nas rochas da Formação Furnas são fatores preponderantes para o desenvolvimento de cavidades do tipo abrigos.

Essas diferenças podem aparecer dentro de rochas da mesma unidade, como as discrepâncias entre conglomerados, ricos em grãos centimétricos, e arenitos mais finos da Formação Furnas⁹, ou de unidades distintas. Neste último caso, o

contraste textural ocorre em contatos geológicos, como é o caso entre a base da Formação Furnas com os diamictitos da Formação Iapó¹⁰, rochas ricas em material extremamente fino, ou até mesmo com as unidades vulcânicas do Grupo Castro.

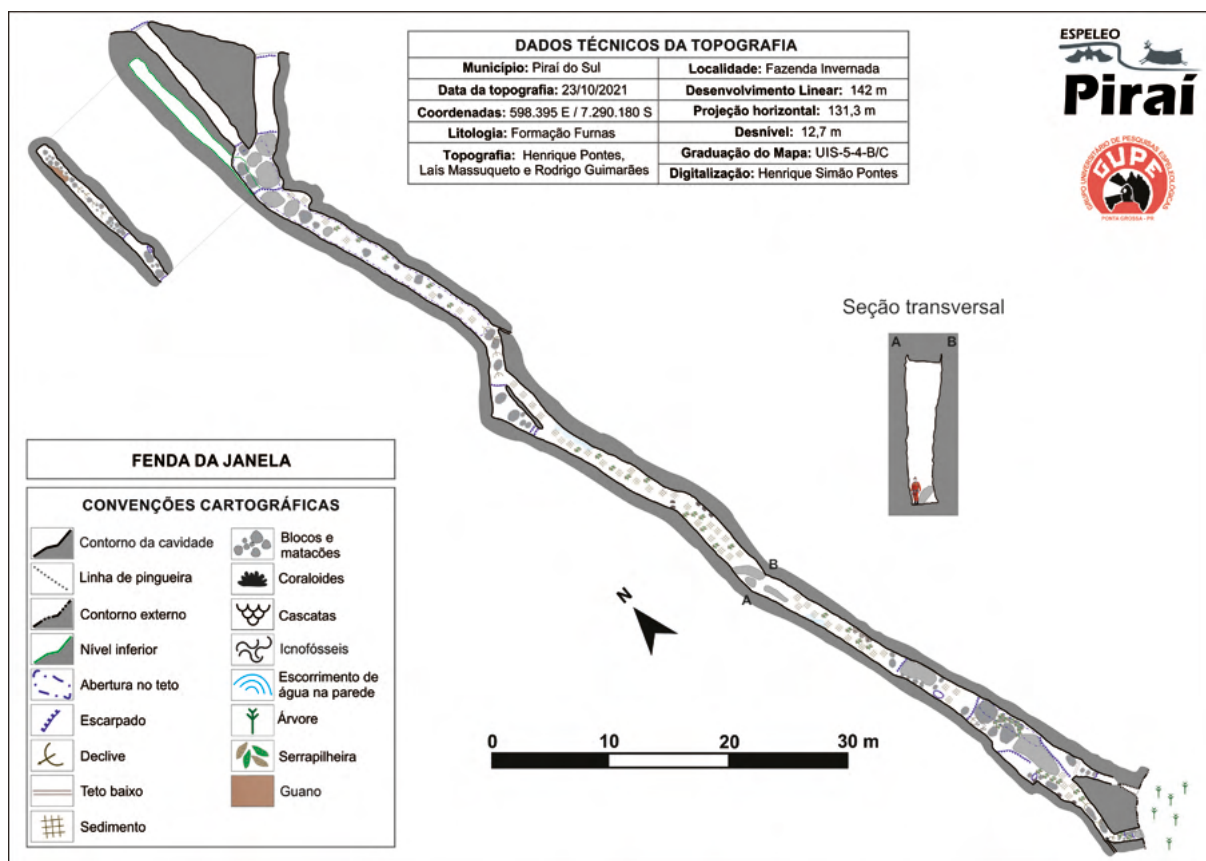


Figura 5 – Mapa espeleológico da Fenda da Janela (Piraí do Sul) desenvolvido no Projeto EspeleoPiraí. Em mapas de cavernas, é preciso representar tanto o contorno da cavidade em si quanto os conteúdos geológicos, biológicos e arqueológicos relevantes, como espeleotemas, ocorrências de organismos e pinturas rupestres.



Figura 6 - Abrigo da Raridade, no município de Pirai do Sul. Os abrigos são os tipos mais comuns de cavidades subterrâneas na área do Projeto EspeleoPirai. Apesar de apresentarem poucos metros de desenvolvimento, estas cavernas podem conter importantes informações, constituírem sítios arqueológicos e feições geológicas. O Abrigo da Raridade, por exemplo, apresenta os maiores espeleotemas em rochas da Formação Furnas, conforme descrito nos Capítulos 4 e 5. Foto de Henrique Simão Pontes.

Em essência, seja por discrepâncias texturais ou estruturais, as rochas menos resistentes à erosão são mais escavadas pelas intempéries, gerando vazios denominados de abrigos que apresentam tetos compostos pelo material mais resistente. Mesmo pequenos, esses espaços podem conter importantes feições da geodiversidade e biodiversidade características de ambientes cavernícolas, tais como espeleotemas e organismos dependentes do contexto subterrâneo. Além disso, não são raros os exemplos de sítios arqueológicos pré-coloniais presentes nesses locais, especialmente de pinturas rupestres (ver Capítulo 8).

Também de maneira distinta dos sistemas espeleológicos mais complexos, os abrigos não se concentram necessariamente no *front* (porções onde ocorrem os paredões) da Escarpa Devoniana.

Ao invés disso, são frequentes os exemplos dessas cavidades em afloramentos e pequenos escarpamentos, no fundo de *canyons* e nos topos de morros, geralmente em áreas de ocorrência de campos naturais. Mesmo pequenos afloramentos rochosos podem condicionar a formação dessas feições, o que tornou a busca por cavidades durante o Projeto EspeleoPirai um trabalho minucioso e complexo.

A busca por cavernas na área de estudo envolveu mais de quarenta dias de trabalhos de prospecção. Antes das expedições de campo foram desenvolvidas análises de imagens orbitais (de satélites) que permitiam identificar áreas de maior potencial espeleológico. Para procurar por cavidades, as equipes do projeto investigaram áreas de difícil acesso, aplicaram o método de

prospecção em varredura nas bases dos paredões da Escarpa Devoniana, no interior de *canyons* e em áreas de afloramentos em topos e fundos de vales. A técnica principal baseou-se no caminhar, o que possibilita a busca ativa de todas as reentrâncias, aberturas e buracos que pudessem se tratar de cavernas. O sobrevoo com drone foi

outra técnica que orientou o direcionamento da prospecção durante o campo, facilitando o acesso das equipes ao amplificar a leitura das características do relevo local para o planejamento de rotas mais seguras e eficientes de caminhar (Figura 7).



Figura 7 – Imagem obtida a partir de drone durante prospecção, possibilitando observar uma cavidade na forma de fenda no *front* da Escarpa Devoniana. Foto de Rodrigo Aguilar Guimarães.

Ao todo, foram 123 cavidades subterrâneas identificadas (Figura 8). Contudo estima-se que as equipes de pesquisadores e pesquisadoras exploraram uma porção menor que 30% do *front* da Escarpa Devoniana na região de Pirai da Serra. Se considerar que a escarpa possui 220 km de extensão total em linha reta (apenas no estado do Paraná e sem considerar suas curvas e reentrân-

cias) e que na área do projeto ela apresenta 30 km de extensão, conclui-se que, de modo estimado, as equipes investigaram uma área menor que 5% do contexto completo da Escarpa Devoniana, uma ínfima quantidade de um vasto território que, com certeza, ainda guarda inúmeras surpresas e riquezas a serem descobertas.

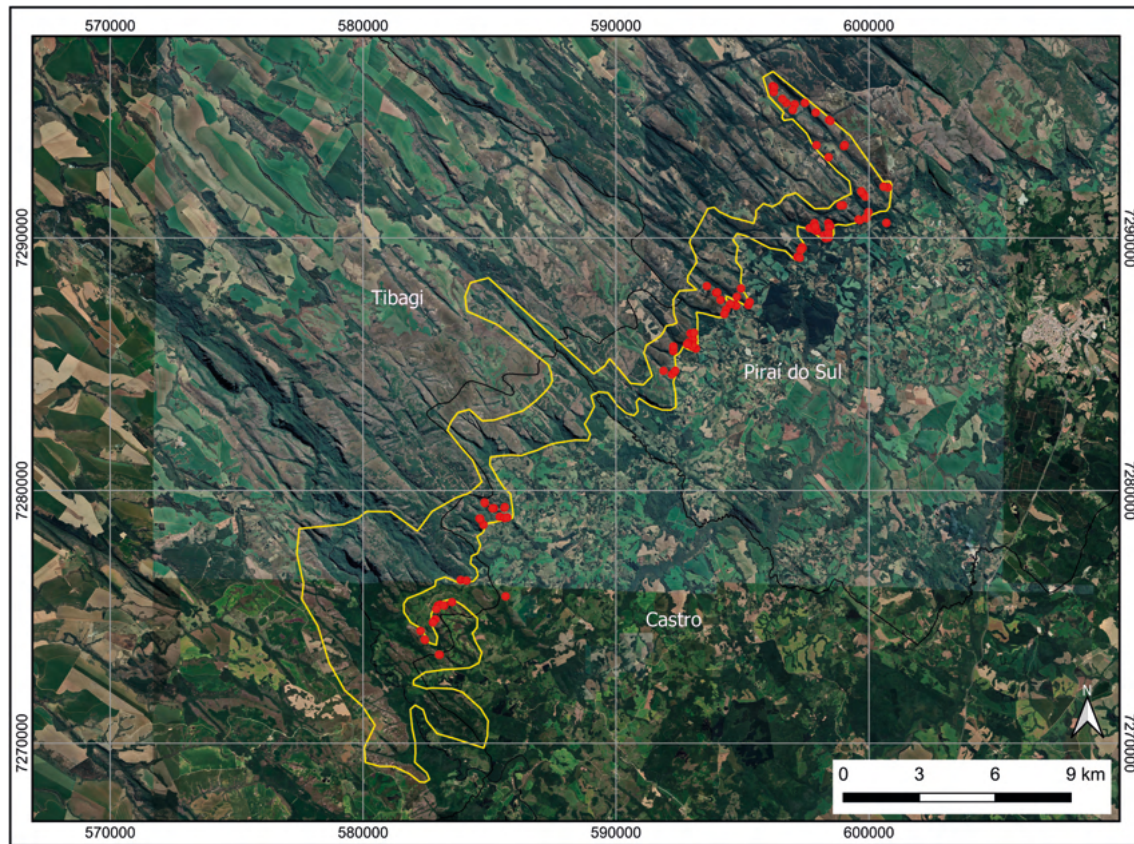


Figura 8 – Mapa de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas (pontos vermelhos) na área do Projeto EspeleoPirai (polígono em amarelo). Fonte: imagem orbital Google Earth.

Um olhar atento, uma busca minuciosa e uma mudança de perspectiva permitiram observar novos ambientes e identificar inúmeros elementos da paisagem subterrânea e superficial na área estudada. Independente de serem grandes sistemas subterrâneos, fendas profundas e

estreitas (Figura 9), pequenos abrigos, pequenas reentrâncias de teto baixo (Figura 10) ou apenas espaços entre blocos caídos (Figura 11), as cavidades subterrâneas da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra constituem um arcabouço que sustenta a vida e a geodiversidade subterrânea.



Figura 9 – Fenda da Coruja Branca, Pirai do Sul, cavidade do tipo fenda com passagem estreita. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 10 – Teto baixo no Abrigo das Equipes (Tibagi). Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 11 – Gruta da Jenga (Tibagi), cavidade em empilhamento de blocos e matacões. Foto de Henrique Simão Pontes.

As cavernas da Escarpa Devoniana também abrigam a história e a cultura do território dos Campos Gerais do Paraná. Paisagens onde há cavidades são consideradas reservatórios naturais de águas superficiais e subterrâneas de grande quantidade e qualidade, configurando importantes mananciais. Muitos rios da região nascem no interior de cavernas da escarpa. Neste sentido, além da manutenção da geodiversidade, biodiversidade e do patrimônio cultural, proteger as cavernas e a paisagem onde elas ocorrem é garantir a existência de água para abastecimento dos moradores, seus animais e áreas de plantio, permitir a existência de rios saudáveis para pesca e lazer e assegurar a existência e o desenvolvimento humano.

Referências

- ¹ TRAVASSOS, L. E. P. Princípios de carstologia e geomorfologia cárstica. 5 ed. Brasília: ICMBio, 2019. Disponível em: <http://editora.iabs.org.br/site/index.php/portfolio-items/principios-de-carstologia-e-geomorfologia-carstica>
- ² MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências – Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, mai./nov. 2007.
- ³ PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; MASSUQUETO, L. L. Speleothems in quartz-sandstone caves of Ponta Grossa municipality, Campos Gerais region, Paraná state, southern Brazil. *International Journal of Speleology*, Tampa, v. 49, n. 2, p. 119-136, mai. 2020.
- ⁴ PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; DE MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; MASSUQUETO, L. L. Características litofaciológicas e aspectos genéticos de feições cársticas da Formação Furnas e Arenito Vila Velha no município de Ponta Grossa (Paraná, Brasil). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(1), 1207. 2022
- ⁵ MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F. Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, Southern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 32, n.14, p. 2149-2164, jun. 2007. <https://doi.org/10.1002/esp.1520>
- ⁶ MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; PIGURIM, I.; BAGATIM, H. Q.; GIANNINI, P. C. F. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. *Espeleo-Tema*, Campinas, v. 22, n.1, p. 81-97, 2011.
- ⁷ MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; CHINELATTO, A. L.; GIANNINI, P. C. F.; PONTES, H. S.; CHINELATTO, A. S. A.; ATENCIO, D. Kaolinite, illite and quartz dissolution in the karstification of Paleozoic sandstones of the Furnas Formation, Parana Basin, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 63, p. 20-35, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.06.011>
- ⁸ RENNE, P. R.; DECKART, K.; ERNESTO, M.; FE'RAUD, G.; PICCIRILLO, E. M. Age of the Ponta Grossa dike swarm (Brazil), and implications to Paraná flood volcanism. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 144, n. 1-2, p. 199-211, out. 1996. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(96\)00155-0](https://doi.org/10.1016/0012-821X(96)00155-0)

⁹VARGAS, M. R.; SILVEIRA, A. S.; BRESSANE, A.; D'AVILA, R. S. F.; FACCION, J. E.; PAIM, P. S. G. The Devonian of the Paraná Basin, Brazil: Sequence stratigraphy, paleogeography, and SW Gondwana interregional correlations. *Sedimentary Geology*, v. 408, 105768, out. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2020.105768>

¹⁰ZABINI, C.; DENEZINE, M.; RODRIGUES, L. C. S.; GONÇALVES, L. R. O.; ADÔRNO, R. R.; CARMO, D.; ASSINE, M. L. Fossil diversity and taphonomy of glacial and post-glacial lower paleozoic strata, NE Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 111, 103470, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103470>



CAPÍTULO 4

Feições da geodiversidade superficial e subterrânea de Pirai da Serra: produtos de fenômenos naturais interligados

Gilson Burigo Guimarães
Nair Fernanda Burigo Mochiutti
Rodrigo Aguilar Guimarães
Karla Eduarda de Oliveira

Ao percorrer a área de Pirai da Serra o olhar de um caminhante, seja ele morador, visitante ocasional ou turista, facilmente será atraído por cenários marcados pela diversidade da sua natureza. Esta região reúne o que podem ser os últimos trechos mais expressivos dos Campos Gerais, onde ainda é possível reconhecer suas características naturais^{1,2}.

Com frequência as pessoas, por mais que registrem os contrastes de formas de relevo, áreas com exposições de rochas ou os rios em lajeados, se provocadas a descrever as peculiaridades desta região tendem a destacar elementos da fauna e da sua flora, ou seja, a biodiversidade. Ao longo deste livro se busca reforçar a necessidade de uma visão mais integradora, que dedique atenção aos organismos das cavidades subterrâneas da

região, além da própria presença milenar do ser humano, mas que também inclua elementos da variedade dos chamados componentes abióticos (não vivos), reunidos no conceito de geodiversidade.

Entende-se como geodiversidade a variedade natural (diversidade) de feições geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (formas de relevo na topografia, processos físicos), dos solos e hidrológicas³. No caso específico da região de Pirai da Serra, a aplicação do termo está associada às particularidades do contexto de limite entre os dois principais compartimentos geológicos do território paranaense (Bacia do Paraná e seu embasamento), uma fronteira natural expressa também como uma importante estrutura de relevo regional, separando o Primeiro e o

Segundo Planalto Paranaense, que é a Escarpa Devoniana.

Talvez um dos grandes desafios esteja em construir a compreensão de que a leitura da paisagem, começando pelos elementos da geodiversidade, avançando para os da biodiversidade e alcançando a sociedade, deve ultrapassar o chamado retrato do momento. É fundamental entender que o quadro atual é dependente de diferentes fases de formação, modificação e reorganização de materiais provenientes de uma série cumulativa de fenômenos. Assim, considerando a geodiversidade de Pirai da Serra⁴, deve-se buscar as marcas impressas na região por eventos de natureza e intensidade diversas, distribuídos ao longo de um intervalo com no mínimo 560 milhões de anos.

O Projeto EspeleoPirai se propôs, dentre outros objetivos, a levantar, descrever e promover aspectos ainda pouco conhecidos da geodiversidade de Pirai da Serra, vinculados à existência de cavidades naturais (ver Capítulo 3). Tendo em vista os mecanismos regionais e locais de geração e evolução das cavernas, abismos e abrigos, percebe-se uma mudança gradual na atuação dos vários processos que criam espaços, modelam e ornamentam as cavidades subterrâneas e aqueles que se manifestam em superfície, esculpando os afloramentos rochosos. De modo que faz muito mais sentido expor em conjunto os principais resultados dos levantamentos que identificaram feições tanto subterrâneas como superficiais da geodiversidade.

Estas feições, em linhas gerais, são diretamente ligadas à interação dos maciços rochosos e suas estruturas geológicas, com as águas circulantes, nas diferentes etapas do ciclo hidrológico (infiltração e retenção da água, deslocamentos por distâncias variadas etc.), sob distintas condições

climáticas, as quais têm se modificado expressivamente ao longo do tempo geológico (em escalas de milhares a milhões de anos). Ao lado de uma sucessão de episódios, ora ligados a climas frios e secos, ora quentes e mais úmidos, existe também a influência das contribuições de diferentes organismos, em especial de dimensões microscópicas.

Um aspecto-chave identificado em Pirai da Serra é a presença de indicadores clássicos de que as rochas areníticas da Formação Furnas passaram por dissolução limitada de seus constituintes. Este tipo de processo leva à formação de relevos cársticos, um nome em alusão a uma região na Europa, principalmente na Eslovênia, mas também incluindo parte da Croácia e Itália, com essas características tanto em ambientes subterrâneos como em superfície. Assim, localmente, parte dos minerais dos arenitos é dissolvida, em especial o material que liga os grãos de areia (papel executado pelo mineral caulinita), ao interagir com águas quimicamente ativas, o que por um lado atua no processo que esculpe formas variadas (por exemplo, relevos com aspectos em ruínas), enquanto que, em outros pontos, leva ao fornecimento de substâncias que são precipitadas, vindo a constituir interessantes depósitos minerais (espeleotemas, crostas e outros; ver Capítulo 5).

Até há algumas décadas era muito raro encontrar publicações científicas que reconhecessem a formação de cavernas, espeleotemas, relevos ruiformes, dutos de dissolução (redes de canais escavados no interior dos maciços rochosos), entre outras características cársticas, em terrenos associados a rochas que não fossem de composição carbonática⁵, mas isso tem mudado de modo consistente. E a região dos Campos Gerais^{6,7,8,9} é um dos melhores exemplos brasileiros e, nela, a área de Pirai da Serra^{4,10} é bastante representativa, com locais de ótima integridade

e em alguns casos de grande valor científico por sua raridade.

Os relevos ruuiniformes¹¹ se originam por reações químicas das rochas com gases atmosféricos e/ou a água circulante, decompondo seletivamente os minerais, conforme sua resistência (intemperismo químico), ou mesmo pela ação de substâncias químicas oriundas do metabolismo de fungos, bactérias etc. (intemperismo biológico). Estas feições constituem superfícies rochosas de morfologia complexa (Figura 1), compos-

tas por setores em que se individualizam áreas rasas de contorno aproximadamente circular (bacias de dissolução), canais de escoamento (caneluras), lado a lado com pináculos, torres (Figura 2) e outros formatos, como porções resistentes residuais. Podem ocupar áreas de alguns hectares a trechos muito reduzidos, com dimensões verticais variadas e amplitudes que alcançam dezenas a centenas de metros, em alguns casos repletos de sulcos e fendas, podendo ser chamados de lapiás.



Figura 1 – Típica paisagem com relevo ruuiniforme, onde se alternam esporões decimétricos elevados, preservados pela erosão, com topos muito ornamentados. Estão também presentes bacias de dissolução, parcialmente ocupadas por água e um conjunto de sulcos que atestam o poder de remoção mecânica e de dissolução destas águas. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 2 – As paisagens de relevo cárstico incluem a individualização de porções preservadas pela erosão, aqui assumindo a forma de uma torre com quase 10 m de altura. O contraste de largura da feição é reflexo da diferença de resistência ao desgaste, percebido ao longo da sucessão de estratos empilhados. Destaque para as típicas estratificações cruzadas dos arenitos da Formação Furnas. Foto de Rodrigo Aguilár Guimarães.

Em relevos escarpados também há a atuação do intemperismo químico na criação/ampliação de cavernas, fendas e abrigos através das descontinuidades do maciço rochoso. O contato de diferentes camadas/estratos de rochas (por exemplo, arenitos de granulações diferentes), do *front* da Escarpa Devoniana a pequenas exposições rochosas, propicia a ação diferencial do intemperismo, que explora o contraste de propriedades nas rochas, possibilitando a origem das cavidades⁵. O surgimento de dutos de dissolução, pela remoção de material aproveitando estruturas tectônicas (fraturas/falhas), de separação entre camadas ou

outras situações, permite que a água infiltre e siga por descontinuidades mais profundas, podendo também culminar no surgimento de cavernas¹².

As cavidades naturais nos Campos Gerais possuem um amplo leque de feições da geodiversidade, como panelas, pilares, estruturas conhecidas como *boxworks*, dutos de dissolução, alvéolos, bacias e cúpulas de dissolução e, como destaque, os espeleotemas. Estes se originam a partir da dissolução de minerais da rocha pela ação das águas pluviais ou de infiltração e subsequente precipitação, sob condições físico-químicas favoráveis⁷. Em Pirai da Serra ocorrem em sua maioria com

aspecto coraloide, pela semelhança com a morfologia ramificada do exoesqueleto calcário dos animais popularmente conhecidos como corais, tendo normalmente projeções arredondadas com dimensões da ordem de milímetros a poucos centímetros (Figura 3). Como destaque há o Abrigo da Raridade, onde a razão da excepcionalidade no nome se deve à presença de um conjunto singular de espeleotemas dispostos no teto da cavidade (ver Capítulo 5). Enquanto alguns têm formato arborescente (aspecto ramificado, estruturalmente lembrando a disposição

de um arbusto), outros são alongados e com a superfície drapeada (ondulações transversais; Figura 4), podendo alcançar até 23 centímetros de comprimento (os maiores já identificados nos Campos Gerais).

São mais raros, mas em algumas cavidades foram identificados espeleotemas do tipo *flowstone*, também conhecidos como escorrimento (Figura 5), constituídos por películas muito finas de material sucessivamente depositado, podendo as superfícies do substrato estarem dispostas tanto na horizontal como fortemente inclinadas.



Figura 3 – O interior de algumas das cavidades subterrâneas da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra tem suas paredes ornamentadas com precipitações minerais que, ao se acumularem, constroem o que se conhece como espeleotema (do grego, “depósito de caverna”). De acordo com sua morfologia pode receber diferentes nomes, como o tipo coraloide presente na Gruta Cezaídes I. Foto de Rodrigo Aguilar Guimarães.



Figura 4 – Espeleotema no teto do Abrigo da Raridade. Além da singularidade das dimensões, cor e morfologia destas feições na cavidade, chamam a atenção pela consistência, nem sempre rígida e a associação com diferentes comunidades de organismos. Outra particularidade é que a superfície em que os espeleotemas estão dispostos é do contato geológico entre a Formação Furnas e o Grupo Castro. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 5 – Espeleotema do tipo *flowstone* (ou de escorrimento), recobrendo uma parede da Gruta do Topo (à esquerda da imagem). Esta feição normalmente se desenvolve em áreas com circulação de água, situadas acima do nível freático, envolvendo a liberação de gases. Foto de Nair Fernanda Burigo Mochiutti.

Os alvéolos, que podem ser visualizados tanto em faces de maciços rochosos expostos em superfície (Figura 6), como em ambiente plenamente subterrâneo, possuem formas geralmente arredondadas e estão dispostos tanto em paredes como nos tetos. Estas cavidades podem se apresentar isoladas, em grupos e também conectadas umas às outras, com dimensões milimétricas a decimétricas⁷. A combinação da dissolução no interior do maciço rochoso, com o escoamento da água da chuva nas superfícies rochosas, aliada à ação biológica, parece ter papel decisivo na gênese destas feições. Fenômenos de dissolução, com alvéolos, dutos e outras estruturas, estão muito bem representados na Gruta dos Dutos, seja pela quantidade das feições como por sua integridade (Figura 7).

O Abrigo dos Pilares (Figura 8), como sugere o nome, apresenta número expressivo dessas feições, as quais se tratam de formas residuais associadas à erosão diferencial do substrato rochoso. A interpretação é que, em tempos anteriores ao atual, em que neste local a posição relativa do nível freático era mais elevada, teria havido a instalação de uma rede de canais, os quais organizariam o fluxo da água subterrânea e as ações de dissolução e erosão. Hoje, ao se encontrar em uma posição mais destacada do relevo, o sistema de dutos se encontra inoperante (ou com fluxo reduzido a efêmero), mas sua presença é chave para a compreensão do comportamento dos mananciais



Figura 6 – As faces laterais de afloramentos dos arenitos da Formação Furnas com frequência se mostram decoradas por cavidades de contorno arredondado, conhecidas como alvéolos. Diferentes mecanismos podem estar envolvidos em sua origem, inclusive podendo indicar etapas de desenvolvimento quando o maciço rochoso estava abaixo da superfície. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 7 – Em algumas situações a distinção entre processos subterrâneos e superficiais é um tanto artificial, considerando a óbvia conexão genética. Na Gruta dos Dutos e no entorno estão presentes várias feições (alvéolos, dutos etc.) típicas de processos de dissolução, as quais iniciaram seu desenvolvimento internamente ao maciço rochoso, a profundidades variadas e o completaram em superfície. Foto de Henrique Simão Pontes.

em profundidade, associados ao sistema aquífero regional.

O conjunto de feições da geodiversidade subterrânea e superficial de Pirai da Serra está intimamente relacionado à natureza e intensidade de fenômenos atuais da dinâmica externa do planeta, a partir da interação das rochas da região com agentes atmosféricos e climáticos, incluindo a disponibilidade cambiante de água e a intervenção de representantes do Bioma Mata Atlântica.

No entanto, apesar de parecer que basta a compreensão de acontecimentos somente muito recentes em termos geológicos, informações básicas sobre os processos de um vasto passado são imprescindíveis. Respostas sobre a origem das cavernas e seus espeleotemas, ou sobre a presença de formas de relevos singulares, passa por entender que rochas as abrigam. Por que existe uma infinidade de fraturas e falhas geológicas e quando e por que surgi-



Figura 8 – Grandes afloramentos de rocha, atualmente situados no topo de morros, possuem evidências de momentos em que estiveram soterrados. O soerguimento e a erosão, em conjunto, esculpem o relevo, de modo que setores como o Abrigo dos Pilares trazem os sinais de uma antiga rede de dutos que disciplinava a circulação da água subterrânea em meio às rochas da Formação Furnas. Foto de Henrique Simão Pontes.

ram¹³? Elas ainda influenciam a construção da paisagem?

O planeta pulsa o tempo todo... Em algumas regiões de maneira mais óbvia, como em áreas com terremotos frequentes ou atividades vulcânicas, assim se incorporando de modo mais impositivo ao dia a dia de seus moradores ou visitantes. Mas a região de Pirai da Serra traz sinais claros de que, muitas vezes de modo silencioso e cumulativo, mas em outras situações a partir de

fenômenos de curtíssima duração, sua geodiversidade está continuamente se formando e renovando, seja pela precipitação de novos minerais, do recuo erosivo da Escarpa Devoniana ou nas alterações da dinâmica superficial de suas águas. E muitas respostas sobre a evolução desta área especial ainda estão encerradas nas feições de sua geodiversidade cárstica.

Referências

- ¹ MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. (Orgs.). Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007.
- ² MELO, M. S.; MATIAS, L. F.; GUIMARÃES, G. B.; CRUZ, G. C. F.; BARBOLA, I. F.; GEALH, A. M.; MORO, R. S.; AYUB, C. L. S. C.; MORO, P. R.; MOREIRA, J. C. Pirai da Serra: proposta de nova unidade de conservação nos Campos Gerais do Paraná. Publicatio – Ciências Biológicas e da Saúde, Ponta Grossa, v.3, n.4, p. 85-94, set/dez. 2004. DOI: <https://doi.org/10.5212/publicatio%20uepg.v10i3.404>
- ³ GRAY, M. Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.
- ⁴ MOCHIUTTI, N. F.; KÖENE, R.; GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S. A geodiversidade da região de Pirai da Serra. Publicatio – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias, Ponta Grossa, v.17, n.1, p. 51-65, jan/jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5212/Publ.Exatas.v.17i1.0005>
- ⁵ WRAY, R. A. L.; SAURO, F. An updated global review of solutional weathering processes and forms in quartz sandstones and quartzites. Earth-Science Reviews, Londres, v.171, p. 520-557, ago. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2017.06.008>
- ⁶ MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; RAMOS, A. F.; PRIETO, C. C. Relevô e hidrografia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007. cap.4, p. 49-58.
- ⁷ MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; PIGURIM, I.; BAGATIM, H. Q.; GIANNINI, P. C. F. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. Espeleo-Tema, Campinas, v.22, n.1, p. 81-97, 2011.
- ⁸ MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; CHINELATTO, A. L.; GIANNINI, P. C.; PONTES, H. S.; CHINELATTO, A. C. A.; ATENCIO, D. Kaolinite, illite and quartz dissolution in the karstification of Paleozoic sandstones of the Furnas Formation, Parana Basin, Southern Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v.63, p. 20-35, nov. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.06.011>
- ⁹ PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; MASSUQUETO, L. L. Speleothems in quartz-sandstone caves of Ponta Grossa municipality, Campos Gerais region, Paraná state, southern Brazil. International Journal of Speleology, v.49, n.2, p. 119-136, may. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5038/1827-806X.49.2.2313>
- ¹⁰ OLIVEIRA, K. E.; GUIMARÃES, R. A.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S. Projeto EspeleoPirai: geodiversidade cárstica de Pirai da Serra/PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 6., 2022, São Paulo. Anais [...] São Paulo: AGeoBR, 2022. p. 127-128.
- ¹¹ MIGOÑ, P.; DUSZYŃSKI, F.; GOUDIE, A. Rock cities and ruiniform relief: Forms – processes – terminology. Earth-Science Reviews, Londres, v.171, p. 78-104, ago. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2017.05.012>

¹² DUSZYŃSKI, F.; MIGONÍ, P.; STRZELECKI, M. A. Escarpment retreat in sedimentary tablelands and cuesta landscapes – Landforms, mechanisms and patterns. *Earth-Science Reviews*, Londres, v.196, sep. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102890>

¹³ GUIMARÃES, G. B.; GUIMARÃES, R. A. Canyon do Guartelá revela parte da história do Supercontinente Gondwana. Disponível em: <https://super.abril.com.br/coluna/deriva-continental/canyon-do-guartela-revela-parte-da-historia-do-supercontinente-gondwana/>. Acesso em: 6 abr. 2023



CAPÍTULO 5

As precipitações minerais secundárias

Daniel Atencio
Henrique Simão Pontes

As pessoas em geral pensam que os minerais são todos muito antigos e que levaram muito tempo para se formarem. Isto muitas vezes não é verdade. Há minerais se formando hoje em dia e muito rapidamente. Eles podem se formar em questão de alguns anos e até mesmo dias. É o caso de minerais que constituem crostas brancas superficiais em arenitos quartzosos da Formação Furnas (Siluriano/Devoniano da Bacia do Paraná), identificados em abrigos e afloramentos rochosos nos municípios de Pirai do Sul e Tibagi, durante o Projeto EspeleoPirai.

Mesmo que arenitos quartzosos sejam principalmente constituídos de quartzo, com poucos outros componentes minerais, surpreendentemente superfícies expostas dessas rochas, por exemplo, em cavernas, acomodam depósitos (precipitações) minerais secundários notáveis e diversos. Sua presença coloca uma série de questões sobre a mineralogênese (processo de formação mineral) e as relações entre esses minerais, os processos de intemperismo que afetam a rocha hospedeira e a atividade microbiana¹. Há fortes indícios da ação de microrganismos na precipitação de minerais secundários e formação de espeleotemas em rochas da Formação Furnas², o que motivou estudos detalhados sobre as comunidades microbiológicas presentes em alguns espeleotemas de cavernas de Pirai do Sul (ver Capítulo 7).

Nas precipitações minerais secundárias presentes na área de estudo do Projeto EspeleoPirai, a opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), que é amorfa, é frequentemente encontrada, em alguns casos em associação com sulfatos, fosfatos, carbonatos e nitratos, além de argilo-minerais, óxidos e hidróxidos de ferro, manganês e alumínio (Quadro 1).

Quadro 1 – Minerais secundários identificados na área do Projeto EspeleoPirai.

Mineral	Fórmula
Opala	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Tridimita	SiO_2
Quartzo	SiO_2
Caulinita	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
Scarbroíta	$\text{Al}_5(\text{CO}_3)(\text{OH})_{13} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Sasaíta	$\text{Al}_6(\text{PO}_4)_5(\text{OH})_3 \cdot 36\text{H}_2\text{O}$
Tinsleyíta	$\text{KAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Barita	BaSO_4
Gipsita	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Alunita	$\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
Goethita	$\text{FeO}(\text{OH})$
Gibbsita	$\text{Al}(\text{OH})_3$

Alguns destes minerais ocorrem com mais frequência, outros são mais raros, configurando novas ocorrências para a região. Muitas cavernas da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra apresentam espeleotemas (ver Capítulo 4), que geralmente possuem poucos centímetros e apresentam-se em forma de corais (arborescentes), mas o Abrigo da Raridade, em Pirai do Sul, é um caso à parte. É uma pequena cavidade subterrânea classificada como de máxima relevân-

cia por apresentar espeleotemas únicos devido as dimensões. Estas precipitações minerais secundárias ocorrem no teto do fundo do abrigo, em uma área de aproximadamente 7m², se desenvolvendo a partir de conglomerados da Formação Furnas, no exato contato com rochas vulcânicas do Grupo Castro, e chegam a atingir a ordem de 23cm de comprimento, mas, em média, a maioria apresenta medidas superiores a 10cm (figuras 1 e 2).



Figura 1 – Grande conjunto de precipitações minerais constituindo espeleotemas no Abrigo da Raridade. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 2 – Exemplar com 23 centímetros de comprimento, o maior espeleotema na Formação Furnas registrado até o presente momento. Foto de Henrique Simão Pontes.

Estas precipitações minerais pendentes no teto do Abrigo da Raridade são totalmente amorfas, possuem aspecto gelatinoso e em análise química apresentam os seguintes elementos químicos (em pequenas quantidades) em sua composição: Al, Si, Mn, P, S, Cu, Ca, Co e K, o que sugere a presença predominante de elementos mais leves que Mg, não analisáveis por FRX (Fluorescência de Raios X). A análise de Difra-

tometria de Raios X (DRX) apresentou uma pequena inflexão do gráfico próximo a faixa de 20 a 30 graus (2 theta), o que pode indicar presença de opala (Figura 3). Contudo, provavelmente estes espeleotemas se tratam, predominantemente, de material orgânico, possivelmente estruturas ainda em fase de desenvolvimento, podendo ser classificados de bioespeleotemas.

ER02a (Coupled TwoTheta/Theta)

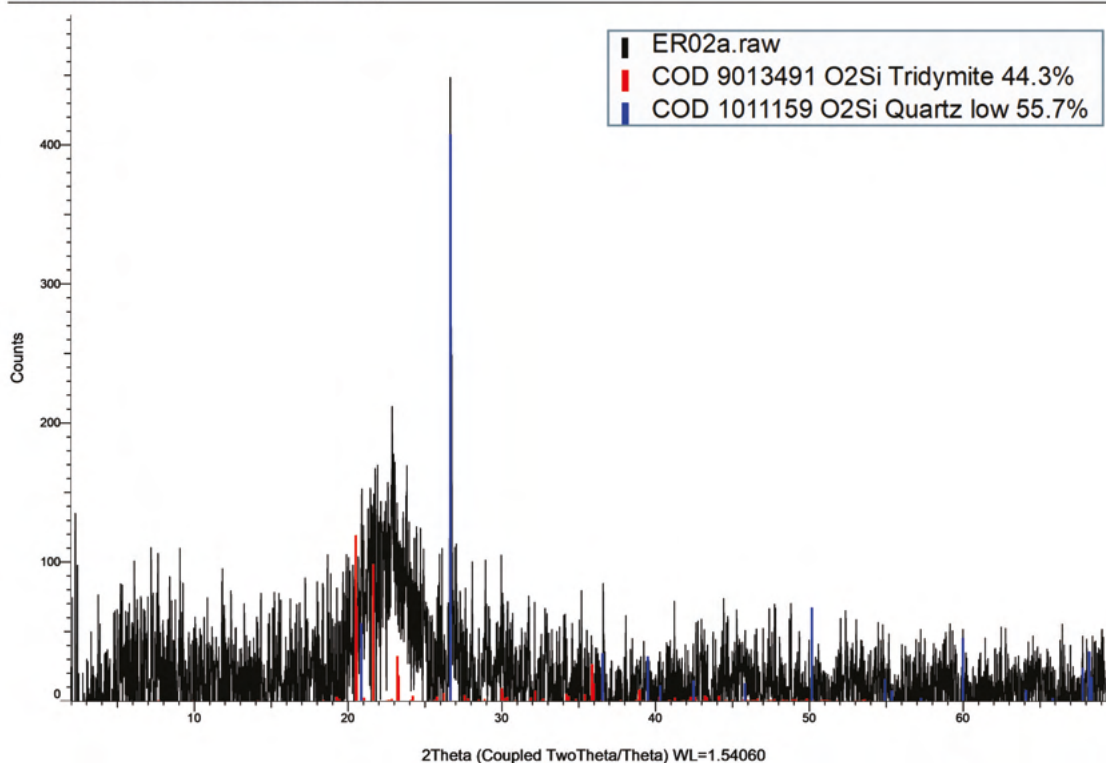


Figura 3 – Difratoograma de raios X de espeleotema do Abrigo da Raridade. A leve inflexão no gráfico próximo a 2 theta = 20 indica ocorrência de opala. O quartzo e a tridimita também aparecem na composição, havendo duas hipóteses para essa ocorrência. Pode se tratar do aprisionamento de grãos destes minerais durante a fase de formação dos espeleotemas, pois o quartzo tem origem tanto das rochas da Formação Furnas, como também das rochas vulcânicas do Grupo Castro (substrato no qual as precipitações minerais estão dispostas) e a tridimita típica de rochas vulcânicas ácidas, ou seja, sua origem é do Grupo Castro. Mas também podem representar processo de cristalização da opala, que é instável e se transforma naturalmente em tridimita, cristobalita e quartzo.

Outras precipitações minerais secundárias presentes na área do projeto ocorrem como crostas brancas superficiais nas proximidades do Abrigo da Metamorfose, em Pirai do Sul, e foram identificadas como scarbroíta³ (figuras 4 a 7). Este mineral foi descrito pela primeira vez em 1829, em South Bay, Scarborough, North Yorkshire, Inglaterra⁴ e posteriormente em diversas ocorrências mundiais. Seu nome é devido à localidade de Scarborough. Difratoogramas de pó de raios X

(Figura 8) contêm reflexões relativas à scarbroíta, “hidroscarbroíta” [mineral inválido, de fórmula $\text{Al}_{14}(\text{CO}_3)_3(\text{OH})_{36} \cdot n\text{H}_2\text{O}$] e também “tucanita” (possivelmente uma mistura de scarbroíta e algum outro mineral), o que sugere que mais de uma espécie faz parte do que é conhecido como scarbroíta. Também está associada à alunita. A análise química qualitativa por EDS (Espectroscopia de Energia Dispersiva) mostra a presença de Al em quantidades consideráveis.



Figura 4 - Scarbroíta em abrigo de Pirai do Sul. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 5 - Imagem em lupa eletrônica da scarbroíta. Foto de Daniel Atencio.

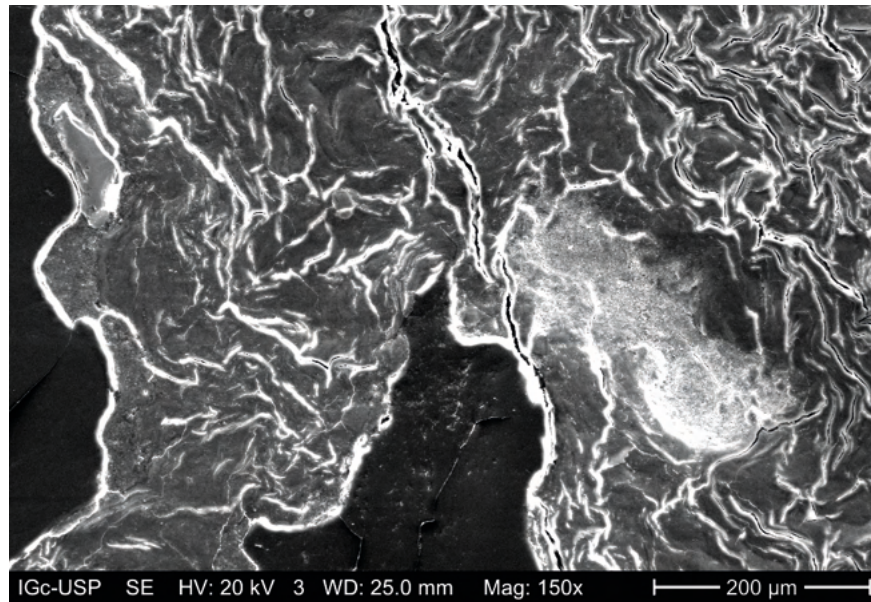


Figura 6 – Imagem de elétrons refletidos em microscópio eletrônico de varredura da scarbrofta.

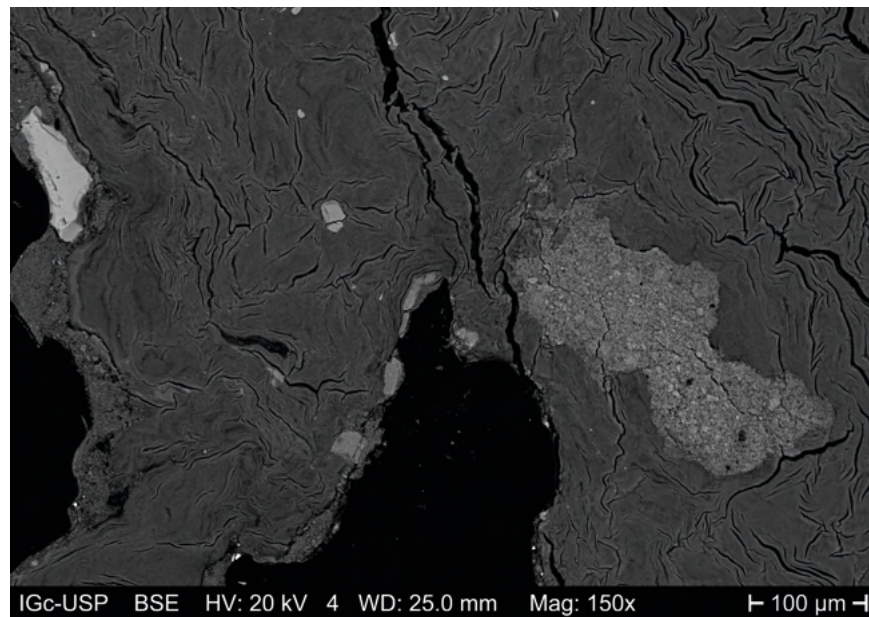


Figura 7 – Imagem de elétrons retroespalhados em microscópio eletrônico de varredura da scarbrofta.

svenew1 (Coupled TwoTheta/Theta)

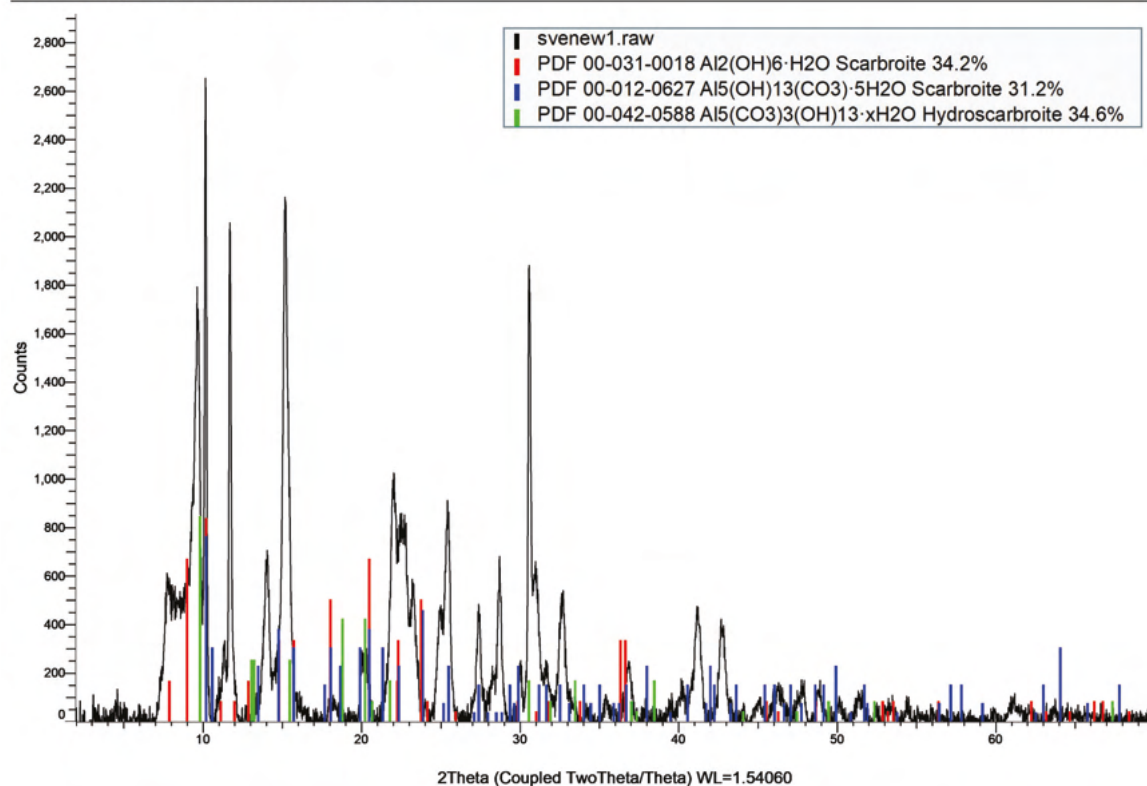


Figura 8 – Difratoograma de raios X da scarbroíta.

Também ocorrem crostas brancas superficiais nas proximidades dos Abrigos da Metamorfose e Chapadinha I, em Pirai do Sul, compostas por sasaíta e um produto de desidratação, de fórmula $(\text{Al,Fe})_{14}(\text{PO}_4)_{11}(\text{SO}_4)(\text{OH})_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (Figura 9). Este mineral foi descrito pela primeira vez em 1978, na caverna West Driefontein, Transvaal, África do Sul⁵. Seu nome se refere à SASA, o acrônimo para South African Speleological Association, cujos membros ex-

ploraram inicialmente a caverna e descobriram o mineral. Posteriormente diversas ocorrências de sasaíta foram descritas em outros países. Os difratogramas de pó de raios X são apresentados nas figuras 10 (onde predomina sasaíta) e 11 (onde predomina o produto de desidratação).



Figura 9 – Sasaíta identificada em abrigo de Pirai do Sul. Foto de Henrique Simão Pontes.

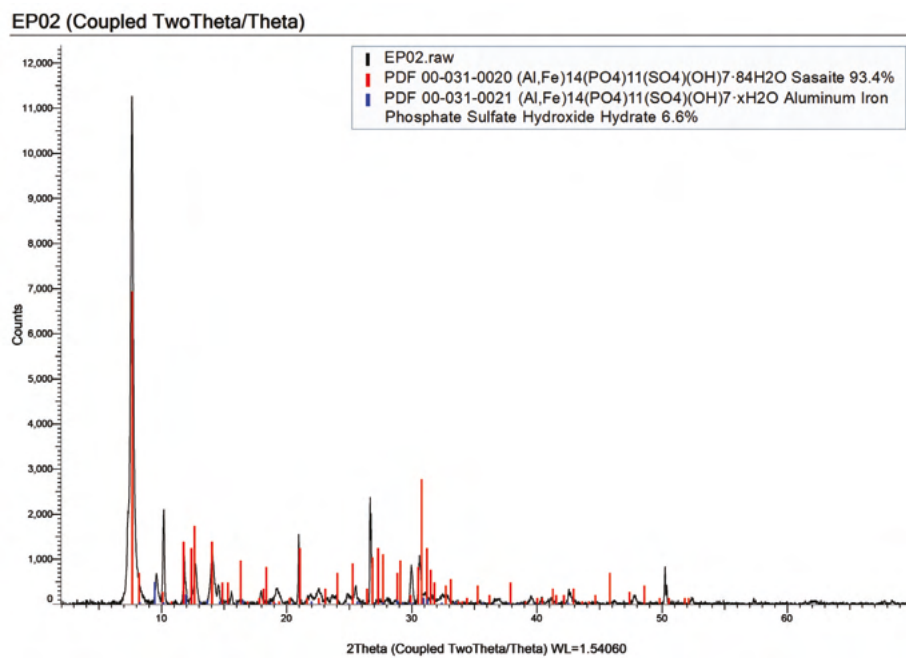


Figura 10 – Difratoograma de raios X de sasaíta e produto de desidratação em menor quantidade.

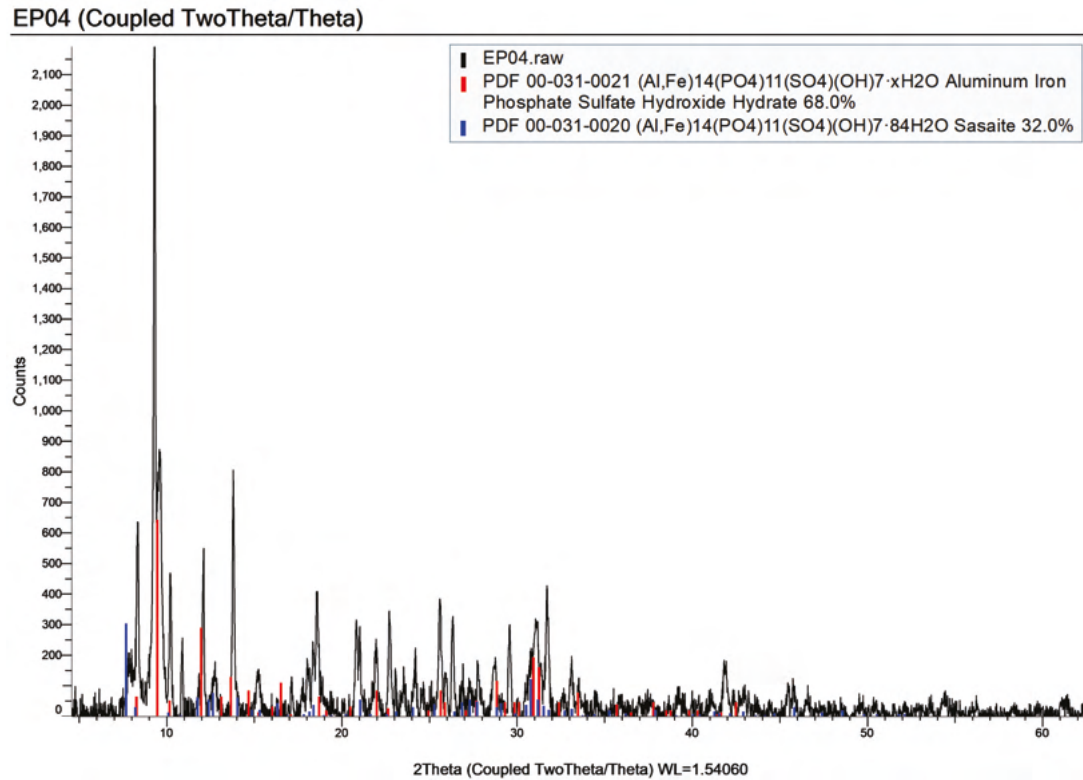


Figura 11 – Difratoograma de raios X de sasaíta e produto de desidratação em maior quantidade.

Sobre rochas conglomeráticas da Formação Furnas, próximo ao contato geológico com as rochas do Grupo Castro, em uma área abrigada na base do *front* de morro testemunho no município de Tibagi, foram registradas ocorrências de precipitações minerais secundárias de cor branca composta por barita (BaSO₄). Este conjunto apresenta-se na forma de escorrimentos que se for-

mam a partir de pequenos dutos (Figura 12). Observa-se uma precipitação concêntrica (a partir dos dutos) e que escorre formando estruturas do tipo sínter (escorrimentos) (Figura 13). O difratograma de raios X está representado na Figura 14.



Figura 12 – Precipitações concêntricas de barita no entorno de pequenos microdutos em rochas da Formação Furnas. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 13 – Escorrimento de barita formando pequenas estruturas do tipo sínter. Foto de Henrique Simão Pontes.

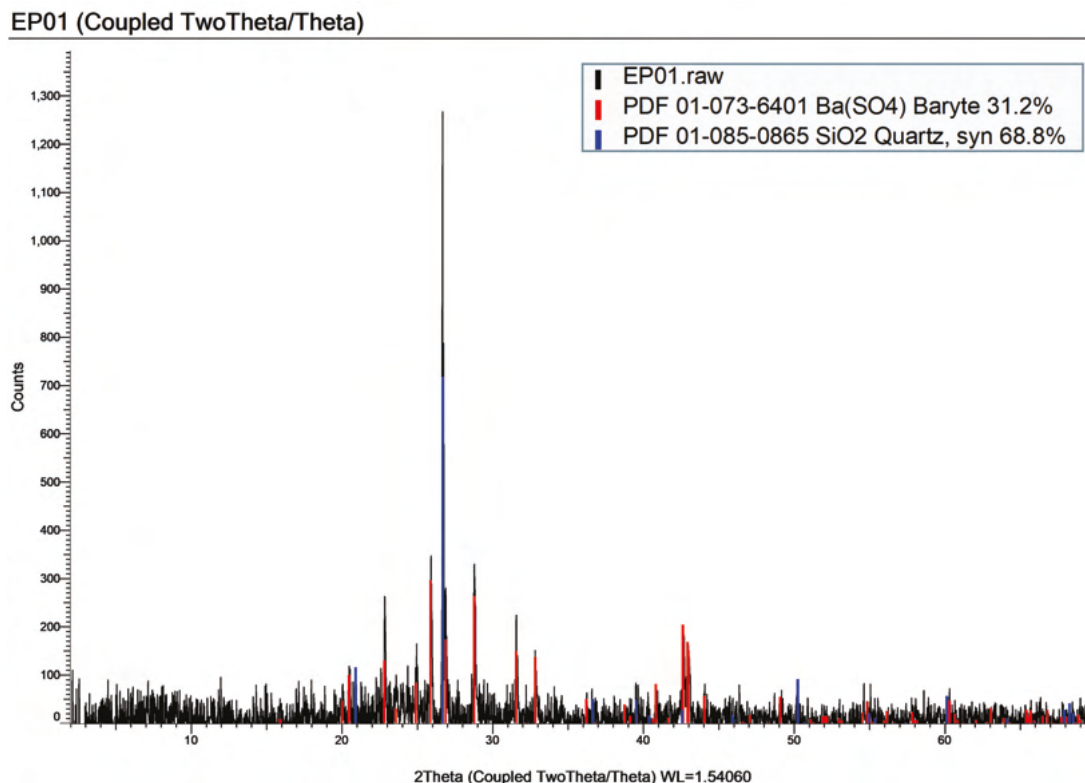


Figura 14 – Difratoograma de raios X de barita associada a quartzo.

Sveíta, $\text{KAl}_7(\text{NO}_3)_4(\text{OH})_{16}\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, e rossiantonita, $\text{Al}_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, são outros minerais secundários que formam crostas e escorrimentos de cor branca em abrigos, identificados no mesmo tipo de rocha, mas no município de Ponta Grossa, Paraná. Sveíta também foi identificada em um abrigo de Pirai do Sul, mas rossiantonita não. Por serem consideradas novas ocorrências para a região, estas precipitações minerais secundárias também são importantes no contexto da Escarpa Devoniana.

Sveíta^{3,6} (Figura 15) foi encontrada em três cavernas subterrâneas do tipo abrigo no município de Ponta Grossa. Este mineral foi descrito

pela primeira vez em 1980, na caverna de Cerro Autana, Amazonas, Venezuela⁷. O nome vem de SVE, Sociedad Venezolana de Espeleología, cujos membros coletaram a amostra original. Está associado ao mineral nitro, KNO_3 (Figura 16). Análises químicas qualitativas por EDS verificaram predominância de Cl sobre SO_4 , semelhante ao observado na ocorrência original de sveíta, mas diferente do que ocorre com outras ocorrências. Os difratogramas de pó de raios X (Figura 17) sugerem que mais de uma espécie faz parte do que é conhecido como sveíta, provavelmente representando diferentes graus de hidratação.

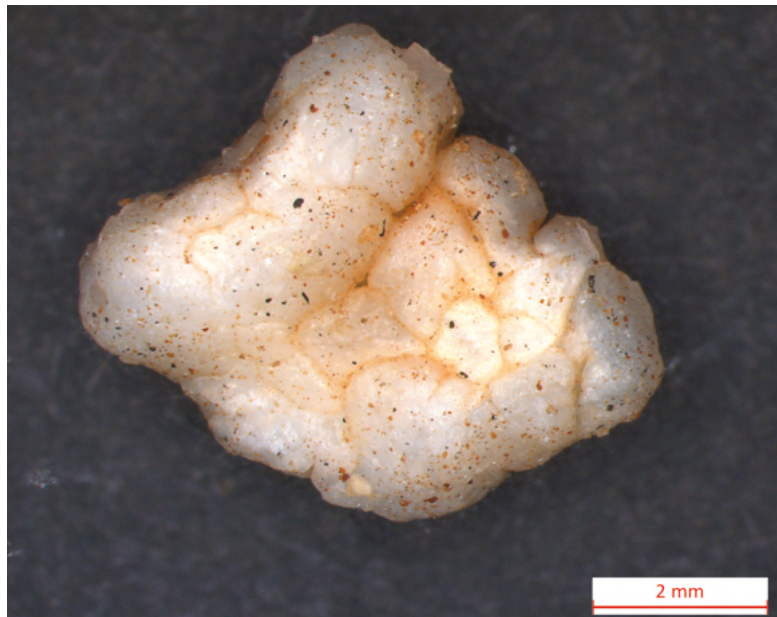


Figura 15 – Sveíta identificada no município de Ponta Grossa, Paraná. Foto de Daniel Atencio.



Figura 16 – Imagem de elétrons retroespalhados em microscópio eletrônico de varredura de sveíta (cinza escuro) com nitro (cinza claro).

FPS01 (Coupled TwoTheta/Theta)

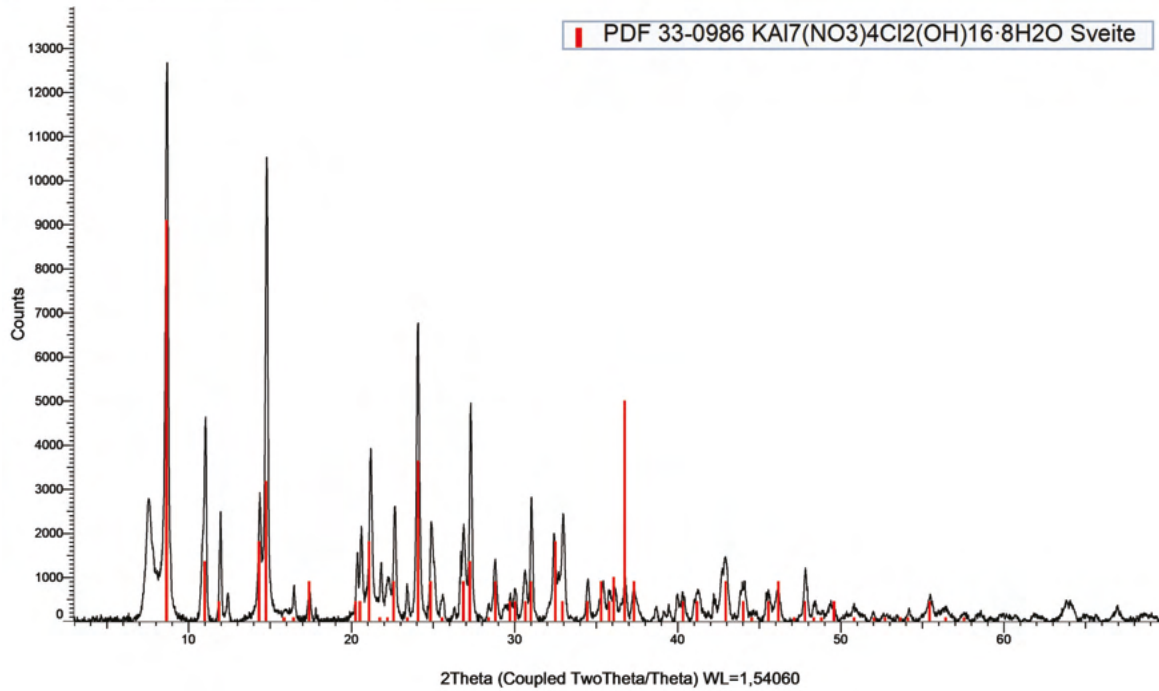


Figura 17 – Difratoograma de raios X de sveíta.

Rossiantonita foi descrita originalmente em 2013, no sistema de cavernas de Akopan-Dal Cin, Maciço Chimantá, Bolívar, Venezuela⁸. Seu nome é uma homenagem a Antonio Rossi (1942–2011), professor de petrologia sedimentar da Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

e desenvolvedor inicial de espeleologia científica na Itália. Ponta Grossa representa a segunda ocorrência mundial do mineral (Figura 18). O difratograma de raios X do mineral está representado na Figura 19.

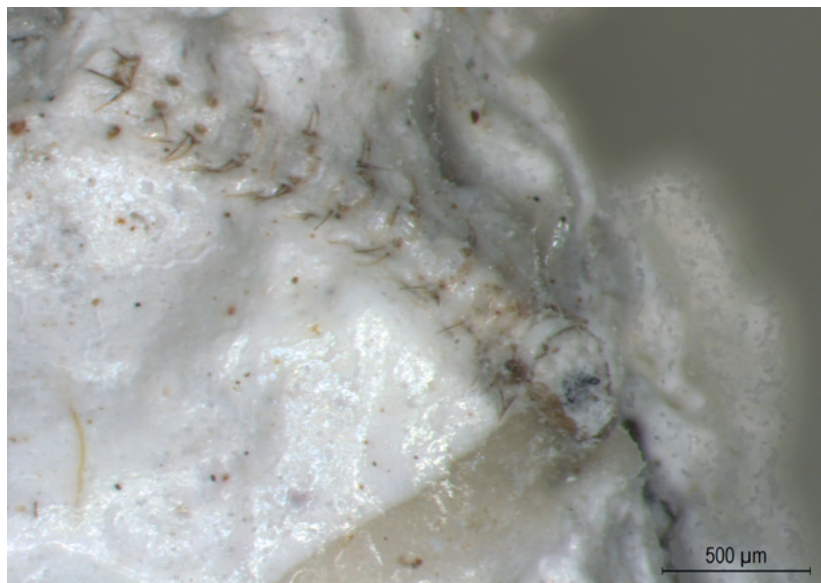


Figura 18 – Rossiontonita coletada na Gruta Bela Vista do Rigatoni, na região da Escarpa Devoniana no município de Ponta Grossa. Observar a presença de parte de um pequeno animal (invertebrado) que acabou preso durante a fase de precipitação do mineral. Ocorrências como estas podem possibilitar estudos biológicos e até mesmo se tornar mecanismos para datação. Foto de Daniel Atencio.

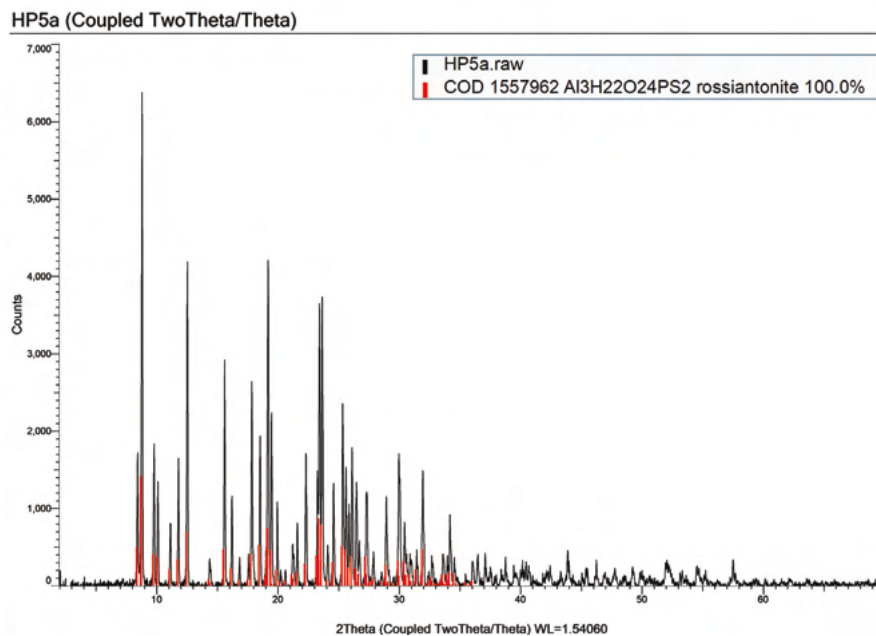


Figura 19 – Difratoograma de raios X de rossiontonita.

Scarbroíta, sasaíta e sveíta são minerais problemáticos. Não é possível realizar estudos de estrutura cristalina devido às pequenas dimensões dos cristais, nem o refinamento da estrutura devido à falta de análogos sintéticos ou compostos isoestruturais. Como consequência, as fórmulas desses minerais são provisórias. Além disso, por trás de cada um dos nomes, escondem-se diferentes fases, de diferentes graus de hidratação. Em nenhuma das ocorrências desses minerais registradas até o momento foi possível obter boas análises químicas pontuais por EDS ou microsonda, devido à dificuldade de confecção de seções polidas. As amostras são friáveis e, em adição, sveíta é solúvel em água.

Os estudos preliminares realizados no âmbito do Projeto EspeleoPirai ratificam a diversidade das precipitações minerais secundárias das cavidades subterrâneas da Escarpa Devoniana, além de evidenciar o potencial para novas descobertas.

Referências

¹ SAURO, F., ONAC, B.P., CARBONE, C., URBANI, F., AULER, A., COLUMBU, A., CAPPELLETTI, M., GHEZZI, D., PICCINI, L., DE WAELE, J. Secondary cave minerals and sedimentary deposits in orthoquartzite and metaquartzite caves of South America: a review on their genesis and significance. 18th International Congress of Speleology - Savoie Mont Blanc 2022 Vol. V - Karstologia Mémoires n°25 - SYMPOSIUM 03 - Cave deposits, p. 153-156.

² PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; MASSUQUETO, L. L. Speleothems in quartz-sandstone caves of Ponta Grossa municipality, Campos Gerais region, Paraná state, southern Brazil. *International Journal of Speleology*, v.49, n.2, p. 119-136, may. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5038/1827-806X.49.2.2313>

³ ATENCIO, D., SOUZA, T., PONTES, H.S. Scarbroite and sveite, problematic minerals from Paraná, Brazil. 23rd. International Mineralogical Association General Meeting in Lyon, France, 2022.

⁴ VERNON, W.V. Analysis of an aluminous mineral in the collection of the Yorkshire Philosophical Society. *Philosophical Magazine*: 5: 178-180, 1829.

⁵ MARTINI, J.E.J., (1978) Sasaite, a new phosphate mineral from West Driefontein Cave, Transvaal, South Africa. *Mineralogical Magazine*, 42, 401-404, 1978.

⁶ ATENCIO, D., PONTES, H.S., ANDRADE, M.B., AZZI, A.A., CONTREIRA FILHO, R.R. Registro inédito de sveíta em rochas da Formação Furnas, Ponta Grossa, Paraná. 50^o. Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, 2021.

⁷ MARTINI, J.E.J. Sveite, a new mineral from Autana Cave, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. *South African Journal of Geology*, 83:2, 239-241, 1980.

⁸ GALLI, E., BRIGATTI, M.F., Malferrari, D., SAURO, F., DE WAELE, J. Rossiantonite, $\text{Al}_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, a new hydrated aluminum phosphate-sulfate mineral from Chimanta massif, Venezuela: Description and crystal structure. *American Mineralogist* 98, 1906-1913, 2013.



CAPÍTULO 6

Fauna cavernícola da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra: o que se conhece até o momento

Kleber Makoto Mise
Gabriel de Souza Ghedin

Cavernas são lares de toda sorte de monstros no imaginário popular, mas é importante desmistificar essa visão para que o medo que muitos têm das cavernas e da fauna que ocupa esses ambientes deixe de existir. Quando se pergunta a uma criança quais animais vivem nas cavernas, a maioria cita os morcegos, mas mencionam também animais que não ocorrem em cavernas do Brasil, como os ursos¹, revelando que a população em geral conhece pouco da fauna cavernícola.

Parte dessa fauna, assim como os humanos desde tempos ancestrais, utilizam as cavernas como refúgio temporário, seja da chuva ou de predadores. Outras espécies vivem no subterrâneo há tanto tempo que podem apresentar adaptações à falta de luz, como por exemplo, a redução ou total ausência dos olhos, sendo incapazes de viver prolongadamente no ambiente de superfície. Essas espécies, chamadas de trogló-

bias, são sensíveis a impactos ambientais, já que são pouco tolerantes ao estresse (como a poluição) e dependem de nutrientes provenientes de fora do meio subterrâneo². Por isso várias espécies troglóbias constam em listas de fauna ameaçada de extinção³. A fauna das cavernas chama a atenção pela grande variedade de formas e comportamentos que a vida tomou para sobreviver nesses ambientes. Essa capacidade de especialização e resistência fascina quem perde o medo inicial do meio subterrâneo e se rende a suas belezas.

No Paraná há cinco espécies troglóbias ameaçadas de extinção, todas de invertebrados. Quatro deles ocorrem em cavernas calcárias: o pseudoescorpião *Ideoroncus cavicola*, o piolho-de-cobra *Peridontodesmella alba*, o colêmbolo *Arrhopalites paranaensis* e o besouro *Coarazuphium ricardoi*. Já o crustáceo *Hyaella formosa* é a única espécie troglóbia do Paraná com ocorrência em cavernas

areníticas (Caverna das Andorinhas, localizada na área da Escarpa Devoniana no município de Ponta Grossa), sendo considerado criticamente ameaçado de extinção⁴. Como há poucos estudos enfocando a fauna das cavernas areníticas paraenses, salienta-se a importância de conservar as cavidades subterrâneas para evitar a extinção destas espécies e de, provavelmente, muitas outras ainda não conhecidas pela ciência.

Dentre a fauna das cavernas da Escarpa Devoniana na região de Pirai da Serra destaca-se a presença de morcegos. Esses animais saem das cavidades para se alimentar e retornam levando recurso orgânico na forma de suas fezes, chamadas de guano, que servem de alimento para uma série de invertebrados. Como em geral há pouca ou nenhuma luz nas cavernas, o que impossibilita a existência de plantas, o alimento é escasso, por isso o guano é um dos principais recursos para a comunidade cavernícola.

Os morcegos são um dos grupos com hábitos alimentares mais diversos dentre os mamíferos, havendo espécies carnívoras (comem pequenos vertebrados como roedores, aves e morcegos), frugívoras (frutos), hematófagas (sangue), insetívoras (insetos), piscívoras (peixes), onívoras (hábitos alimentares diversos) polinívoras (pólen) e nectarívoras (néctar)⁵. Como reflexo desta ampla diversidade de hábitos, os morcegos atuam no controle da população de insetos e na polinização e dispersão de sementes de numerosas espécies vegetais⁵. Apesar dessa importância os morcegos geram aversão em grande parte da população por lendas infundadas sobre vampirismo e desconhecimento de sua biologia e comportamento.

No contexto das cavernas da área de estudo do Projeto EspeleoPirai destaca-se o morcego *Chrotopterus auritus* (Figura 1) que se alimenta de pequenos mamíferos, aves e, complementando a

dieta, com alguns insetos⁶. A espécie é considerada essencialmente cavernícola⁷, ou seja, esses refúgios naturais são essenciais para suas populações. Por se tratar de uma espécie predadora e associada a florestas bem conservadas, *C. auritus* é considerada indicadora de qualidade ambiental⁸, sendo importante seu monitoramento na área para detectar possíveis impactos ambientais.

Além do guano de morcegos, destaca-se a matéria orgânica vegetal, como por exemplo, folhas, gravetos e troncos. O que parece contraindicativo, pois conforme mencionado acima, as cavernas são ambientes com pouca ou nenhuma luz natural, dificultando a existência de plantas nessas áreas. Esses recursos de origem vegetal no ambiente subterrâneo provêm do seu entorno e são carregados pela ação da água, gravidade ou vento para o seu interior. De fato, é o que ocorreu em várias cavidades estudadas durante o projeto, o que demonstra a importância da preservação da vegetação do entorno para garantir a fonte de alimento para a fauna cavernícola. Além de sua importância direta para esta fauna que se alimenta de plantas ou de seus restos em decomposição, a vegetação tem importância indireta, já que serve de *habitat* para várias espécies. Podem ser citados como exemplo os mosquitos que habitam a floresta e que entram nas cavernas para se refugiar, servindo de alimento para as aranhas que habitam as cavidades. Pode-se dizer que na maioria desses espaços subterrâneos a fauna depende de recursos orgânicos existentes no ambiente superficial. Então apesar de parecer que as cavernas são ambientes isolados e independentes da superfície, não são. A fauna cavernícola necessita da preservação da paisagem superficial, particularmente da vegetação e dos corpos hídricos (nascentes, rios, lagos, áreas úmidas).



Figura 1 – Cacho de morcegos da espécie *Chrotopterus auritus*, abrigados no teto da Gruta do Guano. Foto de Henrique Simão Pontes.

Já a fauna de invertebrados das cavernas da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra foi composta predominantemente por espécies comuns no ambiente cavernícola, como por exemplo, grilos *Endecous* sp., aranhas *Mesabolivar* sp. e *Enoploctenus* sp., agregações de opiliões *Serracutisoma molle* e besouros *Dissochaetus* sp., sendo similar a trabalhos realizados em cavernas calcárias na região do Vale do Ribeira, na região Metropolitana de Curitiba^{9,10}.

Os aracnídeos são muito comuns em cavernas, sendo fácil avistar aranhas e opiliões nestes ambientes pelo seu tamanho e cor. Dentre as aranhas destacam-se as da família Theridiidae (Figura 2), com ocorrência em várias cavernas brasileiras. Estas aranhas são normalmente consideradas troglófilas (apresentam populações estabelecidas dentro e fora da caverna), sendo caçadoras de pequenos insetos e utilizam a teia

para tecer um invólucro de seda que imobiliza a presa facilitando a alimentação do animal¹¹.

Outro grupo de aranhas facilmente encontrada em cavernas são as da família Ctenidae. Elas são geralmente troglófilas, sendo caçadoras errantes noturnas que capturam suas presas através de emboscadas. Algumas espécies dessa família podem apresentar riscos a humanos, principalmente a crianças e mulheres grávidas, contudo *Enoploctenus*, espécie encontrada na área de estudo (Figura 3), não é registrada como tendo importância em saúde.

Na área de entrada também é comum encontrar espécies mais associadas ao ambiente externo, em geral com menor abundância dentro das cavernas, como as aranhas papa-moscas ou aranhas saltadoras, pertencentes à família Salticidae (Figura 4).



Figura 2 – Aranha pertencente à morfoespécie Theridiidae sp. Foto de Gabriel de Souza Ghedin.



Figura 3 – Aranha *Enoploctenus* sp. (Ctenidae). Foto de Kleber Makoto Mise.



Figura 4 – Aranha papa-moscas pertencente à família Salticidae. Foto de Kleber Makoto Mise.

Além das aranhas, os ácaros são outros aracnídeos muito comuns em cavernas, mas que normalmente passam despercebidos em virtude de seu tamanho reduzido. Na Fenda da Janela, foi encontrado um indivíduo pertencente à família Rhagidiidae (Figura 5), possivelmente de uma espécie ainda não descrita pela ciência. Isto aponta o potencial de novas descobertas em cavernas paranaenses em futuras pesquisas¹². O indivíduo coletado não apresenta a morfologia tipicamente encontrada em espécies de ácaros troglóbios (troglomorfismos), mas como só foi encontrado até o momento dentro de cavidades, pode representar uma espécie troglóbia

(restrita ao ambiente subterrâneo). Novas pesquisas são necessárias para coletar mais indivíduos e elucidar a distribuição da espécie.

Outro grupo de aracnídeos que chama atenção muitas vezes por seu tamanho e cores são os opiliões. Popularmente conhecidos como opilião ou aranha-bode, estes animais são inofensivos para os humanos, porém, quando ameaçados, podem utilizar glândulas presentes em seu corpo para liberar um odor fétido que serve para repelir predadores¹³. A espécie mais comum na área de estudo é a *Serracutisoma molle* (Figura 6).



Figura 5 – Ácaro da família Rhagidiidae, possivelmente pertencente a uma espécie ainda não descrita pela ciência. Foto de Gabriel de Souza Ghedin.



Figura 6 – Opilião ou aranha-bode *Serracutisoma molle* (Gonyleptidae). Foto de Kleber Makoto Mise.

Os insetos são também comuns no ambiente cavernícola, apresentando uma grande diversidade. Dentre os grupos de fácil reconhecimento destacam-se os grilos, pelo seu tamanho e pelo som característico que produzem. Nas cavernas estudadas foram encontrados grilos jovens provavelmente do gênero *Strinatia* (Figura 7) e *Endecous* (Figura 8) ambos da família Phalangopsidae. Estes animais são amplamente distribuídos em diversas cavernas do Brasil, sendo considerado troglótenos, ou seja, indivíduos que frequentemente colonizam cavernas durante seu ciclo de vida¹⁴.

Os diplópodes, conhecidos popularmente como piolhos-de-cobra ou gongolos, são animais com grande riqueza em cavernas, havendo 11 espécies consideradas troglóbia no Brasil¹⁵. Durante as coletas realizadas na Fenda da Janela foi encontrado uma fêmea adulta de Pyrgodesmidae (Figura 9). Como o processo de identificação das espécies desse grupo só é possível com machos, não é possível determinar o gênero e espécie. Caso seja uma espécie não descrita, existe a possibilidade de constituir um registro importante, dada a carência de conhecimento desse grupo na região. Salienta-se que a família Pyrgodesmidae

engloba uma espécie troglóbia *Yporangiella stygius* (Schubart, 1946), com ocorrência restrita a Gruta do Monjolinho, no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Iporanga/SP). Dessa forma recomenda-se a realização de mais estudos para determinar se a espécie encontrada na Fenda da Janela é troglóbia, os quais devem englobar levantamentos tanto dentro das cavernas quanto no ambiente de entorno.

Não foram encontradas espécies de invertebrados de interesse em saúde até o momento, porém sabe-se que outras cavernas do Paraná abrigam aranha-marrom *Loxosceles* sp., que pode provocar acidentes. Esses acidentes provocam um quadro conhecido como loxoscelismo que, em alguns casos, levam ao óbito se não atendido prontamente¹⁶. Sugere-se que visitas sejam feitas utilizando equipamentos de proteção (por exemplo, calçados fechados, luvas e macacão) e prestar atenção ao colocar as mãos em frestas ou abaixo de rochas, para evitar acidentes com esses animais. Ressalta-se também que essas aranhas só provocam acidentes quando acudadas e em situações em que os equipamentos de segurança adequados não são utilizados (ver Capítulo 10).



Figura 7 – Grilo jovem provavelmente do gênero *Strinatia*. Foto de Kleber Makoto Mise.



Figura 8 – Grilo jovem pertencente ao gênero *Endecous*. Foto de Kleber Makoto Mise.



Figura 9 – Fêmea adulta de *Pyrgodesmidae* sp. Foto de Gabriel de Souza Ghedin.

O conhecimento atual da fauna das cavidades da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra ainda é incipiente, assim como na maior parte das cavidades areníticas do Paraná. Ao todo, durante o Projeto EspeleoPirai, apenas quatro cavidades subterrâneas foram amostradas: a Fenda da Janela e a Gruta Cezaídes I em Pirai do Sul, e a Gruta

do Guano e a Caverna da Esquerda em Tibagi. É fundamental a realização de mais estudos faunísticos e a execução de atividades de educação ambiental para desmistificar e evitar ao máximo as informações erradas sobre a fauna cavernícola, valorizando-a e garantindo sua preservação e conservação.

Referências

- ¹ SILVA, M.S.; FERREIRA, R.L.; DAMASCENO, R.C. Cavernas e o desenvolvimento de práticas no estudo de ciências: um estudo com alunos do sexto ano escolar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 7, p. 104-120, 2014.
- ² TRAJANO, Eleonora e BICHUETTE, Maria Elina. *Biologia subterrânea: Introdução*. São Paulo: Redespeleo Brasil. 2006. Disponível em: http://www.lesbio.ufscar.br/assets/trajano_-_bichuette_2006_biologia_subterranea.pdf. Acesso em: 31 mar. 2023.
- ³ ICMBio/MMA. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VII – Invertebrados / – 1. ed. – Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. 7 v.: il.
- ⁴ MMA. Atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçada de Extinção, PORTARIA MMA Nº 148, DE 7 DE JUNHO DE 2022. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf. Acesso em: 31 mar. 2023.
- ⁵ REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. (Eds). *Morcegos do Brasil*. Londrina: Nello R. dos Reis, p. 99-106, 2007.
- ⁶ WITT, A. A. FABIÁN, M. E. Hábitos alimentares e uso de abrigos por *Chrotopterus auritus* (Chiroptera, Phyllostomidae). *Mastozoología neotropical*, Buenos aires, v. 17, n. 2. 2010.
- ⁷ GUIMARÃES, M. M., & R. L. FERREIRA. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para a conservação. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 2, p. 1-33. 2014.
- ⁸ WILSON, D. E.; ASCORRA, C. F.; SOLARI, S. Bats as indicators of habitat disturbance, p. 613-625. In: WILSON, D. E.; SANDOVAL, A. (Eds). *Manu: The biodiversity of southeastern Peru*. Washington, Smithsonian Institution, 1996. 365p.
- ⁹ PINTO-DA-ROCHA, R. Invertebrados cavernícolas da porção meridional da província espeleológica do Vale do Ribeira, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 10, n. 2, p. 229-255. 1993.
- ¹⁰ PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). *Papéis Avulsos de Zoologia*, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. v. 39, n. 6, p. 61-173. 1995
- ¹¹ JAPYASSÚ, H.F. CAIRES, R.A. Hunting Tactics in a Cobweb Spider (Araneae-Theridiidae) and the Evolution of Behavioral Plasticity. *Journal of insect behavior*, v. 21, p. 258–284. 2008. <https://doi.org/10.1007/s10905-008-9124-5>
- ¹² BERNARDI, L. F. O.; RIBEIRO, D. B.; ALMEIDA, B. K. G.; BERNARDES, S. C.; COSTA, S. G. S.; PEPATO, A. R. Acari. In: PROUS, X., ZAMPAULO, R. A. (Orgs.). *Fauna cavernícola do Brasil*. Belo Horizonte: Rupestre, 2022. p. 148– 169.
- ¹³ BRAGAGNOLO, C. PINTO-DA-ROCHA, R. Diversidade de opiliões do parque nacional serra dos órgãos, Rio de Janeiro, Brasil (Arachnida: Opiliones). *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 3, n. 1. 2003.
- ¹⁴ SOUZA-DIAS, G. B. BOLFARINI, MÁRCIO P. NIHEI, S. S & DE MELLO F. *Endecous apterus*: A new species of cave cricket from northeast Brazil, with comments on the use of subterranean habitats by Luzarinae crickets (Orthoptera: Grylloidea: Phalangopsidae: Luzarinae). *Zootaxa*, Nova Zelandia, v. 3784, n. 2, p. 120-130. 2014. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3784.2.2>
- ¹⁵ INIESTA, L. F. M.; BOUZAN, R. S.; SOUZA, C. A. R. Diplopoda. In: PROUS, X., ZAMPAULO, R. A. (Orgs.). *Fauna cavernícola do Brasil*. Belo Horizonte: Rupestre, 2022. P. 265-283.
- ¹⁶ BRAZIL, T. K. *et al.* Aranhas de importância médica do estado da Bahia, Brasil. *Gazeta Médica da Bahia*, v. 79, n. 1, p. 32–37, 2009.



CAPÍTULO 7

Microbiologia das cavernas

Caroline Rosa Silva
Paola Pereira Constantin
Luiz Ricardo Olchanheski
Marcos Pileggi

Microorganismos são seres vivos invisíveis a olho nu e sua visualização só é possível utilizando equipamentos como microscópios. Bactérias, fungos, vírus e protozoários compõem esse grupo. Os microorganismos estão presentes em todos os ecossistemas terrestres, até mesmo nos mais extremos, desempenhando funções ecológicas importantes como nos ciclos biogeoquímicos¹, degradação de compostos tóxicos², produção de compostos químicos de importância farmacológica, entre outros³.

Dentre os ecossistemas extremos, o ambiente cavernícola é caracterizado por apresentar condições de alta umidade, temperatura relativamente baixa e constante e pouca disponibilidade de nutrientes. Ao longo do tempo, essa combinação de fatores selecionou microorganismos com características únicas, adaptadas para viver nessas condições (Figura 1). Além disso, a grande competição por recursos nos ecossistemas cavernícolas favorece a seleção de microorganismos que produzem compostos que inibem o crescimento de competidores⁴. Como as cavernas são ambientes com pouca ou nenhuma atividade humana, acredita-se que esses microorganismos sejam novas espécies com potencial de produção de compostos químicos importantes e inéditos em termos biotecnológicos⁵.

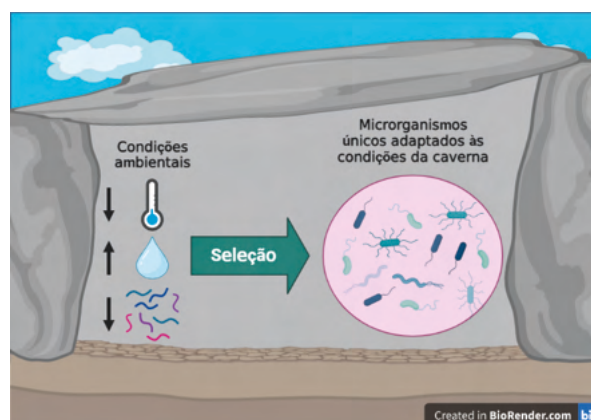


Figura 1 – Seleção de microrganismos cavernícolas. As condições ambientais de temperaturas relativamente baixas e estáveis, elevada umidade e pouca disponibilidade de nutrientes selecionam microrganismos únicos com adaptações para sobreviver a essas condições. Figura criada pelos autores com BioRender.com.

Neste estudo, foram coletadas amostras de espeleotemas, precipitações minerais secundárias que ocorrem no interior das cavernas (ver Capítulos 4 e 5), no Abrigo da Raridade e na Fenda da Janela, em Pirai do Sul. Os espeleotemas foram submetidos à diluição seriada e semeados em placas de Petri contendo meio de cultura. Esse material foi incubado por 24 horas. As colônias bacterianas crescidas foram isoladas e armazena-

das em tubos criogênicos contendo glicerol para armazenamento em *freezer*. Desse material, foram obtidos 105 isolados bacterianos cavernícolas que depois foram submetidos a testes para avaliação de síntese de substância com potencial biotecnológico (Figura 2).

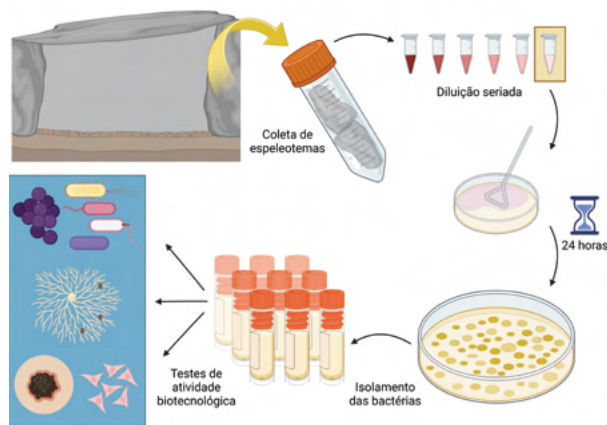


Figura 2 – Esquema do experimento de isolamento de microrganismos cavernícolas. Os espeleotemas coletados no Abrigo da Raridade e na Fenda da Janela foram submetidos à diluição seriada e semeados em meio de cultura. As colônias foram isoladas e armazenadas em *freezer* para a posterior realização de testes de atividade biotecnológica. Figura criada pelos autores com BioRender.com.

Os 105 isolados bacterianos foram submetidos a testes de atividades biotecnológicas frente a diferentes modelos celulares: bactérias com distintos espectros adaptativos e potenciais de induzir doenças em humanos; um fungo de importância agrônômica e; células cancerígenas (Figura 3). Cabe mencionar que essas bactérias causadoras de doenças, inapropriadamente chamadas de patógenas, são na verdade organismos oportunistas que, em um hospedeiro saudável, não causam doenças ou causam com menos virulência, mas em hospedeiros com sistema imunológico comprometido, causam doenças mais graves⁶.

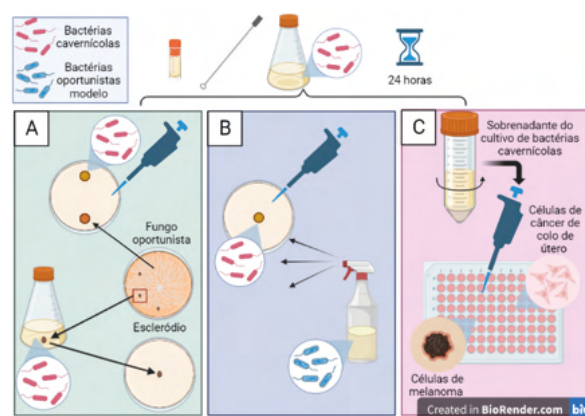


Figura 3 – Esquema dos experimentos realizados para a avaliação da atividade biotecnológica das bactérias cavernícolas. O Quadro A mostra o teste de inibição competitiva entre bactérias cavernícolas e fungo oportunista e o teste de controle da germinação de escleródio. O Quadro B mostra o teste de inibição competitiva entre bactérias cavernícolas e bactérias modelo. O Quadro C mostra o teste de inibição de células cancerígenas. Figura criada pelos autores com BioRender.com.

Para o teste de inibição competitiva foi utilizada uma linhagem de *Sclerotinia sclerotiorum*, um fungo oportunista de uma ampla variedade de plantas que causa uma doença conhecida como mofo-branco, responsável por perdas econômicas importantes em lavouras pelo mundo. O controle depende principalmente do uso de fungicidas, agrotóxicos prejudiciais ao meio ambiente⁷. Em condições desfavoráveis de crescimento, *S. sclerotiorum* forma os escleródios, estruturas de resistência do fungo, que podem ficar latentes no solo por diversos anos, até que as condições se tornem favoráveis. Como os escleródios podem permanecer no ambiente por até doze anos, é importante o controle dessas estruturas que convencionalmente é realizado pelo uso de fungicidas. No entanto, os escleródios são superficialmente cobertos por uma camada protetora de melanina que fornece resistência a produtos químicos, o que dificulta o seu controle⁸.

Para a avaliação da atividade biotecnológica frente a fungos de interesse agrônômico, foram realizados testes de inibição competitiva contra *S. sclerotiorum*, causador da doença mofo-branco em culturas agrícolas. Os isolados cavernícolas foram crescidos em meio de cultura por 24 horas e inoculados em uma das extremidades de uma placa de Petri contendo meio de cultura. Na outra extremidade, foi inoculado o micélio do fungo. O material foi incubado durante 7 dias. As leituras dos resultados foram realizadas medindo-se halos de inibição do crescimento. Foram realizados

testes de controle da germinação do escleródio. O escleródio foi mergulhado na cultura do isolado cavernícola, crescido previamente, e novamente inoculado em placas de Petri, contendo meio de cultura. Os resultados foram obtidos observando a germinação dos escleródios por meio do crescimento do fungo (Figura 3 – Quadro A).

Apenas o isolado 12A (obtido a partir de coleta realizada no Abrigo da Raridade) foi capaz de inibir o crescimento de *S. sclerotiorum* (Figura 4).

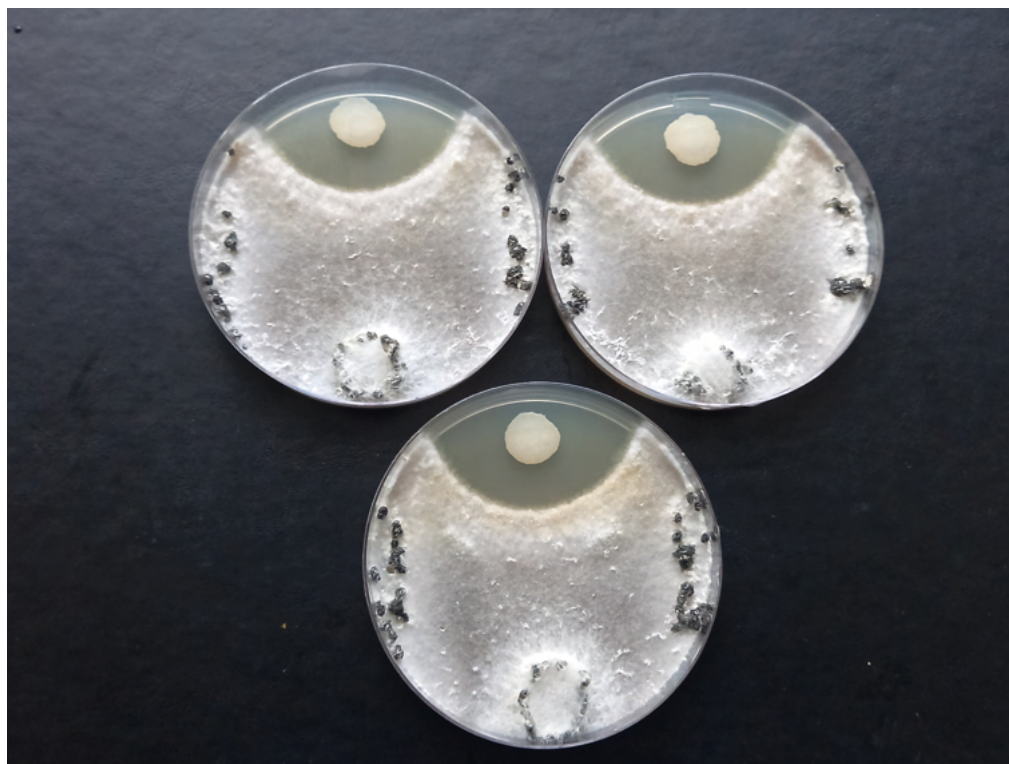


Figura 4 – Controle do fungo *S. sclerotiorum* pelo isolado 12A. O isolado 12A e o fungo foram inoculados em extremidades opostas na placa de Petri. *S. sclerotiorum* não cresceu até a borda da extremidade oposta, indicando a inibição do crescimento pelo isolado 12A. Foto de Paola Pereira Constantin.

Além disso, o isolado 12A controlou a germinação dos escleródios (Figura 5).



Figura 5 – Controle da germinação de escleródios. As placas contendo apenas o escleródio germinado são as duas situadas na porção superior da figura. As duas placas abaixo contêm escleródios imersos em caldo de cultivo do isolado 12A. Nas placas da porção inferior da figura há apenas o crescimento do isolado 12A, caracterizando a inibição da germinação dos escleródios. Foto de Paola Pereira Constantin.

Esses resultados indicam que as moléculas produzidas a partir de linhagens bacterianas, como a 12A, poderiam ser uma alternativa ecológica ao uso de agrotóxicos para aplicação nas lavouras para o controle de doenças, como o mofo-branco. A inibição da germinação dos escleródios também pode ser uma alternativa às formas de controle convencionais que são prejudiciais ao ambiente.

Para a avaliação da atividade biotecnológica frente a bactérias modelos de estudo, foram realizados testes de inibição competitiva contra linhagens

oportunistas de interesse médico, como as bactérias gram-negativas em formato de bastonetes *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* e *Pseudomonas aeruginosa* e as bactérias gram-positivas *Bacillus subtilis* as quais também possuem formato de bastonete e *Staphylococcus aureus* que apresentam formato de cocos arranjados em cachos.

E. coli habita naturalmente a microbiota intestinal de humanos, mas pode causar infecções extra intestinais, como infecções do trato urinário, próstata e corrente sanguínea⁹, principalmem-

te em pacientes com barreiras gastrointestinais violadas ou em pacientes imunocomprometidos¹⁰. *P. mirabilis* frequentemente causa infecções do trato urinário e possui locomoção pela presença de flagelo¹¹. *P. aeruginosa* é um agente importante de infecções hospitalares que estão associadas a alta morbidade e mortalidade em muitos grupos, incluindo indivíduos com pneumonia, doença pulmonar obstrutiva crônica ou fibrose cística¹². *B. subtilis* pode estar presente em diversos ambientes, sendo uma característica importante a capacidade de formar endósporos, estruturas de resistência que podem sobreviver a circunstâncias adversas como alta temperatura, dessecação, radiação ultravioleta e gama¹³. *S. aureus* é uma bactéria cosmopolita e pode estar envolvida em

diversas infecções, desde as mais simples como as cutâneas, até as mais complicadas como pneumonia grave e sepse¹⁴.

Os isolados cavernícolas foram crescidos em meio de cultura líquido por 24 horas e inoculados em placas de Petri para montagem dos experimentos de inibição. Sobre essa amostra foram borrifadas culturas das linhagens oportunistas. O material foi incubado durante 24 horas (Figura 3 – Quadro B). As leituras dos resultados foram realizadas medindo halos de inibição do crescimento.

Os isolados cavernícolas 12A e 21Y (obtido a partir de coleta realizada na Fenda da Janela) apresentaram resultados de destaque nos testes de inibição de bactérias oportunistas (Tabela 1).

Tabela 1 – Inibição do crescimento de bactérias oportunistas (*Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*) por dois isolados de espeleotemas (12A e 21Y). A média do raio dos halos de inibição estão representadas em centímetros, os sinais negativos (-) indicam a ausência de inibição de crescimento da bactéria oportunista.

	<i>P. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. mirabilis</i>
12A	0,79	1,08	0,49	0,33	0,87
21Y	0,38	-	0,3	-	-

A demanda por novos medicamentos é crescente devido à seleção de bactérias resistentes aos antibióticos utilizados na medicina. Atualmente são chamadas, de maneira leiga, de superbactérias e apresentam impacto significativo na saúde global. Dessa maneira, as substâncias químicas produzidas pelas bactérias de caverna 12A e 21Y, responsáveis pela inibição do crescimento das linhagens oportunistas, tem o potencial de serem utilizadas como medicamentos para tratamento de infecções bacterianas.

Para a avaliação da atividade biotecnológica frente a células cancerígenas, foram realizados testes de inibição de linhagens celulares de câncer de colo de útero e melanoma.

O câncer é uma doença na qual células se multiplicam descontroladamente. O melanoma é o câncer mais comum encontrado na população adulta e tem alta incidência na população idosa. Geralmente é encontrado na pele, nos melanócitos, células que contêm o pigmento melanina. A principal causa do melanoma é a exposição à radiação ultravioleta do sol¹⁵.

O câncer de colo de útero é o terceiro câncer mais comum em mulheres no mundo. A principal causa é a infecção pelo papiloma vírus humano, o HPV, que pode ser facilmente evitada pela vacinação. No entanto, esse é um problema para países de baixa e média renda, já que dispõem de poucos recursos para a vacinação da população. Atualmente, mais de 85% das mortes por câncer do colo do útero ocorrem nesses países¹⁶.

Os isolados cavernícolas foram crescidos em meio de cultura durante 48 horas. Posteriormente, o material foi centrifugado e o sobrenadante inoculado sobre as culturas de células de câncer de colo de útero e melanoma em placas de 96 poços, que foram incubados por 48 horas (Figura 3 – Quadro C). O teste colorimétrico MTT ((3-(4,5-dimetiltiazol-2yl)-2,5-difenil brometo de tetrazolina) foi aplicado para determinar a viabilidade celular. Células metabolicamente ativas são capazes de reduzir o sal tetrazólio em formazan, fazendo com que a coloração da solução se torne roxa. Portanto quanto mais roxa for a solução, maior é o número de células viáveis.

Nos testes de inibição das células cancerígenas, os metabólitos produzidos pelas bactérias 12A e 21Y inibiram o crescimento das células de câncer de colo de útero e melanoma (Figura 6). Atualmente, existem poucos medicamentos para o tratamento do câncer⁴. Para tratamento em estágios iniciais do melanoma, por exemplo, a cirurgia ainda é a técnica mais utilizada. Para estágios mais avançados outros tratamentos estão disponíveis, como a imunoterapia, que aumenta a resposta imunológica antitumoral, e as terapias direcionadas, que inibem genes específicos para retardar o crescimento tumoral¹⁷. No caso do câncer de colo de útero, o tratamento padrão é a cirurgia de histerectomia radical, retirada do útero, que pode incluir os ovários. Isso pode ser um problema quando o diagnóstico ocorre em uma idade jovem, quando as pacientes ainda não atingiram seus planos de gravidez¹⁸. Dessa forma, os metabólitos produzidos pelos isolados de cavernas podem ser alternativas às formas de tratamento existentes para o câncer de colo de útero e melanoma.

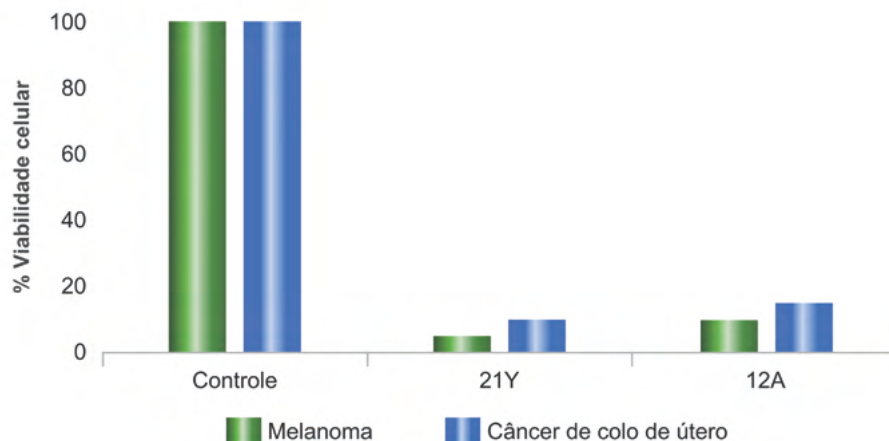


Figura 6 – Inibição da viabilidade de células de melanoma e do câncer de colo de útero pelos metabólitos produzidos pelas linhagens 12A e 21Y.

Os metabólitos produzidos por microrganismos encontrados no Abrigo da Raridade (12A) e na Fenda da Janela (21Y) possuem potencial biotecnológico importante para inibição de linhagens celulares de referência (Figura 7).

Dessa forma, estudar microrganismos desses ambientes, as interações ecológicas e os fatores que levaram à seleção das características

únicas se faz importante. Além disso, os ambientes cavernícolas da Escarpa Devoniana na região de Pirai da Serra podem ser uma fonte de novos medicamentos/produtos ecológicos que poderão ajudar a sociedade em termos de saúde e agricultura. Daí a importância da ampliação do conhecimento a partir de novos estudos e da conservação do patrimônio espeleológico da Escarpa Devoniana e região.

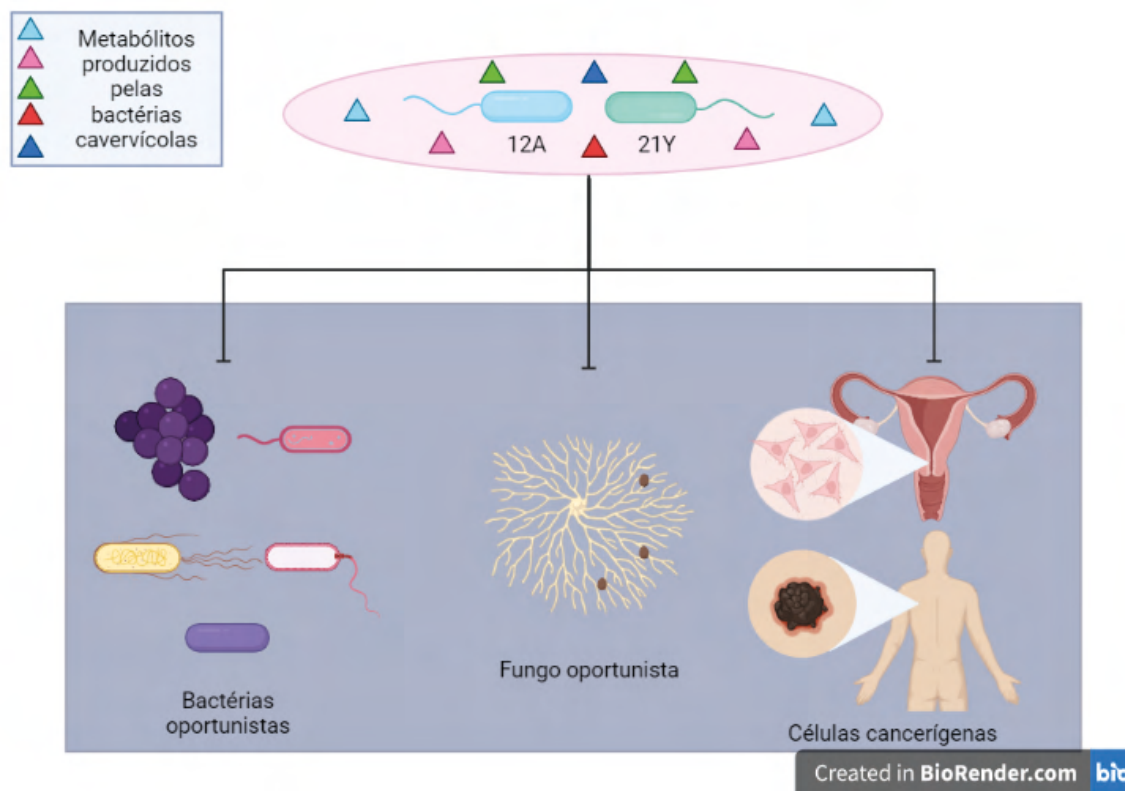


Figura 7 – Capacidade de inibição dos metabólitos produzidos pelos isolados cavernícolas 12A e 21Y. As moléculas produzidas por estes isolados inibem linhagens de bactérias oportunistas de interesse médico, linhagem de fungo oportunista de interesse agrônomo e células cancerígenas. Figura criada pelos autores com BioRender.com.

Referências

- ¹ FIERER, N. Embracing the unknown: Disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, v. 15, n. 10, p. 579–590, 2017. DOI: 10.1038/nrmicro.2017.87.
- ² HOREMANS, B.; BERS, K.; ROMERO, E. R.; JUAN, E. P.; DUNON, V.; DE MOT, R.; SPRINGAEL, D. Functional redundancy of linuron degradation in microbial communities in agricultural soil and biopurification systems. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 82, n. 9, p. 2843–2853, 2016. DOI: 10.1128/AEM.04018-15.
- ³ FIRA, D.; DIMKIĆ, I.; BERIĆ, T.; LOZO, J.; STANKOVIĆ, S. Biological control of plant pathogens by *Bacillus species*. *Journal of Biotechnology*, v. 285, p. 44–55, 2018. DOI: 10.1016/J.JBIOTEC.2018.07.044.
- ⁴ ZADA, S.; SAJJAD, W.; RAFIQ, M.; ALI, S.; HU, Z.; WANG, H.; CAI, R. Cave Microbes as a Potential Source of Drugs Development in the Modern Era. *Microbial Ecology*, v. 84, n. 3, p. 676, 2022. DOI: 10.1007/S00248-021-01889-3.
- ⁵ RANGSEEKAEW, P.; PATHOM-AREE, W. Cave Actinobacteria as Producers of Bioactive Metabolites. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, n. MAR, p. 387, 2019. DOI: 10.3389/FMICB.2019.00387.
- ⁶ KUMAR, R.; ISON, M. G. Opportunistic Infections in Transplant Patients. *Infectious Disease Clinics of North America*, v. 33, n. 4, p. 1143–1157, 2019. DOI: 10.1016/j.idc.2019.05.008.
- ⁷ ALBERT, D.; DUMONCEAUX, T.; CARISSE, O.; BEAULIEU, C.; FILION, M. Combining Desirable Traits for a Good Biocontrol Strategy against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Microorganisms*, v. 10, n. 6, 2022. DOI: 10.3390/MICROORGANISMS10061189.
- ⁸ ATALLAH, O.; YASSIN, S. *Aspergillus* spp. eliminate *Sclerotinia sclerotiorum* by imbalancing the ambient oxalic acid concentration and parasitizing its sclerotia. *Environmental Microbiology*, v. 22, n. 12, p. 5265–5279, 2020. DOI: 10.1111/1462-2920.15213.
- ⁹ SORA, V. M.; MERONI, G.; MARTINO, P. A.; SOGGIU, A.; BONIZZI, L.; ZECCONI, A. Extraintestinal Pathogenic *Escherichia coli*: Virulence Factors and Antibiotic Resistance. *Pathogens*, v. 10, n. 11, 2021. DOI: 10.3390/PATHOGENS10111355.
- ¹⁰ PAKBIN, B.; BRÜCK, W. M.; ROSSEN, J. W. A. Virulence Factors of Enteric Pathogenic *Escherichia coli*: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 18, 2021. DOI: 10.3390/IJMS22189922.
- ¹¹ ARMBRUSTER, C. E.; MOBLEY, H. L. T.; PEARSON, M. M. Pathogenesis of *Proteus mirabilis* Infection. *EcoSal Plus*, v. 8, n. 1, 2018. DOI: 10.1128/ECOSALPLUS.ESP-0009-2017.
- ¹² JURADO-MARTÍN, I.; SAINZ-MEJÍAS, M.; MCCLEAN, S. *Pseudomonas aeruginosa*: An Audacious Pathogen with an Adaptable Arsenal of Virulence Factors. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 6, p. 1–37, 2021. DOI: 10.3390/IJMS22063128.

- ¹³ KASPAR, F.; NEUBAUER, P.; GIMPEL, M. Bioactive Secondary Metabolites from *Bacillus subtilis*: A Comprehensive Review. *Journal of Natural Products*, v. 82, n. 7, p. 2038–2053, 2019. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.9b00110.
- ¹⁴ CHEUNG, G. Y. C.; BAE, J. S.; OTTO, M. Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*. *Virulence*, v. 12, n. 1, p. 547, 2021. DOI: 10.1080/21505594.2021.1878688.
- ¹⁵ RAIMONDI, S.; SUPPA, M.; GANDINI, S. Melanoma Epidemiology and Sun Exposure. *Acta Dermato-Venereologica*, v. 100, n. 11, p. 250–258, 2020. DOI: 10.2340/00015555-3491.
- ¹⁶ BEDELL, S. L.; GOLDSTEIN, L. S.; GOLDSTEIN, A. R.; GOLDSTEIN, A. T. Cervical Cancer Screening: Past, Present, and Future. *Sexual Medicine Reviews*, v. 8, n. 1, p. 28–37, 2020. DOI: 10.1016/J.SXMR.2019.09.005.
- ¹⁷ LONGVERT, C.; SAIAG, P. Actualités dans le mélanome cutané. *La Revue de Médecine Interne*, v. 40, n. 3, p. 178–183, 2019. DOI: 10.1016/J.REVMED.2018.11.005.
- ¹⁸ ZACCARINI, F.; SANSON C.; MAULARD, A.; SCHÉRIER, S.; LEARY, A.; PAUTIER, P.; CHARGARI, C.; GENESTIE, C.; GOUY, S.; MORICE, P. Cervical Cancer and Fertility-Sparing Treatment. *Journal of Clinical Medicine*, v. 10, n. 21, p. 4825, 2021. DOI: 10.3390/JCM10214825.





CAPÍTULO 8

Pinturas rupestres em abrigos e cavernas: a arqueologia da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra

Laís Luana Massuqueto

Henrique Simão Pontes

Tatiane de Souza

Alessandro Giulliano Chagas Silva

A arqueologia é a ciência que estuda os vestígios arqueológicos encontrados em vários contextos e realiza inferências sobre o comportamento de grupos humanos a partir desses achados. Essa ciência se baseia em vestígios que podem ser de caráter ecológico (evidências botânicas), geológico/pedológico (evidências em solos, sedimentos), biológico (evidências de esqueletos humanos ou de fauna) e da chamada cultura material, como instrumentos feitos a partir de minerais e rochas como as pontas de flechas e cerâmicas como potes, além de pinturas e gravuras rupestres, geralmente encontradas em paredes e tetos de abrigos e cavernas. O local onde esses vestígios se alocam passa a ser denominado sítio arqueológico¹.

A região dos Campos Gerais do Paraná, incluindo a área de Pirai da Serra, foi ocupada por diferentes comunidades humanas muito antes da

chegada dos colonizadores europeus. Com base em diferentes estudos arqueológicos², estima-se que ao longo dos últimos 8 mil anos, diferentes povos indígenas habitaram esta área do Paraná e boa parte dos registros por eles e elas deixados são encontrados nas cavidades subterrâneas.

Os vestígios arqueológicos que foram mais facilmente encontrados na área do Projeto EspeleoPirai são as pinturas rupestres, marcas do período pré-colonial da região dos Campos Gerais. Também há outros registros, como materiais líticos e cerâmicos identificados em superfície e, oficinas líticas, locais com marcas de polimento de materiais.

É importante mencionar que pintura é um conceito que parte do pressuposto que as pessoas usavam os abrigos para produzir arte, mas não é possível saber exatamente se essa era a finalidade, então é mais adequado tecnicamente denominar

estes registros de grafismos, porque se reconhece uma ação gráfica sem associar ao ato de produzir arte. Entretanto, neste capítulo, os dois conceitos são utilizados como sinônimos, sem a intenção de individualizá-los.

As pinturas (ou grafismos) rupestres se caracterizam por motivos feitos por esses povos diretamente na rocha (paredes e tetos de cavernas, abrigos e lapas), geralmente na cor vermelha, mas que também podem ser encontrados nas cores alaranjada, amarela, marrom, bordô e preta. A tinta utilizada pode ter como base a hematita (óxido de ferro), um mineral geralmente de cor vermelha que em alguns contextos já estudados era triturado, reduzido a pó e misturado a outros materiais, como seiva de árvores, gordura ou sangue animal, água, fluídos corporais, entre outros^{3,4,5}. Posteriormente, a tinta gerada era cozida, o que resultava em cores com tons diferentes.

Para realizar os motivos diretamente na rocha, esses povos antigos possivelmente utilizavam a aplicação de pecíolos vegetais (gravetos), penas e muito comumente, a ponta dos dedos.

Até o início do Projeto EspeleoPirai, em julho de 2021, apenas dez sítios arqueológicos eram conhecidos e cadastrados na área de estudo. Um número baixo e que não correspondia a potencialidade do local. Após dois anos de pesquisas e dezenas de dias de prospecção, 33 novos sítios arqueológicos pré-coloniais foram identificados, com presença de pinturas rupestres variadas.

Também foram encontradas, em apenas dois abrigos (Abrigo da Metamorfose e Abrigo da Creolina), marcas conhecidas como oficinas líticas⁶. Tais feições se caracterizam por sulcos, em formato retilíneo ou arredondado, com milímetros até centímetros de profundidade e com cerca de 10 a 15 centímetros de comprimento (Figura 1). Formaram-se a



Figura 1 – Oficina lítica do Abrigo da Metamorfose, no município de Pirai do Sul. Na imagem as setas em amarelo indicam os sulcos e formas arredondadas produzidas a partir da abrasão. Foto de Henrique Simão Pontes.

partir da abrasão de um material rochoso contra o outro, em repetidas movimentações, para produzir ferramentas diversas. Também apresentam formas arredondadas, criadas geralmente por movimentos repetidos para macerar (esmagar) materiais (como sementes, mais resistentes). A presença de oficinas líticas pode ser considerada como uma prova do uso contínuo dos abrigos por esses povos.

Sítios arqueológicos comumente são encontrados em cavidades subterrâneas do tipo abrigos, locais não tão fechados (confinados) quanto as cavernas, mas que oferecem proteção. Tal característica é um fator importante para os povos que habitaram essa região, centenas ou até mesmo milhares de anos atrás. Os abrigos serviam como refúgios, locais de proteção, seja contra a chuva, vento e insolação (intempéries), como também pontos estratégicos para a observação de animais (durante momentos de caça) ou até mesmo como ambientes para pernoite e moradia temporária⁷ (estes geralmente caracterizados por abrigos com maior amplitude lateral e desenvolvimento linear).

Os abrigos com registros arqueológicos encontram-se próximos a corpos hídricos (nascentes, pequenos córregos como também grandes rios), em locais geralmente elevados, situados na média ou alta vertente, posições que proporcionam ampla visão da paisagem. Geralmente apresentam suas aberturas voltadas para o norte, o que permite uma quantidade razoável de insolação e diminui a umidade interna nestes ambientes. Tal característica contribuiu para a preservação natural das pinturas rupestres, situação oposta para os abrigos com abertura direcionada para sul, onde a umidade prevalece e proporciona maior degradação da superfície rochosa e consequente deterioração dos grafismos. Nas áreas mais úmidas a vegetação arbórea (árvores de pequeno a grande por-

te) se desenvolve com facilidade, o que causa maior sombreamento e umidade nos abrigos e acelera o crescimento de plantas, líquens e musgos sobre a rocha e, consequentemente, impacta negativamente as pinturas rupestres.

Mudanças climáticas nos últimos milhares de anos, que deixaram a região sul do Brasil mais úmida e quente e a presença de uma vegetação arbórea de maior porte próxima dos abrigos (que antes eram ladeados por campos nativos)⁸, acentuou o processo de intemperismo da rocha e fizeram com que as pinturas rupestres fossem aos poucos sendo desvanecidas, ou seja, praticamente apagadas com o tempo. Em alguns casos, como no Abrigo da Metamorfose (Pirai do Sul) alguns painéis com pinturas encontram-se mais preservados quando em comparação com outros sítios arqueológicos da região dos Campos Gerais, onde as pinturas estão quase apagadas, sendo difícil a interpretação dos motivos pintados (Figura 2).

Uma ferramenta eficiente que auxilia na identificação e caracterização de pinturas rupestres desvanecidas e que foi amplamente utilizada durante as etapas de campo do Projeto EspeleoPirai é o aplicativo de realce de imagens *DStretch*⁹, elaborado especificamente para a arqueologia. Este programa possui filtros pré-estabelecidos que quando aplicados realçam diferentes matizes de cores, como o vermelho, amarelo e preto. Para o uso em trabalho de campo, o aplicativo foi instalado no aparelho celular e os filtros foram aplicados em fotografias da área de análise. Esta técnica permitiu sanar dúvidas *in loco*, a fim de definir sobre a existência ou não de registros que possam estar desvanecidos ou enxergar de forma mais nítida algumas pinturas (Figura 3). O *DStretch* também é eficiente para detalhar os casos onde há sobreposição de motivos rupestres.



Figura 2 – Pinturas rupestres em abrigos de Pirai do Sul: na figura de cima, painel desvanecido no Abrigo Chapadinha I, abaixo painel com grafismos bem preservados no Abrigo da Metamorfose. Fotos de Henrique Simão Pontes.

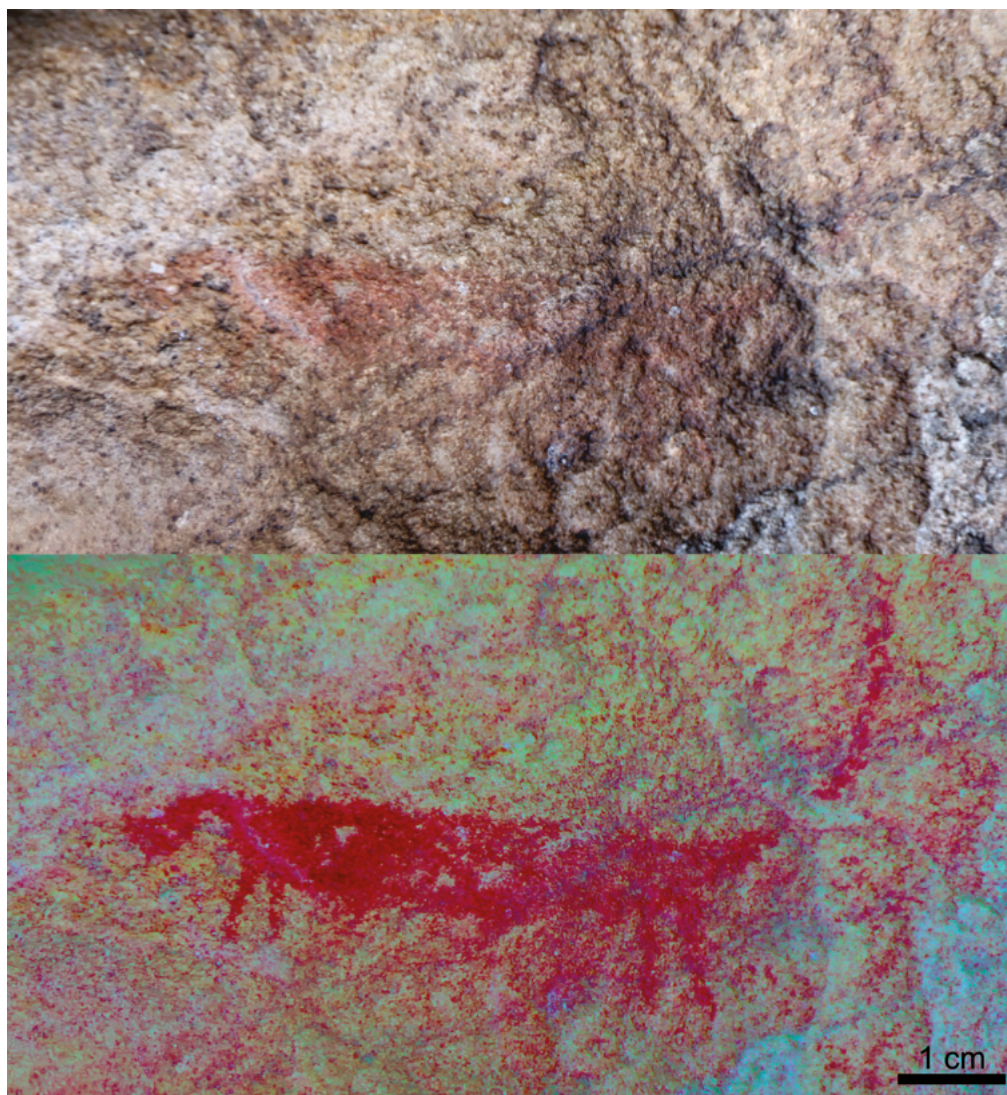


Figura 3 – Pintura rupestre de um animal no Abrigo Chapadinha II, em Pirai do Sul. A figura de cima (original sem filtros) mostra o motivo totalmente desvanecido e abaixo, figura com a aplicação do filtro LRE do *DStretch* permitindo a visualização completa da pintura. Fotos de Henrique Simão Pontes.

Para posterior trabalho em escritório, o *DStretch* também foi instalado em computador e potencializou a qualidade das análises automáticas e semiautomáticas (realizadas totalmente pelo computador ou com o auxílio/interpretação humana), pois possibilitou a construção de novos filtros de cores. Nesta etapa, as fotografias realizadas durante os trabalhos de campo foram tratadas e produzidos fotomoisacos, ou seja, uma junção de várias fotografias para maior detalhamento dos painéis investigados. Outros programas computacionais foram utilizados para realizar o tratamento final, o que envolveu a limpeza da imagem e produção de camadas ve-

toriais apenas com as pinturas rupestres. Com a aplicação deste método investigativo foi possível desvendar inúmeros sítios arqueológicos com pinturas rupestres.

Para a elaboração das pinturas, aventa-se que eram utilizados instrumentos diversos, como pecíolos vegetais (gravetos), taquaras ou galhos alongados (para registros elaborados em tetos elevados de abrigos), penas ou a ponta dos dedos (Figura 4). As pinturas podem ter sido produzidas a partir da tinta do mineral hematita (óxido de ferro) ou utilizando a técnica do *crayon* (quando se passa diretamente o mineral contra a parede, deixando um traço).



Figura 4 – Grafismo no Abrigo Chapadinha II produzido com os dedos. Foto de Henrique Simão Pontes.

Durante o Projeto EspeleoPirai, 43 sítios arqueológicos foram inventariados (Figura 5). Destes, apenas o Abrigo da Creolina é um sítio que só há a presença de oficinas líticas, todos os demais apresentam pinturas rupestres. Os motivos mais encontrados são: cervídeos, aves, círculos, linhas, pontos e dígitos e figuras antropomórficas (representações que guardam traços

humanos). Porém há algumas formas que aparecem uma única vez ou poucas vezes, como são os casos de possíveis felinos, tatu e tartaruga. Há uma diversidade das figuras representadas, com diferentes dimensões, formas dos traços, grau de detalhe e tipos de preenchimentos (vazios/vazados, totalmente preenchidos/chapados, pontilhados, gradeados e mistos).

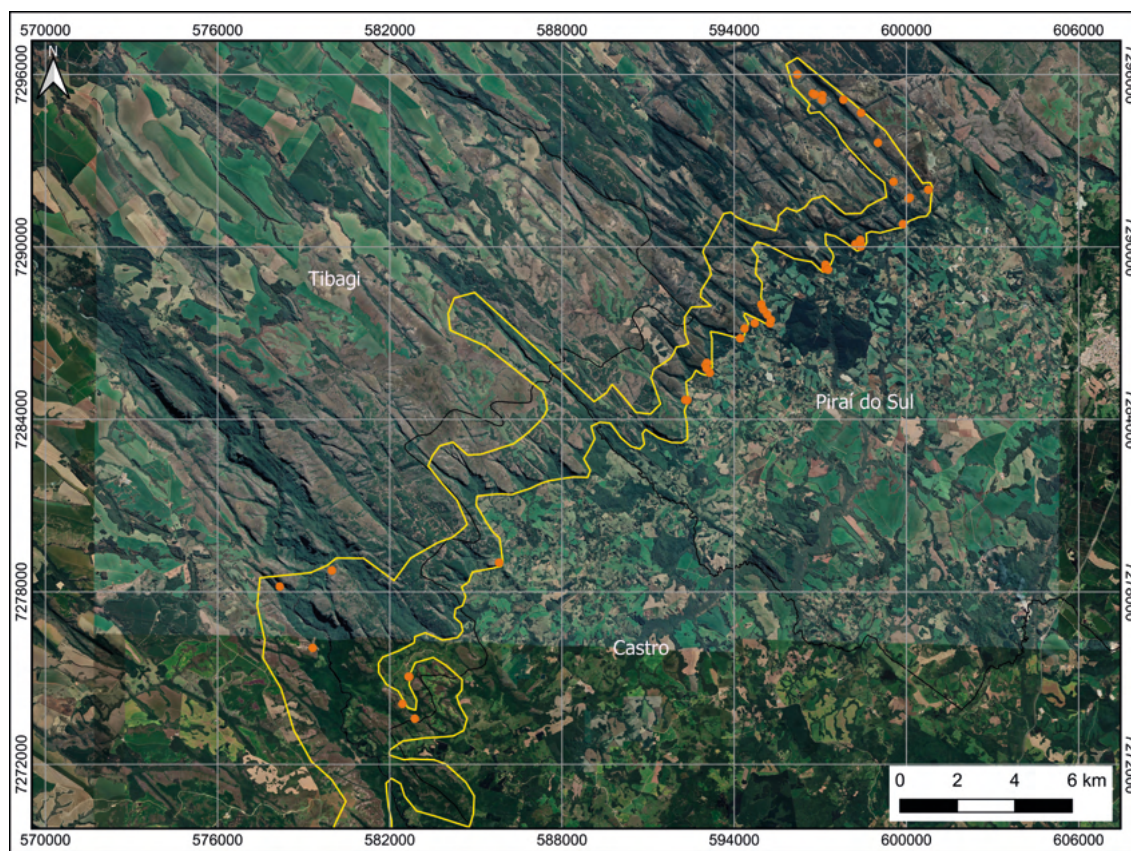


Figura 5 – Mapa de localização dos sítios arqueológicos (pontos laranja) na área do Projeto EspeleoPirai (contorno em amarelo).
Fonte: imagem orbital do Google Earth.

As figuras antropomórficas também aparecem de diferentes formas e contextos, ora com possíveis adornos na cabeça, membros superiores levantados, indicando movimento, possível representação de pessoas escalando árvores (Abrigo das Araucárias) e até mesmo, possíveis rituais e cenas de caças (Figura 6). No Abrigo da Meta-

morfose foram contabilizadas 248 figuras antropomórficas, e o quantitativo geral deste sítio arqueológico é impressionante, pois conta com um total de 887 figuras distribuídas em 32 painéis e mais de 16 m² de superfícies pintadas, sendo este o maior registro já conhecido para a região dos Campos Gerais¹⁰.



Figura 6 – Figuras humanas em possível representação de ritual ou momento de caça em um dos painéis do Abrigo da Metamorfose. A imagem de cima está sem filtros, abaixo apresenta tratamento vetorial sobre a aplicação do filtro YRE do *DStretch*. Fotos de Henrique Simão Pontes.

No Abrigo do Descamado, em Pirai do Sul, há duas figuras antropomórficas que representam pessoas construídas de forma estilizada e simplificada (apenas em linhas). Estas figuras humanas aparecem com braços erguidos e pernas abertas, com possível representação fálica, inédita para a região dos Campos Gerais (Figura 7). Além dessas figuras também aparecem nesse sítio pinturas de linhas, pontos e dígitos. Todos

esses motivos estão desvanecidos a ponto de serem praticamente irreconhecíveis a olho nu e identificáveis apenas com o uso do *DStretch*. A 100 metros a sudoeste do Abrigo do Descamado está a Lapa da Pena, com painel único na parede de pinturas em vermelho, com destaque a dois traços feitos possivelmente a partir de pena utilizada como pincel, técnica incomum para o grafismo rupestre regional (Figura 8).

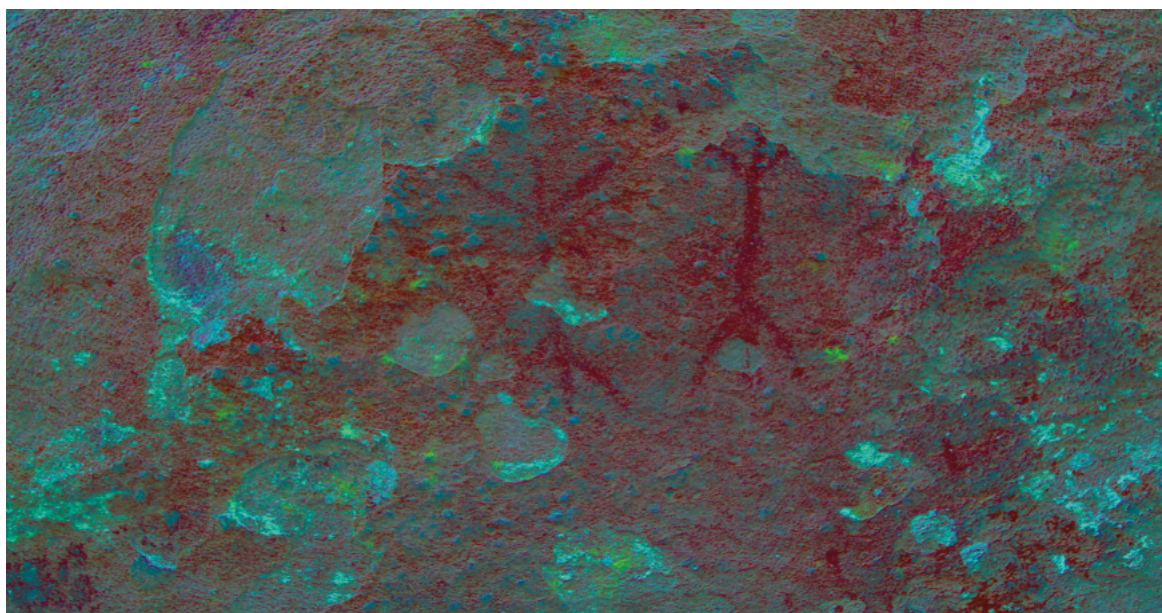


Figura 7 – Possíveis figuras humanas com braços e pernas abertas e representação fálica, no Abrigo do Descamado, em Pirai do Sul. O painel encontra-se bastante desvanecido, por isso esta imagem está com filtro LRE do *DStretch*. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

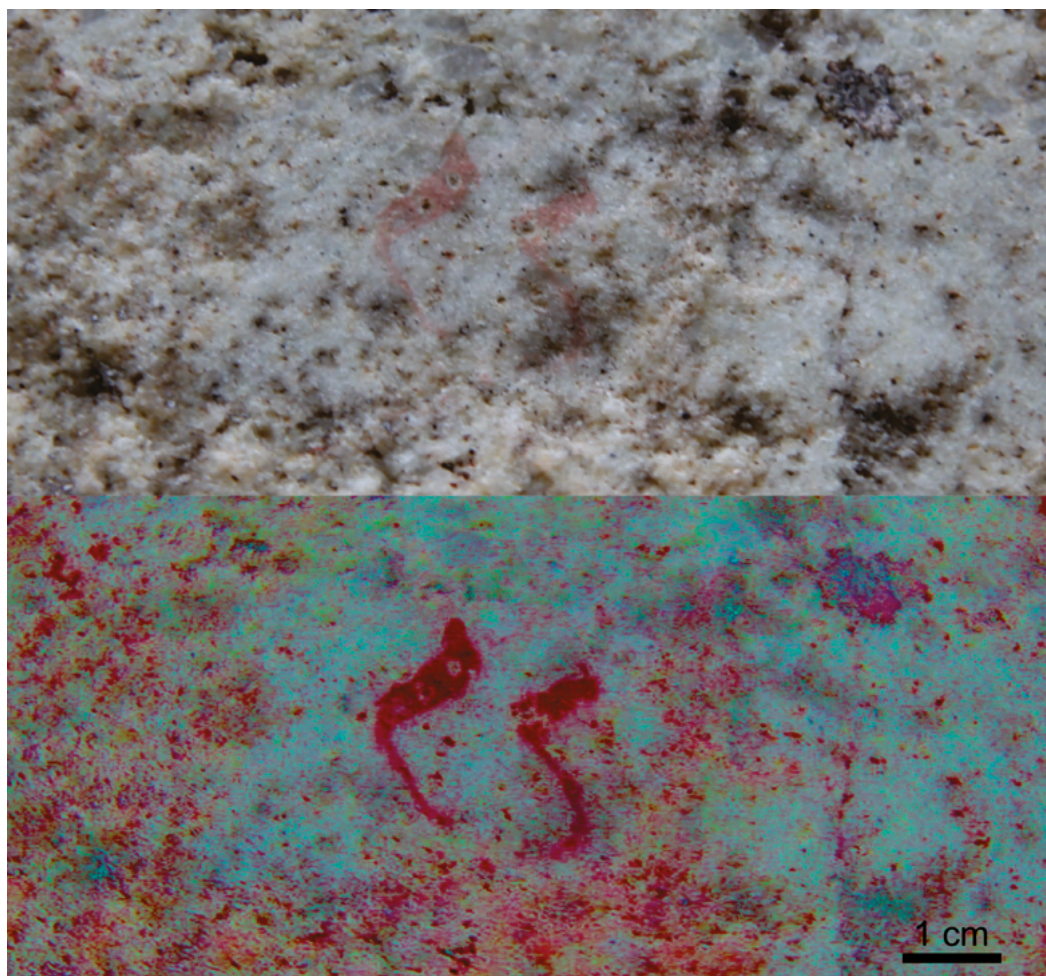


Figura 8 – Grafismo possivelmente produzido com a técnica de pincel, na Lapa da Pena, em Pirai do Sul. Acima imagem original e abaixo com filtro LRE do *DStretch*. Fotos de Angelo Eduardo Rocha.

Como citado anteriormente, outro achado importante durante o projeto foi o Abrigo das Araucárias¹¹. Este sítio arqueológico possui 25 painéis pintados, espalhados nas paredes e teto da cavidade. A temática predominante é composta por marcas de dedos, pontilhados, formas geométricas e fitomórficas. O painel que representa um capão de araucárias (com 13 indivíduos no total) diferencia-se das demais pin-

turas por conta de seu ineditismo e raridade, pelo grau de realismo das representações e estado de conservação. As pinturas de araucárias apresentam diferentes formas equiparando com os diferentes estágios de maturação da espécie. Além das árvores, há também a representação de vinte antropomorfos, sendo que três destes estão possivelmente escalando/subindo o tronco das araucárias (Figura 9).



Figura 9 – Painei das Araucárias, no Abrigo das Araucárias em Pirai do Sul. Foto de Henrique Simão Pontes.

O Abrigo do Trilho Preto, no município de Tibagi, é um exemplo de pintura rupestre na cor negra, situação pouco comum na região. Não há estudos sobre a composição química dos pigmentos negros, mas é possível que os motivos tenham sido produzidos com carvão ou algum mineral

desta cor. A pintura é constituída por linhas verticais e horizontais que se cruzam repetidamente, posicionada no teto do abrigo e com tênue sobreposição de precipitações minerais na cor branca (Figura 10).



Figura 10 – Pinturas na cor negra no Abrigo do Trilho Preto, município de Tibagi. Foto de Henrique Simão Pontes.

O Abrigo do Haroldo, em Castro, é um exemplo isolado e situado em um contexto pouco provável para a ocorrência de sítio arqueológico. As pinturas foram produzidas na base de um paredão de um morro testemunho da Escarpa Devoniana, constituído por superfícies rochosas de baixa qualidade e estado de conservação para a

produção da arte rupestre. Os grafismos encontrados neste pequeno abrigo são constituídos por dígitos com duas linhas e apenas um círculo (Figura 11), agrupados e localizados a 40cm do piso do abrigo, em uma superfície rochosa irregular, bastante intemperizada e constituída por granulometria mais grossa.

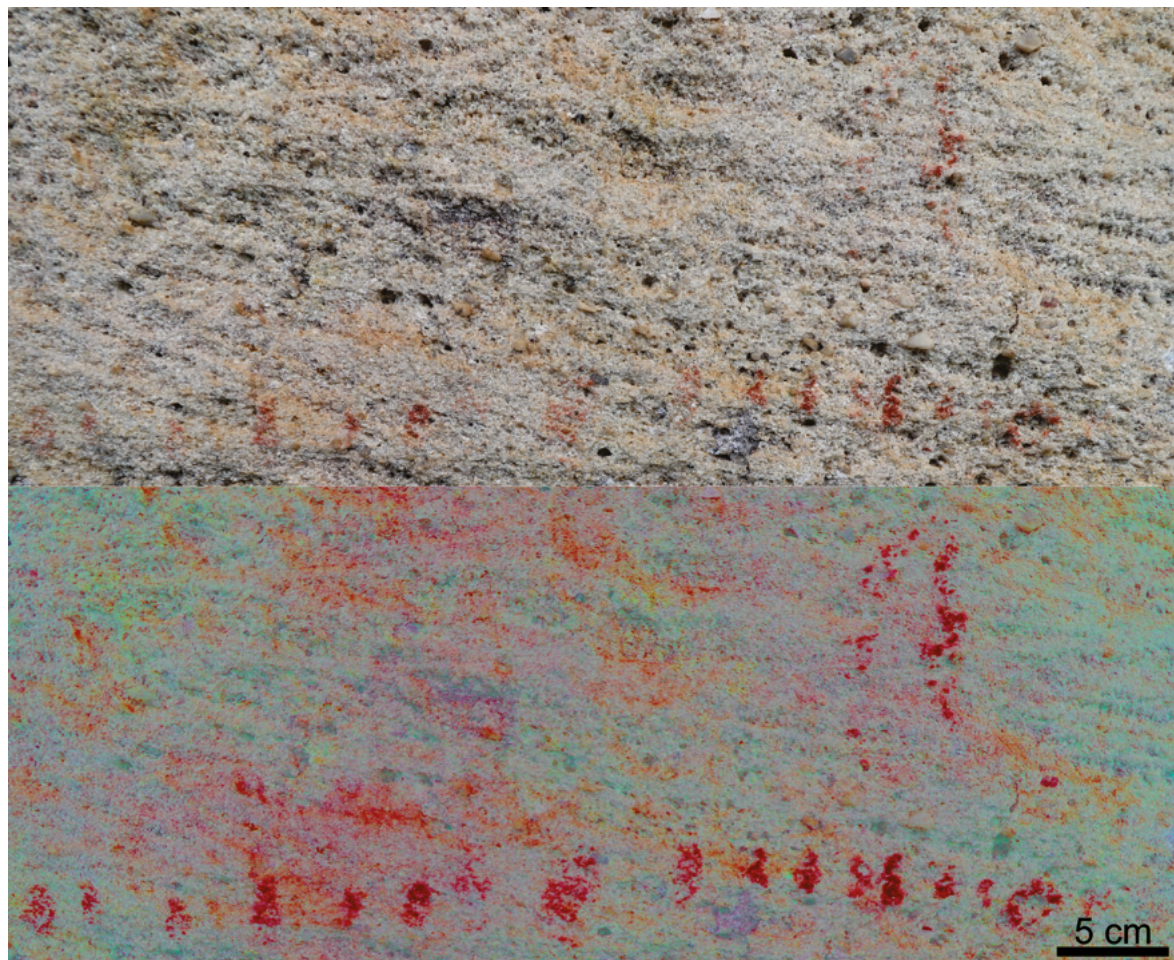


Figura 11 – Grafismos rupestres bem apagados em conglomerados da Formação Furnas, Abrigo do Haroldo, município de Castro. Acima imagem original e abaixo com filtro LRE do *DStretch*. Foto de Henrique Simão Pontes.

O Abrigo da Chaminé, no município de Tibagi, além de apresentar painéis situados entre 3 a 4 metros de altura em relação ao piso, guarda uma das figuras mais icônicas do grafismo rupestre da região da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra. O painel 1 deste sítio, predominantemen-

te, revela um conjunto de traços paralelos e verticalizados, pontilhados e manchas amorfas, mas em sua lateral esquerda é possível observar uma possível cena de escalada (a primeira ocorrência para a região), na qual dois antropomorfos estilizados aparecem subindo uma estrutura. (Figura 12).

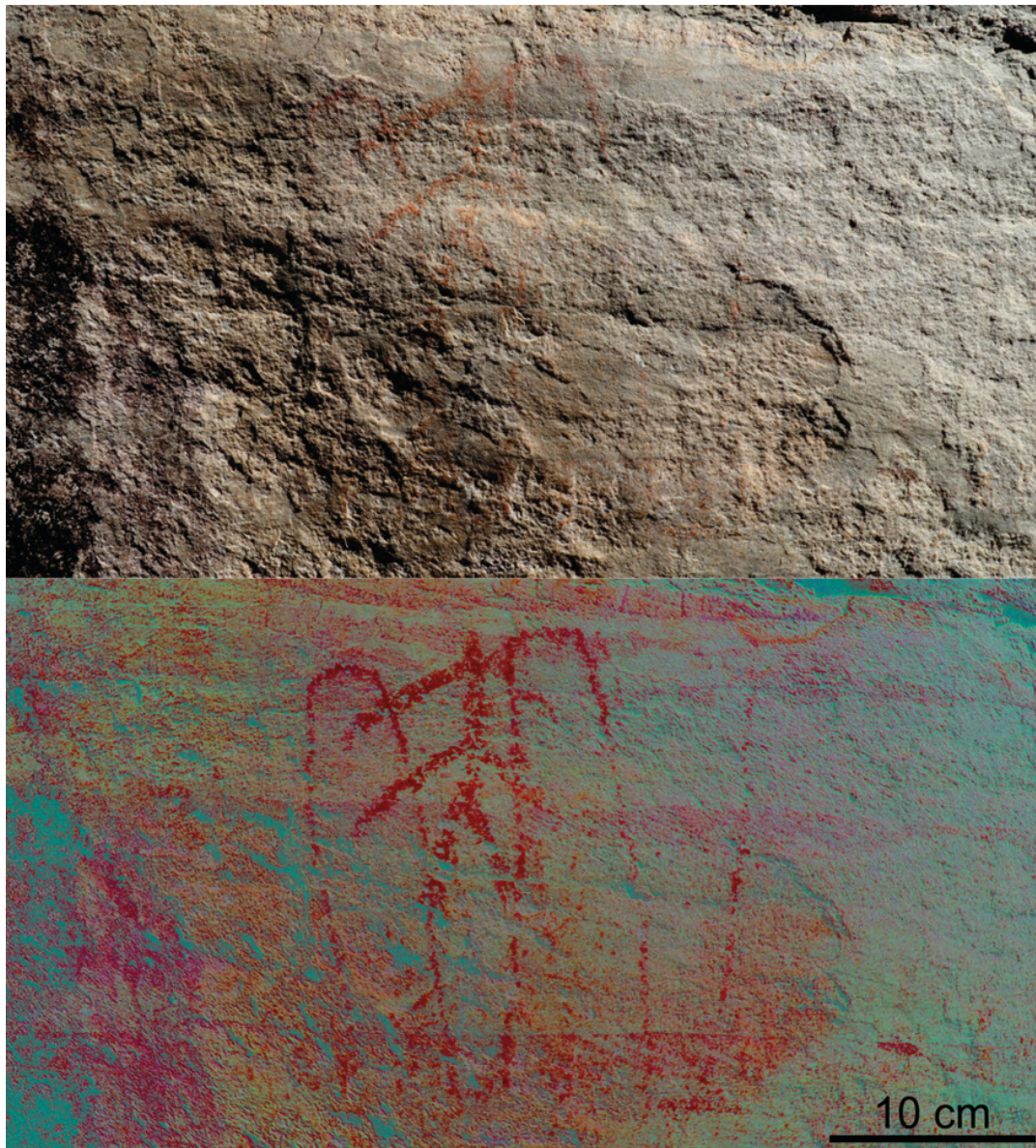


Figura 12 – Possível cena de escalada identificada no Abrigo da Chaminé. Acima imagem original e abaixo com filtro LRE do *DStretch*. Foto de Henrique Simão Pontes.

A região dos Campos Gerais é onde mais ocorrem cavidades subterrâneas no estado do Paraná e, conseqüentemente, abrigos com pinturas rupestres. Os 43 sítios arqueológicos estudados, ao mesmo tempo em que representam uma riqueza cultural, demonstram apenas uma pequena

parcela do verdadeiro potencial que a área tem para esse tipo de achado.

Os resultados dos levantamentos arqueológicos também revelaram que muitas vezes esses sítios podem estar presentes em locais pouco prováveis. As pinturas rupestres podem estar despercebidas por conta da decomposição natural da rocha, pelas condições ambientais que desbota a tinta nas paredes e tetos das cavidades, como também por estar em áreas de difícil acesso. Por isso, é essencial o desenvolvimento de pesquisas continuadas e trabalhos de prospecção que avancem em porções não exploradas da Escarpa Devoniana, principalmente em territórios pouco acessíveis.

Referências

- ¹ PARELLADA, C. I. Arqueologia. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G.B. Patrimônio Natural dos Campos Gerais. 1ª ed. Editora UEPG. 2007. Cap. 17, p. 163-170.
- ² PARELLADA, C. I. Revisão dos sítios arqueológicos com mais de seis mil anos BP no Paraná: discussões geoarqueológicas. FUMDHAMENTOS, Fundação Museu do Homem Americano, Piauí, 7, 117-135. 2008
- ³ GOMES, H, ROSINA, P, MARTINS, A, OOSTERBEEK, L. Pinturas rupestres: Matérias-primas, técnicas e gestão do território. Estudos do Quaternário, APEQ, v.9, p. 45-55. 2013, <http://www.apeq.pt/ojs/index.php/apeq>
- ⁴ POMIES, M. P.; BARBAZA, M.; MENU, M.; VIGNAUD, C. Préparation des pigments rouges préhistoriques par chauffage. l'Anthropologie, v.103, n.4, p. 503-18. 1999.
- ⁵ TRUJILLO, J.; FALGUERES, C.; ROSINA, P.; OOSTERBEEK, L. Tecnologia de la producción de los pigmentos en el arte rupestre colombiano: materiales y alteraciones. Fumdhamentos IX - Global Rock Art - IFRAO. Cris. Bucco. e. Mila Simões Abreu. Niéde Guídon. Brasil, Fundação Museu do Homem Americano. III. p.563-588. 2010.
- ⁶ HERBERTS, A.L, LAVINA, R, COMERLATO, F, COSTA, C. Oficinas líticas de polimento no interior de Santa Catarina. Anais do V encontro do Núcleo Regional Sul da Sociedade de Arqueologia Brasileira – SAB/Sul, Rio Grande, RS. 2006.
- ⁷ DE SOUZA, J. G.; MERENCIO, F. T. A diversidade dos sítios arqueológicos Jê do Sul no Estado do Paraná. Cadernos do LEPAARQ (UFPEL), 10(20), 93-130. 2013.
- ⁸ BEHLING, H. Late Quaternary Vegetation, Climate and Fire History from the Tropical Mountain Region of Morro de Itapeva, SE Brazil. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v.129, p. 407-422. 1997.
- ⁹ HARMAN, J. DStretch - rock art digital enhancement. Disponível em: <https://www.dstretch.com/>. Acesso em: 9 abr. 2023.
- ¹⁰ PONTES, H. S., MASSUQUETO, L. L., CHAGAS, A. G. S., OLIVEIRA, K. E. Abrigo da Metamorfose: impressionantes registros de pinturas rupestres nos Campos Gerais do Paraná, Sul do Brasil. Revista Terra Plural, Ponta Grossa, v.16. p. 1-29. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v16.2221492.047>
- ¹¹ PONTES, H. S., JUNGHANS, R., MASSUQUETO, L. L., MOCHIUTTI, N. F. B., GUIMARÃES, R. A., CHAGAS, A. G. S., SILVA, A. R. First rupestrian representations of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil. Caderno de Geografia, PUC Minas, v.33, n. 72. p. 174-201. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2023v33n.72p.174>



CAPÍTULO 9

Jornalismo e Comunicação no Projeto EspeleoPiraí

Angelo Eduardo Rocha
Cintia Xavier
Felipe Simão Pontes

As atividades relatadas no presente texto foram desenvolvidas no âmbito do Projeto EspeleoPiraí pelo Núcleo de Produção Audiovisual, projeto de extensão vinculado à Agência de Jornalismo, do curso de Jornalismo da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). A Agência de Jornalismo realiza práticas extensionistas em parceria com movimentos sociais da cidade de Ponta Grossa e região dos Campos Gerais desde 2003¹ e o Núcleo de Produção Audiovisual, desde 2016².

O Núcleo de Produção Audiovisual realiza produção, edição e divulgação de produtos audiovisuais (informativos e jornalísticos), especificamente para demandas ligadas a movimentos sociais, organizações não governamentais (ONGs), associações, sindicatos e demais integrantes da comunidade do município de Ponta Grossa e região, bem como contribui na formação de jornalistas inseridos em pautas pertinentes à comunidade. O Núcleo é composto por dois professores efetivos e um professor substituto do Departamento de Jornalismo, um profissional jornalista, além de estudantes bolsistas e voluntários da graduação e da pós-graduação da UEPG.

No Projeto EspeleoPiraí, o Núcleo de Produção Audiovisual compôs a equipe de

jornalismo e comunicação, a qual desenvolveu produtos audiovisuais (fotografia, áudio e vídeo), com caráter jornalístico, sobre as diferentes temáticas do projeto. A equipe também atuou na assessoria jornalística. Como estratégia para divulgar cientificamente os estudos realizados, duas modalidades de produção foram adotadas: i) uma série de quatro microdocumentários sobre os trabalhos das diferentes equipes científicas do projeto, que integra um documentário e; ii) assessoria jornalística do projeto, com produção de vídeos em formato vertical de pequena duração (30 segundos a 60 segundos) sobre a paisagem, flora, fauna, arqueologia e outros elementos encontrados nos trabalhos de saída de campo na Escarpa Devoniana; realização de *releases* e materiais para empresas jornalísticas e parceiros do projeto, e o acompanhamento das redes sociais e demais formas de divulgação dos estudos.

O objetivo deste capítulo é apresentar as principais ações da equipe de jornalismo e comunicação, com registro das saídas de campo, os contatos com a comunidade e os produtos desenvolvidos no âmbito do projeto e seus respectivos processos de planejamento, produção, pós-produção, publicação e divulgação.

A série documental “*EspeleoPiraí*”

A participação da equipe no Projeto EspeleoPiraí ocorreu, principalmente, na produção de registros em audiovisual das atividades de prospecções espeleológicas e arqueológicas, das saídas de

campo das equipes de microbiologia e de invertebrados subterrâneos e no acompanhamento de reuniões e atividades junto à comunidade e atores sociais e políticos (Figura 1). Esses registros audiovisuais tiveram como objetivo a produção da série de microdocumentários “Projeto EspeleoPiraí: em defesa do patrimônio natural de Piraí da Serra/PR”.



Figura 1 – Equipe de jornalismo e comunicação em diferentes momentos de captura de audiovisual.
Fotos de (da esquerda para a direita) Cíntia Xavier (as duas primeiras), Gabriel de Souza Ghedin e Gilson Burigo Guimarães.

A produção de um documentário foi o objetivo principal. Ao começar a planejar a execução do produto, considerou-se junto à coordenação do projeto que as produções em audiovisual poderiam constituir uma estratégia de comunicação com as comunidades dos municípios de Piraí do Sul, Castro e Tibagi, além da comunidade acadêmica e espeleológica. Nesse aspecto, o plano de execução estabeleceu a produção de uma série de quatro microdocumentários de 5 a 15 minutos cada, lançados em intervalos de oito meses e que exploram diferentes dimensões do projeto. Com a união

dos quatro episódios, foi produzido um documentário de aproximadamente 40 minutos, resultando assim em duas modalidades de produtos (série de microdocumentários e documentário de média-metragem). Essa estratégia possibilitou a organização visual e a constante divulgação das atividades do projeto, o diálogo permanente com a comunidade e otimizou o planejamento e organização das atividades de campo de todas as equipes (Figura 2).

A série de microdocumentários conta com quatro episódios: 1º - “O Projeto”; 2º - “Geodiversidade e Vida nas Cavernas”; 3º - “Pinturas

Rupestres”; 4º - “A Comunidade e a Conservação”. O primeiro episódio apresenta os objetivos do projeto, instituições envolvidas, área de realização e riqueza natural e social da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra. O segundo episódio aborda a geodiversidade e a biodiversidade das cavernas da escarpa. O terceiro microdocumentá-

rio teve como tema os novos sítios arqueológicos, evidenciando o expressivo potencial do patrimônio cultural da área. A última peça aborda a devolutiva educacional do Projeto EspeleoPirai para a comunidade bem como apresenta seus principais resultados, desafios e oportunidades considerando a conservação do patrimônio natural regional.



Figura 2 – Exemplos de enquadramentos utilizados nos microdocumentários. Fonte: Imagens capturadas dos microdocumentários produzidos durante o Projeto EspeleoPirai

O formato de série de microdocumentários resulta em diferentes produtos ao explorar temáticas que podem ser consumidas individualmente ou de forma contínua. Dessa maneira, propõe-se um dinamismo para o uso desse material, pois as instituições podem utilizar o primeiro episódio para apresentar o projeto; pesquisadores podem fazer uso de temáticas específicas sobre a espeleologia (estudo das cavernas), geologia, biologia

e arqueologia; e professores podem apresentar os vídeos como recursos em sala de aula; as sínteses podem orientar políticas públicas para área; movimentos sociais, para as lutas em busca da proteção desses ambientes; além de servir como estímulo para pesquisadoras e pesquisadores iniciantes, jovens e crianças.

Foram estabelecidas duas táticas para planejar as participações da equipe de jornalismo e

comunicação durante os trabalhos de campo e realizar a captação e produção de materiais. Na primeira, a equipe atuou em dupla e com duas câmeras para capturar entrevistas principais, aberturas e conclusões dos microdocumentários, explicações-chave sobre temas específicos de cada episódio, assim como registro de atividades dos

pesquisadores que realizaram saídas de campo exclusivas. Na segunda tática, apenas um membro da equipe de comunicação (com uma única câmera) acompanhou as equipes de exploração, com captação de imagens de apoio, realização de entrevistas pontuais e acompanhamento *in loco* das atividades desenvolvidas (Figura 3).



Figura 3 – Registros de momentos aplicando as duas táticas de obtenção de material audiovisual. A primeira imagem mostra trabalho de campo específico com a equipe de jornalismo e comunicação; a segunda mostra membro da equipe registrando de modo dinâmico as atividades de prospecção. Fotos de Henrique Simão Pontes e Rodrigo Aguilar Guimarães.

Na primeira tática, o processo de registro fez uso de tempos maiores para captura e discussão das formas de enquadramento e conteúdo das entrevistas. Esses momentos ocorreram em campos organizados pela coordenação do projeto para privilegiar o trabalho da equipe de jornalismo e comunicação. Por sua vez, quando apenas um membro era responsável por registrar as atividades de prospecção, o objetivo era minimizar as intervenções na execução do trabalho dos pesquisadores e pesquisadoras. Esta segunda tática permitiu a obtenção de imagens que evidenciaram com dinamismo e realismo a vivência das pessoas envol-

vidas no projeto, apresentando as dificuldades, os procedimentos e tipos de ambientes explorados.

As demais equipes do projeto também realizaram muitos registros (milhares) em vídeo e áudio em ótima qualidade, o que otimizou e diversificou as imagens para os microdocumentários. O integrante do projeto Rodrigo Aguilar Guimarães ficou responsável pelas imagens aéreas com o uso de drone, algumas realizadas com base em pautas previamente estipuladas, e outras a partir da beleza cênica proporcionada pela Escarpa Devoniana e sensibilidade de seu autor. Croquis, mapas, imagens otimizadas por uso de progra-

mas computacionais e fotografias da fauna, flora, formações rochosas e pinturas rupestres ofereceram um rico material de apoio.

Esses diferentes conteúdos audiovisuais, oriundos de uma profusão de fontes, foram separados e decupados, processo que envolveu dezenas de horas de trabalho. Os roteiros foram previamente idealizados, discutidos no campo e adaptados a partir do material captado e, posteriormente, trabalhados em processos de edição. As músicas foram compostas pelo geógrafo e musicista Fernando Bertani Gomes e pela farmacêutica e musicista Aline Ansbach Garabeli. Algumas das composições foram feitas especialmente para os microdocumentários.

A equipe precisou discutir e definir junto à coordenação do projeto EspeleoPiraí, Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas CECAV/ICMBio e Mater Natura - Instituto de Estudos Ambientais o modo de exposição dos financiadores, bem como de todas as entidades envolvidas no apoio, promoção e execução do projeto. A logomarca do projeto foi produzida pelo geógrafo Henrique Simão Pontes e posteriormente, também com a logo do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), foram animadas pelo geólogo Rodrigo Aguilar Guimarães. Todos esses elementos foram dispostos de forma planejada em cada produção, o que ofereceu identidade visual e um caráter contínuo para a série.

A produção e edição tiveram como principal meta a tarefa de explicar, em linguagem simples, as atividades do projeto e o quanto a proteção da Escarpa Devoniana é de interesse de todos os agentes envolvidos (moradores, agricultores, silvicultores, políticos, pesquisadores, ambientalistas, visitantes). O processo educativo e comunitário está em expor para o maior número possível de pessoas o potencial cultural, histórico, científico, turístico e econômico da região. Essa meta envolveu trabalho contínuo da equipe de

jornalismo e comunicação em preparar as pautas, conduzir as entrevistas, ilustrar e “traduzir” termos mais técnicos, explicar as ações mais especializadas de cada equipe do projeto.

O processo de divulgação das produções ocorreu pelos canais de comunicação do GUPE (canal do YouTube “GUPE Cavernas” e do Instagram “EspeleoGupe”), além de registro no canal do YouTube do Núcleo de Produção Audiovisual. A divulgação do trabalho aconteceu a partir das entidades executoras do projeto, organizações de pesquisa da área da espeleologia, movimentos ambientalistas e junto às empresas jornalísticas. A ação de divulgação de cada episódio aconteceu em articulação com outras táticas de divulgação científica do projeto, como evidenciado na sequência.

A comunicação e assessoria jornalística do projeto

As informações sobre as atividades do Projeto EspeleoPiraí são sensíveis e de interesse público. Sobre esse aspecto, passou pelo planejamento do projeto estratégias de divulgação que valorizassem as pesquisas realizadas sem, no entanto, prejudicar o ambiente estudado (grande fluxo de pessoas, proibição de acesso às áreas, exploração predatória). Além disso, coube à equipe de jornalismo e comunicação fortalecer os canais de comunicação do projeto e demonstrar a utilização correta dos recursos públicos de financiamento das pesquisas. Para essa finalidade foram executadas três ações: assessoria de imprensa; produção e publicação de vídeos “reels” do Instagram EspeleoGupe, e monitoramento de postagens nas redes sociais sobre os estudos.

O terceiro conjunto de ações se refere às estratégias de promoção e acompanhamento das redes sociais do GUPE, entidade coordenadora e promotora do Projeto EspeleoPiraí. Ao analisar o perfil do GUPE no Instagram, principal rede social utilizada para divulgar as pesquisas, registrou-se um crescimento significativo de interações após publicação dos vídeos de pequeno formato, microdocumentários e postagens de divulgação das atividades e descobertas.

O caso mais emblemático desse acompanhamento ocorreu após divulgação do artigo científico “*Primeiro registro de arte rupestre com repre-*

sentações de Araucária angustifolia, Sul do Brasil”. A descoberta de um painel com pinturas rupestres de um capão de araucárias ocorreu em setembro de 2021 (ver Capítulo 8), mas somente teve a publicação em fevereiro de 2023. Uma imagem do painel foi divulgada nas redes sociais e acompanhada de texto descritivo e do *link* para o artigo. A repercussão da descoberta alcançou, progressivamente, escala local, regional, estadual e (inter) nacional. Nos primeiros três meses de 2023 a conta do Instagram do grupo alcançou 4.684 contas, sendo que 3.466 foram de contas que não seguem o GUPE (Figura 5).

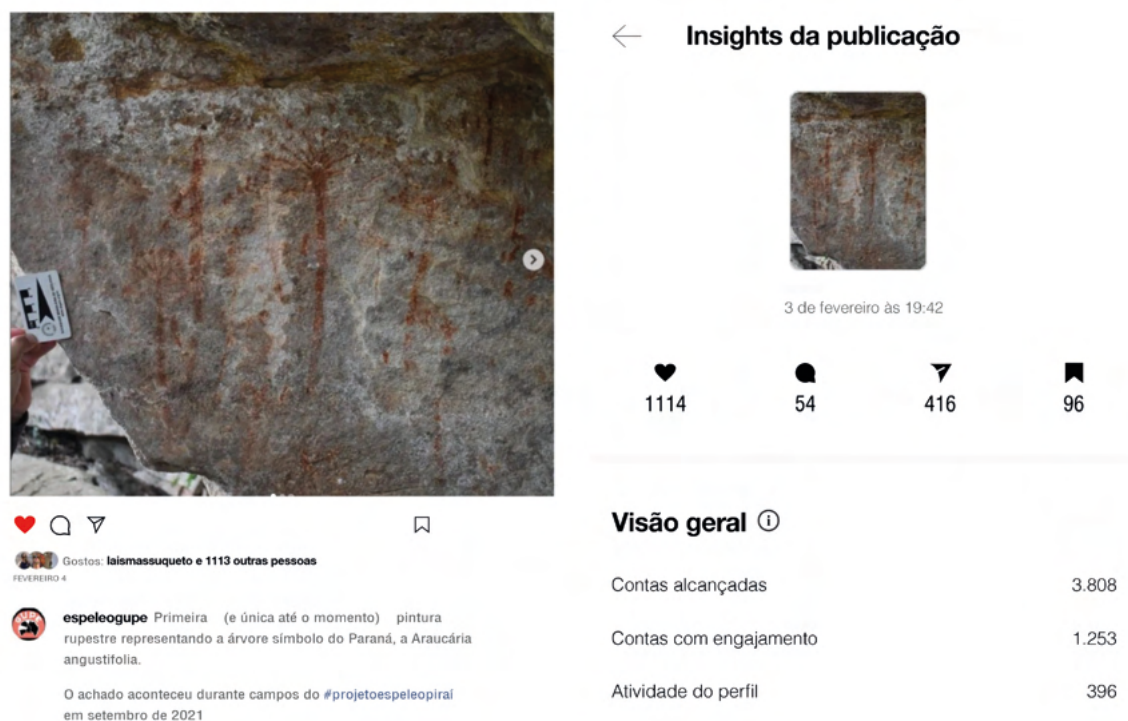


Figura 5 – Estatísticas da primeira postagem da descoberta das pinturas rupestres de Araucárias. Fonte: Estatísticas e dados do Instagram.

A publicação da descoberta dos grafismos rupestres das Araucárias no dia 3 de fevereiro de 2023, às 19h42m se tornou a postagem com maior divulgação nas redes do GUPE. Foram 1114 curtidas, 54 comentários, 416 encaminhamentos para outras contas e 96 contas salvaram essa postagem em seus arquivos na rede social. A repercussão também aconteceu no Twitter, na

conta Biodiversidade Brasileira (@BiodiversidadeB) organizada por João Pedro Salgado de forma voluntária. O canal realizou três postagens, a com maior repercussão alcançou mais de 1 milhão de visualizações, 41.300 mil curtidas, 3.566 *retweets*, 431 comentários e 586 contas salvaram em seus arquivos do Twitter (Figura 6).



Figura 6 – Postagem no Twitter realizada pela conta Biodiversidade Brasileira. Fonte: Captura de postagem do Twitter.

A Coordenadoria de Comunicação Social da UEPG também realizou publicação da descoberta dos registros de pinturas rupestres de Araucárias. O material em formato noticioso foi compartilhado no canal do Facebook da UEPG e teve alcance orgânico que superou 70 mil pessoas, com 8.500 cliques em publicações e mais de 200 interações (Figura 7).



Figura 7 – Dados de desempenho de publicação realizada pela conta oficial da UEPG no Facebook. Fonte: Estatísticas e dados do Facebook fornecidos pela CCom-UEPG.

A descoberta das pinturas rupestres das Araucárias alcançou repercussão em diferentes esferas. Em clipagem jornalística realizada pela equipe de jornalismo e comunicação foram registradas 129 publicações em diferentes formatos de divulgação e de abrangência geográfica distinta. As publicações foram realizadas em portais de notícias, telejornais do Paraná e nacionais, revista de divulgação científica impressa, jornal impresso, rádios *online* e analógicas, sites e redes sociais de ONGs, entidades ambientais e de setores governamentais. Muitas publicações foram realizadas de forma orgânica em redes sociais. Notaram-se perfis de seguidores das diferentes organizações que fazem parte do Projeto EspeleoPiraí, assim como de pessoas públicas (como políticos, pesquisadores e pesquisadoras, artistas etc.) e em perfis e grupos de divulgação científica, que abordam o meio ambiente e a arqueologia.

A equipe de jornalismo e comunicação do Projeto EspeleoPiraí esteve integrada a ações que visam o desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente. Metas como estas exigem trabalho jornalístico responsável e responsivo, capaz de articular-se às características da pesquisa científica e às demandas do público por informações. Atende à necessidade de publicidade do trabalho financiado pelo dinheiro público, com a devida devolutiva das ações científicas aos interesses da população brasileira (Figura 8).

Como explica Wilson da Costa Bueno⁴ “a divulgação científica cumpre função primordial: democratizar o acesso ao conhecimento científico e estabelecer condições para a chamada alfabetização científica. Contribui, portanto, para incluir os cidadãos no debate sobre temas especializados e que podem impactar sua vida e seu trabalho”.



Figura 8 – Primeira atividade do Projeto EspeleoPiraí com a comunidade. Euvira (criança das fotos), desde a primeira vez que viu integrantes do GUPE expressou imenso interesse em ter um capacete. Ações de aproximação com a comunidade são momentos para trocas de experiências, que estimulam o conhecimento de crianças e adolescentes. Fotos de Angelo Eduardo Rocha e Laís Luana Massuqueto.

Sobre esse amplo contexto, considera-se o trabalho jornalístico de divulgação científica uma forma de envolver a comunidade no reconhecimento do patrimônio natural da Escarpa Devoniana. Reconhecer as características geológicas, biológicas, históricas, econômicas e culturais no âmbito da vida cotidiana passa pelo trabalho jornalístico de divulgação científica, ações intensamente desenvolvidas durante o Projeto EspeleoPirai.

Referências

¹ GADINI, Sérgio L. Três décadas e meia de formação de jornalistas nos Campos Gerais do Paraná: ensino integrado e extensão comunitária no curso de Jornalismo da UEPG (1985-2020). In: AMARAL, M.; BOMFIM, I.; BRONOSKY, M. (Orgs). Extensão universitária e Jornalismo: caminhos coletivos. Ponta Grossa: Estúdio Texto, 2021.

² ISTSCHUK, A. L.; BAZZI, M; PONTES, F. Núcleo de Produção Audiovisual em projetos integrados: gênero, assistência obstétrica e jornalismo. XV CONEX: Conversando sobre Extensão. Anais... Ponta Grossa: UEPG, 2017.

³ PONTES, Felipe S; ROSA, Rafael R; ROCHA, Angelo E; XAVIER, Cíntia. Núcleo de Produção Audiovisual: relato de experiência de vídeos produzidos para o projeto “Espeleo Pirai”. XX CONEX - Conversando sobre extensão. Anais... Ponta Grossa, UEPG, 2022.

⁴ BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. Informação & Informação, v. 15, n. 1 esp, p. 1-12, 2010. DOI: 10.5433/1981-8920.2010v15n1esp1 Acesso em: 09 abr. 2023.



Segurança em ambientes naturais: experiências na procura e exploração de cavernas e sítios arqueológicos

Jean Carlos Vargas
Fábio Macedo de Lima
Henrique Simão Pontes
Laís Luana Massuqueto

É evidente a significativa contribuição que os resultados do Projeto EspeleoPirai proporcionaram a sociedade com as descobertas na Escarpa Devoniana e entorno imediato em Pirai da Serra. Diversas instituições estiveram envolvidas, consequentemente, muitas pessoas foram expostas ao contato direto com ambientes naturais, nos quais estiveram presentes múltiplos perigos e riscos que poderiam ter impactado a segurança e a saúde dos pesquisadores e pesquisadoras, bem como a integridade de equipamentos e até a imagem das instituições envolvidas.

Ao discutir segurança é importante conhecer o que significam os conceitos perigo e risco. Ao considerar uma cavidade do tipo fenda, localizada no sopé de um paredão de arenito, cujo interior tenha blocos e matações de rochas presos no teto e amontoados em seu interior (situação típica da área do Projeto EspeleoPirai), existe o perigo de que, em algum

momento, diante das condições de intemperismo e erosão das rochas ao longo do tempo geológico, principalmente em períodos de chuvas intensas, algum fragmento rochoso desabe. Ou seja, existe a probabilidade de ocorrência natural de isso acontecer, então há perigo. O risco começa a existir quando, aliado a este perigo iminente, uma pessoa adentra esta cavidade (seja por qual motivo for) nestas condições. Desta forma, cria-se a exposição e a possibilidade dessa pessoa ser atingida por um bloco de rocha que venha a se desprender.

Na sociedade moderna, os perigos e riscos que envolvem os ambientes naturais estão cada vez mais entrelaçados com os humanos e, sistematicamente, tragédias acontecem, com expressivas perdas de vidas, prejuízos materiais e danos ao meio ambiente. São muitos os motivos para esses problemas, desde a desigualdade social que força as pessoas a viverem

em riscos eminentes de deslizamentos, inundações e alagamentos, até grandes empreendimentos dos mais diversos setores, que em grande parte servem para trazer praticidade para a sociedade, mas acabam por acentuar desigualdades e quando mal planejados podem desestabilizar ambientes naturais e aumentar o potencial da ocorrência de acidentes.

Contudo, é importante salientar a situação de percepção do risco. Atualmente, essa percepção é ignorada por uma grande quantidade de pessoas, seja por necessidade, ocupando áreas de risco crítico, ou apenas por querer desfrutar de momentos de lazer e diversão. Neste caso, cita-se o ocorrido no Lago de Furnas em Capitólio (Minas Gerais), evento que matou dez pessoas na queda de um grande fragmento de rocha no ano de 2022¹.

Diariamente as pessoas vivem com os riscos que a sociedade moderna e o ambiente urbano proporcionam. Conhecê-los faz com que as pessoas prosperem em um ambiente igualmente hostil, onde os perigos estão associados à criminalidade, trânsito, ocupações irregulares, aspectos geoambientais, patologias, falta de saneamento básico e desigualdade social.

A espeleologia é uma atividade que está diretamente ligada ao contato com os ambientes naturais, geralmente em locais desconhecidos e de difícil acesso, dessa forma, os riscos para os espeleólogos e para as espeleólogas são muitos. Tradicionalmente, essa atividade esteve sempre associada aos exploradores do mundo subterrâneo, grupos de pessoas que gostam das experiências em cavernas (turismo de natureza, interesse científico etc.), assim como a utilização para fins religiosos e culturais, situações em que práticas de segurança não são comuns.

Entretanto, nas últimas décadas, reforçado pela Constituição Federal de 1988 que instituiu as cavidades naturais subterrâneas como Bens da União, esse patrimônio natural precisou ser conhecido para ser conservado. A exemplo disso, em regiões atingi-

das por grandes empreendimentos que podem afetar as condições físicas e biológicas destas cavidades, as empresas precisaram adequar rotinas de trabalho para incrementar a segurança dos colaboradores que atuam na espeleologia, considerando a atividade como um todo, desde a mobilização em rodovias e estradas até o interior das cavidades exploradas.

Foi nesse contexto, de alertar, mitigar e controlar os riscos aos quais estiveram submetidos os pesquisadores e pesquisadoras do Projeto EspeleoPirai, que o Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), no papel de instituição realizadora, teve como premissa, além da produção de resultados científicos e sociais, garantir que todas as atividades do projeto fossem realizadas em segurança. Desta forma, foi instituída uma equipe de segurança e emergência (EqSE), a qual teve a incumbência de elaborar diretrizes materializadas em um Protocolo de Segurança e Emergência (PSE)². Apesar de não possuir nenhum especialista em segurança do trabalho, a EqSE contou com a experiência de pesquisadores e profissionais da área de espeleologia e geociências. Com atuação junto a empresas de mineração, energia, petróleo e gás e infraestrutura, áreas que demandam treinamentos recorrentes e conhecimento sobre normas de segurança, esses profissionais contribuíram para o desenvolvimento dos trabalhos na área de segurança no EspeleoPirai.

O PSE foi apresentado para todos os integrantes por meio de palestras e reuniões de integração que abordaram os fundamentos sobre segurança e riscos específicos da atividade de espeleologia, englobados no contexto de riscos ambientais e seus agentes³. Tal contexto consiste no conjunto das características intrínsecas do meio onde se desenvolve a atividade de campo, podendo ser dividido em cinco categorias de risco: i) físicos; ii) químicos; iii) biológicos; iv) ergonômicos e; v) acidentes (figuras 1 e 2). Destaca-se que no período inicial do projeto, o risco biológico teve uma atenção em especial, no que diz respeito a protocolos para evitar a contaminação pela COVID-19.



Figura 1 – Condições precárias das estradas vicinais na mobilização para as áreas de estudo (exemplo de risco de perdas materiais). Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 2 – Equipes preparadas para iniciar atividades de campo em julho de 2021, todos com máscaras para evitar a contaminação pela COVID-19. Foto de Jean Carlos Vargas.

Contudo, nem sempre é simples identificar perigos e riscos em ambientes não controlados como na natureza. Nesse sentido, merece destaque o Relato das Questões de Segurança (RQS), ferramenta criada pela EqSE como uma medida de controle de riscos, com objetivo de coletar informações de acontecimentos relacionados à segurança observados em campo. Ao todo, foram preenchidos 239 formulários RQS de 11 expedições de campo e contribuição de 19 integrantes do projeto.

O RQS se trata de um questionário vinculado a uma base de dados *online* que foi preenchido pelos integrantes do projeto após o término de cada expedição. Nesse formulário, as informações puderam ser relacionadas a situações ou ações executadas por pesquisadores e pesquisadoras de cada equipe, sendo condicionadas as categorias: i) ato inseguro; ii) incidente; iii) acidente e; iv) ato seguro (figuras 3 e 4).

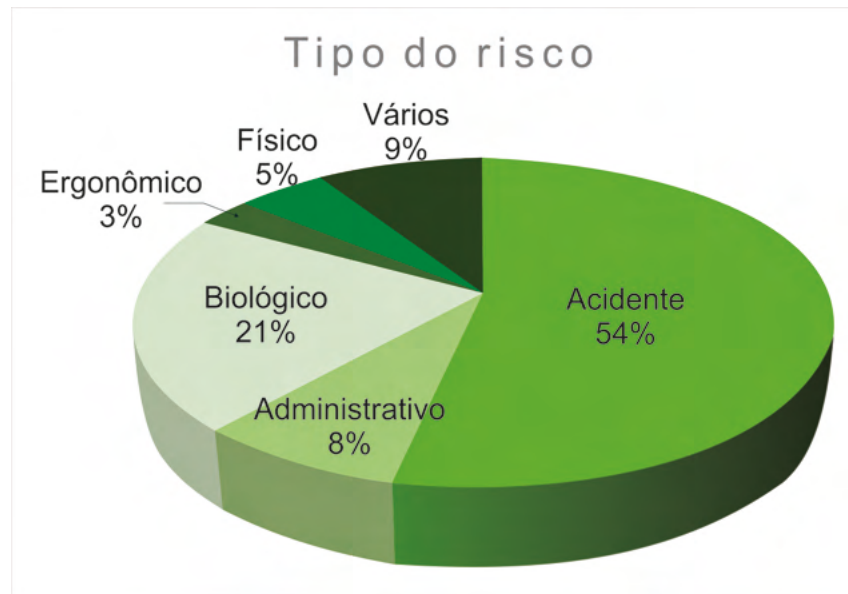


Figura 3 – Percentual dos tipos de riscos identificados nos Relatos das Questões de Segurança (RQS). Organização dos autores e produção da figura: Alessandro Giulliano Chagas Silva.



Figura 4 – Percentual de ocorrência de cada um dos motivos indicados nos formulários RQS. Organização dos autores e produção da figura: Alessandro Giuliano Chagas Silva.

A finalidade central do RQS não foi penalizar, mas conscientizar os pesquisadores e as pesquisadoras através de experiências reais em campo, permitindo que a partir de ações comportamentais os riscos fossem minimizados, e as boas práticas e atos seguros amplificados. Com base nos resultados do RQS foi possível compreender melhor os riscos envolvidos nas atividades de campo do Projeto EspeleoPiraí a partir de quatro principais contextos caracterizados pela incidência de riscos distintos (Quadro 1).

Contexto	Descrição
Mobilização	Deslocamento da residência para hospedagem próxima da área de estudo (rodovias)
Acesso	Compreende o trajeto entre a hospedagem e a área de estudo (estradas vicinais)
Caminhamento de campo	Deslocamento a pé a partir do carro para os locais de difícil acesso onde ocorrem as cavidades (trilhas em campos ou matas fechadas)
Exploração da cavidade	A partir do momento em que adentra o espaço tridimensional parcialmente confinado pelas rochas (cavernas, fendas e abrigos)

Quadro 1 – Contextos diferenciados pela incidência de riscos.

Outras importantes medidas de controle de risco incluídas no PSE foram o mapeamento de hospitais mais próximos à área da pesquisa, a comunicação com representantes do Corpo de Bombeiros dos municípios de Castro e Ponta Grossa, o porte obrigatório de fichas pessoais com informações para emergência, o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Coletiva (EPCs) e o Plano de Ação de Emergência (PAE), um fluxograma para orientar ações e tomadas de decisão em casos de emergência.

A análise das informações dos formulários RQS, a partir dos contextos anteriormente men-

cionados, mostrou que o ambiente condiciona os riscos e que o comportamento das pessoas em atividades de campo pode aumentar ou diminuir a chance de acontecer um acidente. Muitas pessoas não familiarizadas com a espeleologia tendem a pensar que o contexto mais perigoso é o da exploração das cavidades. Porém, não é o que indicou a base de dados dos RQS do Projeto EspeleoPirai: o risco de incidentes e acidentes está majoritariamente associado ao contexto de caminhamento em campo, seguida pela de mobilização, acesso a área de estudo, e, por fim, a de exploração de cavidades (Figura 5).

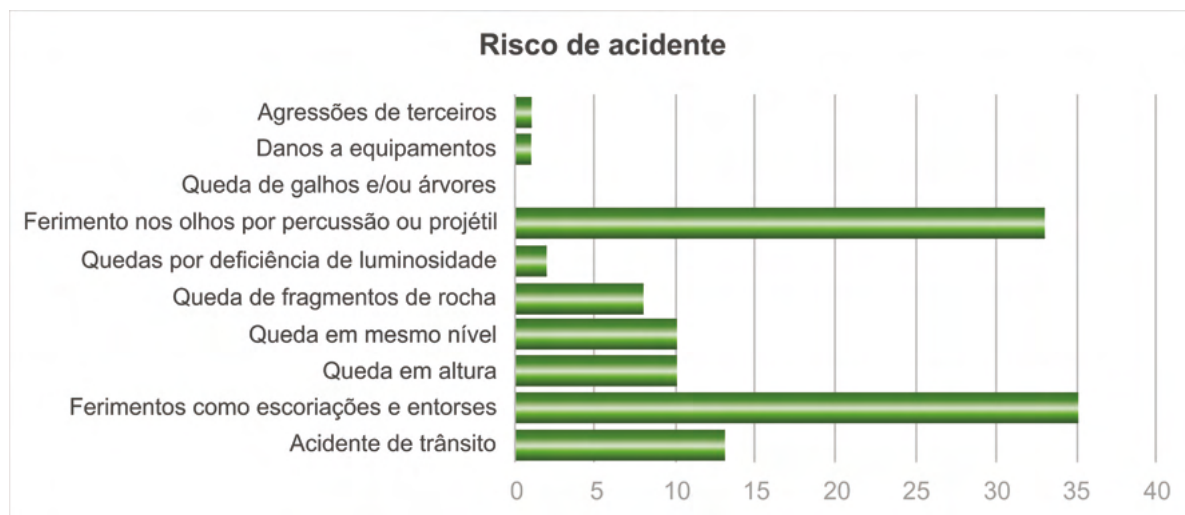


Figura 5 – Os riscos de acidente de acordo com os dados de formulários RQS coletados ao longo das campanhas de campo do EspeleoPirai. Organização dos autores e produção da figura: Alessandro Giulliano Chagas Silva.

Mas por qual motivo os riscos se acentuam durante o caminhamento em campo? Muitas vezes, em locais com vegetação florestal ou arbustiva, há a necessidade de uso eventual do facão, situação que demanda atenção dos pesquisadores e pesquisadoras que abrem o caminho e, con-

sequentemente, ficam mais expostos a quedas, projeções de detritos e ricochetes da vegetação recém-cortada, o que pode ocasionar ferimentos no corpo, principalmente nos olhos (Figura 6). Até mesmo pessoas que não estão a frente realizando o corte da vegetação, ficam expostas a esses ris-

cos. Nessas condições, é essencial o uso de óculos, luvas e perneiras e recomendado o uso de capacete. As perneiras evitam acidentes com cobras e protegem contra galhos pontiagudos recém-cortados (Figura 7).

Quanto mais fechada a vegetação e mais inclinado o terreno, maior é a frequência de tropeços, escorregões e quedas em mesmo nível ou em altura, situação em que o uso do calçado adequado faz muita diferença. A base dos escarpamentos (paredões) onde se encontram as cavidades se mostram bons locais para caminhamento com o intuito de encontrar cavernas, contudo, há o risco adicional de quedas de fragmentos de rocha (nesse caso, além dos EPIs já mencionados se torna essencial o uso do capacete), ataque de

abelhas e vespas, cobras ou outros animais peçonhentos (Figura 8).

Os acidentes e incidentes raramente ocorreram durante a exploração no interior das cavidades, sendo que a maioria dos eventos relatados foi nos primeiros momentos de exploração da cavidade, devido ao ataque de vespas, por exemplo. Não há relatos de choque contra o teto baixo das cavidades, visto que o capacete com lanterna são equipamentos obrigatórios e todos usaram assiduamente. Contudo, é necessário lembrar o leitor e a leitora que os pesquisadores e pesquisadoras envolvidos no Projeto EspeleoPirai possuem experiência e receberam treinamento para execução dessas atividades.



Figura 6 – Uso de óculos como EPI para proteção dos olhos durante a abertura de picadas em áreas de mata fechada. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 7 – Uso de perneiras para a proteção contra animais peçonhentos e objetos pontiagudos. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 8 – Uso de capacete para a proteção contra quedas de fragmentos de rocha e colisões com a cabeça em tetos baixos. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

Como mencionado anteriormente, o objetivo principal de todas as medidas de segurança do projeto com a EqSE e PSE foi manter a integridade física dos pesquisadores e das pesquisadoras e evitar perdas materiais. Isso significou evitar acidentes, os quais podem ser classificados de leve a grave, considerando a saúde das pessoas, e de baixo a alto impacto financeiro em relação a perdas materiais. De acordo com os resultados obtidos a partir dos formulários RQS, foi registrado apenas um acidente leve, envolvendo uma distensão muscular em um pesquisador e quatro acidentes com baixo prejuízo material, sendo esses a perda de óculos, perda de um facão e duas pequenas avarias na lataria de veículos. Esses resultados demonstraram o comprometimento e seriedade das pessoas envolvidas no projeto com as questões de segurança.

Finalmente, por mais que não sejam graves, os acidentes ocorridos em cavidades podem se tornar de proporções maiores, pois envolvem o atendimento e a remoção de vítimas em espaços confinados localizados em áreas remotas, onde normalmente não há efetivo suficiente ou capacitado para tanto. Por isso, é essencial para a realização de atividades de espeleologia que se considere, antes de tudo, a questão da segurança. Nunca ir sozinho para estes ambientes, receber orientações e treinamentos de pessoas capacitadas, sempre comunicar sua localização aproximada para alguém de sua confiança, fazer uso de equipamentos de proteção individual como botinas, perneiras, capacete, luvas, óculos e lanterna, e evitar ao máximo trabalho de exploração durante períodos chuvosos, pois além do risco de escorregões, hipotermia e descargas elétricas, ocorrem grandes mudanças nas cavidades promovidas por inundações ou desabamentos de rochas.

As cavernas são fascinantes, guardam riquezas naturais e culturais, mas também são locais que possuem diferentes riscos e a exploração

destes ambientes deve ser realizada com muita responsabilidade e cautela. Estas são orientações essenciais.

Referências

- ¹ AGÊNCIA BRASIL (2022). [online] Estados vão avaliar áreas turísticas suscetíveis a desastres. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-01/estados-vao-avaliar-areas-turisticas-suscetiveis-desastres>. Acesso em: 27 jan. 2022.
- ² GUPE. Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas. 2021. Protocolo de Segurança e Emergência. Projeto EspeleoPiraí: patrimônio espeleológico arenítico da Escarpa Devoniana em Piraí da Serra/PR. 25p. Não publicado.
- ³ TEIXEIRA L. G. P, ABREU A. E. S. 2017. Conceitos básicos sobre segurança em trabalhos de campo para cursos de graduação em Geologia e Engenharia Geológica. *Terra Didática*, 13(3): 323-331. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>. Acesso em: 10 jul. 2021.



CAPÍTULO 11

Ações de conservação: desafios e oportunidades

Henrique Simão Pontes
Laís Luana Massuqueto
Flavia Fernanda de Lima
Felipe Simão Pontes
Rodrigo Aguilar Guimarães
Nair Fernanda Burigo Mochiutti
Jasmine Cardozo Moreira
Gilson Burigo Guimarães
Jean Carlos Vargas
Angelo Eduardo Rocha
Kleber Makoto Mise

O objetivo principal do Projeto EspeleoPirai foi estudar as cavidades subterrâneas do *front* da Escarpa Devoniana e entorno imediato na região de Pirai da Serra para identificação de áreas prioritárias para conservação do patrimônio espeleológico. A definição desses locais buscou deixar claro, principalmente para órgãos públicos de gestão e fiscalização do patrimônio natural/cultural, quais são especiais e merecem máxima atenção, a fim de suportar iniciativas atuais e futuras de gestão e consequente proteção.

Definir esses locais de excepcional valor requer o envolvimento de pesquisadores e pesquisadoras de diferentes áreas do conhecimento, pois apesar de o foco ter se dirigido às cavernas, desde o início dos trabalhos de campo do projeto, de-

mais componentes da paisagem da escarpa foram analisados e ganharam destaque, incluindo outros elementos da geodiversidade, como feições cársticas e estruturas geológicas, o patrimônio arqueológico e aspectos da biologia subterrânea.

Além de envolver um grupo interdisciplinar de cientistas, para realizar a seleção destas áreas prioritárias para conservação, foram estabelecidos métodos de identificação, caracterização, inventário e quantificação, os quais compuseram inventários específicos para cada categoria de análise (cavernas, feições cársticas, estruturas geológicas, sítios arqueológicos e biodiversidade subterrânea), com foco em identificar a relevância do valor científico de cada um dos locais amostrados.

Neste sentido, a equipe de geodiversidade adaptou e estabeleceu um método de inventário do patrimônio geológico cárstico e espeleológico, baseado em trabalhos executados para a realidade dos Campos Gerais do Paraná^{1,2,3,4}. O inventário foi aplicado nesses diversos pontos de interesse e o produto obtido foi continuamente atualizado e revisado após cada etapa de prospecção, o que possibilitou abranger a real grandeza e complexidade do patrimônio inventariado.

Reuniões de avaliação e ajuste do inventário tornaram sua concretização mais dinâmica e assim permitiram o aperfeiçoamento do mé-

todo. A primeira etapa do inventário envolveu um questionário preliminar de indicação de elementos de interesse, preenchido por integrantes do projeto após cada fase de campo. Cada geocientista, a partir de análise individual crítica, indicou os elementos que apresentavam potencial para serem classificados como geossítios. Ao final das etapas de campo, 46 locais foram apontados como potenciais geossítios. Nesses pontos foram identificados 48 temas de interesse divididos inicialmente em três categorias de análise: cavidades subterrâneas, feições cársticas e estruturas geológicas (Figura 1).

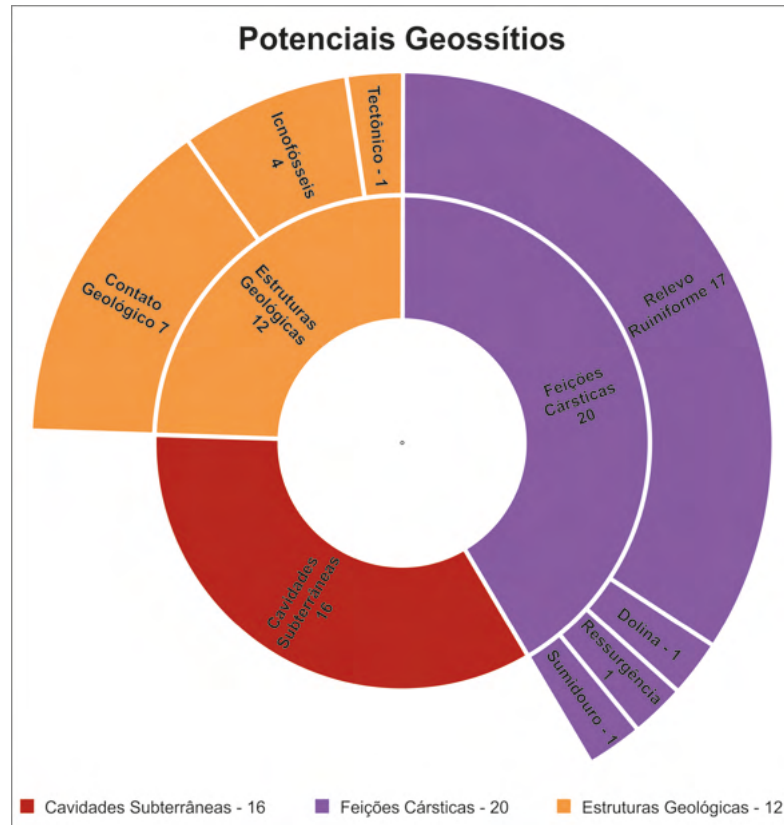


Figura 1 – Indicação quantitativa dos temas de interesse encontrados nos 46 potenciais geossítios na área do Projeto EspeleoPiraí, discriminados por categoria de análise.

Na etapa seguinte, os pesquisadores e as pesquisadoras realizaram avaliação quantitativa, através de um segundo questionário, separando os pontos selecionados em quatro categorias: a) cavidades subterrâneas, b) feições cársticas, c) contatos geológicos e d) icnofósseis. Esta adequação foi necessária para evitar a avaliação de elementos de temáticas diferentes e, consequentemente, com valores científicos distintos. A equipe de geocientistas atribuiu uma nota para cada ponto de interesse, considerando a relevância do local para conhecer, estudar e interpretar a origem e a evolução geológica e geomorfológica do *front* da Escarpa Devoniana e entorno imediato na região de Pirai da Serra, a qual variou de 0

(local irrelevante para estes fins) a 20 pontos (local excepcional para estes fins). A partir da soma das notas atribuídas foram selecionados 42 pontos, sendo 15 cavidades, 18 feições cársticas, três icnofósseis e seis estruturas geológicas.

A terceira e última etapa do inventário da geodiversidade consistiu em uma análise qualitativa dos especialistas, o que resultou na seleção final dos geossítios da área de estudo. Ao todo, foram nove cavidades subterrâneas, seis feições cársticas (todas contemplando relevos ruíniformes), dois pontos com ocorrência de icnofósseis e quatro contatos geológicos, totalizando 21 geossítios (Quadro 1).

Categoria de análise	Nome do Geossítio	Código atribuído	Município
Cavidades subterrâneas	Fenda da Janela	1-CAV-3	Pirai do Sul
	Gruta dos Dutos	1-CAV-18	Pirai do Sul
	Abrigo da Raridade	1-CAV-22	Pirai do Sul
	Caverna da Esquerda	1-CAV-39	Tibagi
	Fenda das Cascavéis	1-CAV-42	Tibagi
	Gruta do Topo	2-CAV-13	Pirai do Sul
	Abrigo da Metamorfose	2-CAV-24	Pirai do Sul
	Gruta Cezaídes I	3-CAV-4	Pirai do Sul
	Gruta do Matakão	3-CAV-7	Pirai do Sul

(continua)

Quadro 1 – Geossítios selecionados pelo inventário do patrimônio geológico cárstico e espeleológico.

(continuação)

Categoria de análise	Nome do Geossítio	Código atribuído	Município
Feições cársticas	Relevo ruiforme	1-RR-14	Piraí do Sul
		1-RR-15	Piraí do Sul
		1-RR-16	Piraí do Sul
		1-RR-18	Tibagi
		2-RR-4	Piraí do Sul
		2-RR-10	Piraí do Sul
Icnofósseis	-	1-ICN-1	Piraí do Sul
		1-ICN-4	Piraí do Sul
Contatos geológicos	-	1-CG-3	Piraí do Sul
		1-CG-6	Piraí do Sul
		1-CG-9	Castro
		2-CG-3	Piraí do Sul

Quadro 1 – Geossítios selecionados pelo inventário do patrimônio geológico cárstico e espeleológico.

Todas as etapas do inventário e tratamento dos dados tiveram por objetivo final fornecer informações e fundamentos para decisões dentro de uma estratégia de conservação da natureza.

Como o Projeto EspeleoPiraí identificou e catalogou dezenas de novos sítios arqueológicos, além de realizar a revisão de ocorrências já

conhecidas, observou-se que estes pontos de interesse também apresentam locais de excepcional valor científico para a Arqueologia. Neste sentido, os sítios arqueológicos também foram quantificados a fim de identificar os locais prioritários para a conservação. Para isso, foi realizada uma avaliação que classificou a relevância destes lo-

cais como máxima, muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Dos 43 sítios arqueológicos inventariados, seis foram considerados de máxima, quatro de muito alta e quatro de alta relevância (Quadro 2).

Relevância	Sítio arqueológico	Município
Máxima	Abrigo da Metamorfose	Piraí do Sul
	Abrigo das Araucárias	Piraí do Sul
	Abrigo Chapadinha I	Piraí do Sul
	Abrigo Chapadinha II	Piraí do Sul
	Abrigo Vitão	Piraí do Sul
	Abrigo da Chaminé	Tibagi
Muito alta	Abrigo do Ferrão	Piraí do Sul
	Abrigo Corpo Seco II	Piraí do Sul
	Abrigo Descamado	Piraí do Sul
	Abrigo do Trilho Preto	Tibagi
Alta	Lola Souza 03	Piraí do Sul
	Abrigo da Cachoeira/do Emerson	Piraí do Sul
	Lapa da Pena	Piraí do Sul
	Abrigo do Lauro	Tibagi

Quadro 2 - Sítios arqueológicos selecionados como de relevante interesse científico e prioritários para conservação.

Para a quantificação e seleção dos sítios foram considerados aspectos como: a) quantidade, diversidade, grau de preservação e raridade de grafismos; b) presença de oficinas líticas e; c) presença de material cerâmico e/ou lítico aflorante. Como resultado, 14 pontos de relevante interesse científico na área da arqueologia foram selecionados.

Os estudos de biologia subterrânea, envolvendo microrganismos e a fauna de invertebrados e quirópteros das cavernas da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra, evidenciaram a biodiversidade destes ambientes e suas potencialidades. Foram apenas quatro locais amostrados pelas duas equipes de biologia, mas nestes quatro pontos de interesse foram feitas importantes descobertas científicas. Além de possíveis novas espécies, verificou-se a presença de espécies essencialmente ca-

vernícolas e indicadoras de qualidade ambiental e organismos que podem auxiliar na obtenção de novos produtos, de caráter ecológico, incluindo medicamentos e itens de interesse agrícola (como apresentado nos Capítulos 6 e 7). Assim, os estudos biológicos, além de reafirmarem a importância científica de locais previamente indicados no inventário do patrimônio geológico cárstico e espeleológico, como a Fenda da Janela, Abrigo da Raridade e Caverna da Esquerda, selecionaram outro ponto de notável valor científico, a Gruta do Guano.

Após uma análise integrada, com base nos estudos sobre a Geodiversidade, Arqueologia e Biodiversidade, foi possível definir uma lista final dos pontos considerados como os principais representantes do patrimônio espeleológico, arqueológico e geológico da área de estudo (Quadro 3).

Nome do Ponto	Justificativa da importância
Fenda da Janela	Maior cavidade da área, com ocorrência de possíveis novas espécies de invertebrados e microorganismos com potencial biotecnológico
Gruta dos Dutos	Caverna com dutos e grandes alvéolos desenvolvidos em arenitos conglomeráticos
Abrigo da Raridade	Cavidade com os maiores espeleotemas silicosos da região e microorganismos com potencial biotecnológico
Caverna da Esquerda	A maior cavidade da porção sul do projeto e abrigo de população residente de morcegos
Fenda das Cascavéis	Cavidade com notáveis estruturas do tipo <i>boxworks</i> , de rara ocorrência na área do projeto
Gruta do Topo	Caverna com expressiva ocorrência de espeleotemas do tipo escurrimto e importante exemplo de drenagem subterrânea
Abrigo da Metamorfose	Cavidade com o maior conjunto de grafismos rupestres e diferentes estilos, oficinas líticas e ocorrências de minerais raros nas proximidades

(continua)

Quadro 3 – Locais selecionados como de relevante interesse científico e prioritários para conservação na área do Projeto EspeleoPirai.

(continuação)

Nome do Ponto	Justificativa da importância
Gruta Cezaídes I	Cavidade que representa típico sistema subterrâneo no <i>front</i> da escarpa com drenagem subterrânea intermitente
Gruta do Matakão	Notável exemplo de caverna em talude formada a partir do empilhamento de matacões e blocos
Gruta do Guano	Caverna com ocorrência de população residente de morcegos essencialmente cavernícolas
Abrigo das Araucárias	Sítio arqueológico que registra a primeira ocorrência de grafismos rupestres de araucárias
Abrigo Chapadinha I	Sítio arqueológico de excepcional ocorrência de pinturas rupestres
Abrigo Chapadinha II	Sítio arqueológico de excepcional ocorrência de pinturas rupestres
Abrigo Vitão (mesmo ponto que 1-ICN-4)	Cavidade subterrânea que abriga grafismos rupestres e icnofósseis do icnogênero <i>Palaeophycus</i> <i>isp.</i> Em uma área de cerca de 8 m ² (piso e teto da caverna)
Abrigo da Chaminé	Sítio arqueológico com presença de pintura com possível representação de antropomorfos escalando/subindo estruturas, ocorrência de painéis elevados (acima de 3 metros do piso)
Abrigo do Ferrão	Sítio arqueológico com notáveis pinturas rupestres em vermelho
Abrigo Corpo Seco II	Sítio arqueológico que reúne uma das principais ocorrências de grafismos na cor negra, com material cerâmico aflorante
Abrigo Descamado	Cavidade com importantes pinturas rupestres, incluindo possíveis figuras humanas com representação fálica (primeiro registro?)
Abrigo do Trilho Preto	Abrigo com grafismos rupestres em cor vermelha e negra
Lola Souza 03	Importante sítio arqueológico com possível representação de planta (milho?)
Abrigo da Cachoeira/do Emerson	Sítio arqueológico com notáveis pinturas rupestres na cor laranja

(continua)

Quadro 3 – Locais selecionados como de relevante interesse científico e prioritários para conservação na área do Projeto EspeleoPiraí.

(continuação)

Nome do Ponto	Justificativa da importância
Lapa da Pena	Sítio arqueológico com grafismo possivelmente produzido com a técnica de pincel de pena (primeiro registro?)
Abrigo do Lauro	Abrigo com pinturas rupestres e presença de material cerâmico e lítico aflorantes
1-RR-14	Relevante relevo ruiforme na forma de paredão com lapiás verticalizados e pináculos no topo
1-RR-15	Importante conjunto de relevo ruiforme que ocupa uma área de cerca de 3 mil m ² , com torres de até 5 metros de altura e alguns pináculos com tamanho de 2 metros
1-RR-16	Grande torre cárstica, denominada de “navio”, com cerca de 6 metros de altura e 40 m ² de área
1-RR-18	Torre cárstica conhecida como Pedra do Disco Voador, com cerca de 6 metros de altura e área de 8,7 metros quadrados. A sua porção média é constituída por arenitos mais finos e esta variação granulométrica condiciona uma forma bizarra a esta feição.
2-RR-4	Torre de cerca de 10 metros de altura que possui morfologia semelhante a da Taça do Parque Estadual de Vila Velha
2-RR-10	Área com cerca de 800 m ² com ocorrência de relevo ruiforme composto principalmente por lapiás, pináculos, torres que atingem até 2 metros de altura, bacias de dissolução, alvéolos e dutos
1-ICN-1	Trata-se de uma pequena cavidade com expressiva ocorrência no teto de icnofósseis do icnogênero <i>Didymaulichnus isp.</i>
1-CG-3	Importante contato entre arenitos da Formação Furnas e diamictitos da Formação Iapó no contexto de uma falha normal
1-CG-6	Contato geológico entre a Formação Furnas e rochas do Grupo Castro, com exposição ao longo de faixa de 15 metros de largura e 3,7 metros na sua maior expressão vertical
1-CG-9	Amplo abrigo com contato geológico entre a Formação Furnas e ignimbritos do Grupo Castro, com cerca de 20 metros de distribuição lateral e 5 metros de altura
2-CG-3	Contato geológico entre os conglomerados basais da Formação Furnas, diamictitos da Formação Iapó e rochas vulcânicas ácidas (com hidrotermalismo na forma de silicificação e argilização) do Grupo Castro

Quadro 3 – Locais selecionados como de relevante interesse científico e prioritários para conservação na área do Projeto EspeleoPirai.

Assim, dos 252 pontos de interesse inventariados durante o projeto, 34 apresentam elementos da geodiversidade, biodiversidade e/ou arqueológicos excepcionais com base em seu valor científico (Figura 2). Estas áreas devem ser tratadas com especial atenção pelos órgãos públicos de gestão e fiscalização e pelos proprietários.

Esta seleção e espacialização são fundamentais para a definição de áreas prioritárias para a conservação do patrimônio espeleológico e arqueológico da área de estudo e podem ser utilizadas como suporte para iniciativas atuais e futuras de proteção, produção de normativas de uso, gestão, manejo e produção de novas pesquisas.

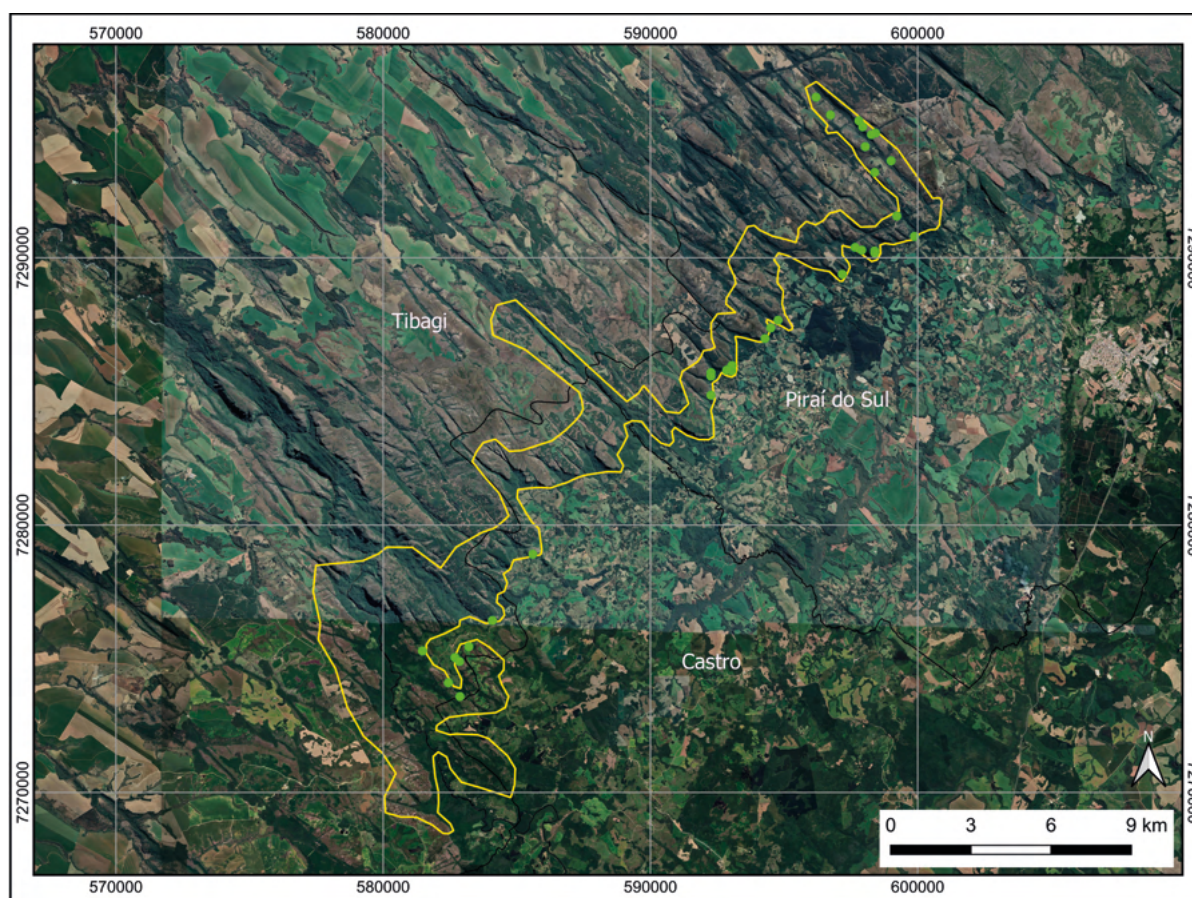


Figura 2 – Localização dos 34 pontos de relevante valor científico (pontos verdes) na área do Projeto EspeleoPirai (delimitada em amarelo).

Riscos ao patrimônio natural e cultural

A rápida destruição dos últimos remanescentes de campos nativos é um dos principais riscos às cavernas, seus organismos e aos sítios arqueológicos de toda a área da Escarpa Devoniana. Os campos são substituídos principalmente por monoculturas, como a soja e o pinus. Locais onde o maquinário agrícola ainda não havia

chegado há poucos anos, em função do relevo acidentado ou solo raso e pedregoso, agora estão tomados por plantios de pinus e outras espécies arbóreas exóticas, em um processo de pressão máxima a esses ambientes (Figura 3). Além disso, há o problema da dispersão descontrolada do pinus, cujas sementes são disseminadas a longas distâncias e que desse modo contaminam áreas de campos nativos, prejudicando muitos proprietários que têm no campo a base para suas produções.



Figura 3 – Área de plantio comercial de pinus em desacordo com leis ambientais, na borda imediata da Escarpa Devoniana e nas proximidades da Fenda do Sapo, em Piraí do Sul. Foto de Henrique Simão Pontes.

É importante deixar claro que nem todas as áreas produtivas estão irregulares e cometeram crimes ambientais. O que se observa é um processo crônico de negligência, que envolve a falta de fiscalização ambiental, de educação patrimonial e de apoio aos proprietários que protegem o patrimônio natural e cultural.

Durante mais de dois anos de trabalhos de campo com o Projeto EspeleoPiraí, uma das percepções mais importantes dos pesquisadores e das pesquisadoras foi a ausência de muitos elementos típicos da fauna da região dos Campos Gerais, como veados, bugios, quatis ou seriemas (Figura 4). Mesmo em áreas menos alteradas pelo ser humano, em locais de difícil acesso, foram muito raros os avistamentos desses animais silvestres. Esse esvaziamento biológico é um reflexo da destruição massiva dos ambientes naturais essenciais para a sobrevivência das espécies (Figura

5). E se as condições dos ambientes superficiais não estão boas, as cavernas e sua biodiversidade cavernícola estão em risco. Como salientado no Capítulo 6, as espécies que habitam as cavidades necessitam que a qualidade ambiental da paisagem superficial esteja boa, pois seu alimento vem do ambiente externo.

É importante lembrar que empreendimentos - linhas de transmissão, aerogeradores, pequenas centrais e usinas hidrelétricas e de mineração (Figura 6) - têm se instalado ao longo de toda a extensão da Escarpa Devoniana, o que coloca em risco cavernas e sítios arqueológicos^{5,6}. A crescente chegada de obras para diferentes finalidades na área da Escarpa Devoniana, somada à falta de estudos ambientais ou, quando presentes, incompletos e/ou deficientes, constrói a base para acelerada degradação dos ecossistemas regionais.



Figura 4 – Único registro de veado durante o Projeto EspeleoPiraí, em área impactada pela produção agropecuária. Foto de Nair Fernanda Burigo Mochiutti.



Figura 5 – Área degradada pelo plantio de pinus nas proximidades do sopé da Escarpa Devoniana, no município de Castro. Foto de Henrique Simão Pontes.



Figura 6 – Mineração próxima aos paredões da Escarpa Devoniana em Castro. Foto de Henrique Simão Pontes.

Ao modificar a paisagem e interferir diretamente em diversos elementos da geodiversidade, uma cadeia de ações ocorre, afloramentos rochosos são destruídos, a vegetação é suprimida, os solos ficam expostos, processos erosivos se desenvolvem. Nascentes e cursos hídricos são contaminados e podem até desaparecer, pois uma ação comum na região dos Campos Gerais é a instalação de drenos para secar áreas, principalmente aquelas com campos úmidos, os chamados charcos ou banhados. E com estas alterações massivas na paisagem, as cavernas podem ser entupidas por sedimentos transportados para dentro de suas galerias, a fauna subterrânea pode padecer pela falta de alimento. Nesse cenário, as cavidades podem ser suprimidas totalmente.

E os sítios arqueológicos também ficam vulneráveis, a exemplo do sombreamento causado por plantios e dispersão de pinus, que causa o aumento da umidade, acelera o intemperismo da rocha e a degradação de grafismos rupestres e até mesmo o desmoronamento de fragmentos de rocha do teto de abrigos, impulsionados pelo processo de intemperismo biológico das raízes destas árvores nos arenitos. Outros locais de relevante valor científico também são afetados por essas dinâmicas humanas na paisagem, como feições cársticas, contatos geológicos e icnofósseis. Há casos, como para os icnofósseis, que uma leve alteração no terreno ou a mera circulação de um implemento agrícola de grande peso pode danificar de forma irreversível estas estruturas.

Ações e desafios: a Educação patrimonial

Antes de vestir o macacão colorido, colocar a mochila nas costas e iniciar a busca por novas cavernas e sítios arqueológicos, pesquisadores e pesquisadoras do projeto realizaram trabalhos de campo para contato prévio com proprietários com a finalidade de solicitar a autorização de acesso às suas propriedades junto à escarpa, apresentar a equipe de pesquisa e os objetivos do projeto. Nessa etapa os integrantes sempre foram recebidos de forma muito hospitaleira e, na maioria das vezes, com uma resposta positiva às solicitações (Figuras 7 e 8). E conversando com um e com outro, uma rede de indicações e contatos foi estabelecida, o que permitiu iniciar e avançar pela área de estudo com os trabalhos de prospecção.

Além da importância de conhecer as pessoas do local e de ter as autorizações devidas para acesso às propriedades, algo interessante no diálogo com a comunidade é o levantamento pré-campo de eventuais cavernas e sítios arqueológicos já conhecidos pelos habitantes e trabalhadores locais, o que direciona e otimiza muitas vezes as investigações de campo. Esse “mapeamento” dos moradores de Pirai da Serra foi fundamental para as etapas de educação patrimonial.



Figura 7 – Integrantes do projeto com moradores da área da Escarpa Devoniana. Foto de Angelo Eduardo Rocha.



Figura 8 – Integrantes do projeto durante diálogos com produtora rural da Escarpa Devoniana. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

Outros atores, não necessariamente com raízes na área, mas com influência e poder de intervenção na mesma, são alguns órgãos públicos das administrações municipais, estadual e federal. Destaque para as secretarias municipais de Meio Ambiente, Cultura e Turismo, o Instituto Água e Terra (IAT), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e os ministérios públicos Estadual e Federal, todos com competências e responsabilidades na gestão e fiscalização de ações envolvendo o

patrimônio natural (o que inclui o espeleológico) e arqueológico da região.

Parte desses órgãos foi contatada ou, por iniciativa própria dos mesmos, manteve contato com a coordenação do Projeto EspeleoPiraí, o que permitiu a apresentação em momento oportuno dos resultados alcançados. Além da abertura de diálogo e do estabelecimento de parcerias, esses encontros levaram ao compartilhamento de informações estratégicas para ações presentes e futuras de gestão, fiscalização, conservação e mesmo propostas de uso indireto do patrimônio espeleológico e arqueológico local, relacionadas especialmente ao turismo, educação e pesquisa (Figura 9).



Figura 9 – Palestra de divulgação dos resultados do Projeto EspeleoPiraí com o Conselho Municipal de Turismo (COMTUR) de Piraí do Sul. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

Os resultados obtidos no Projeto EspeleoPiraí alcançaram não apenas o meio acadêmico e científico, mas também o público não especializado, principalmente, a comunidade local de Piraí da Serra. Para isso, ações de educação pa-

trimonial foram e são fundamentais para levar o conhecimento adquirido adiante, de uma forma acessível e interessante aos mais diversos setores da sociedade (Figura 10).



Figura 10 – Atividade de capacitação e educação patrimonial realizada por integrantes do projeto com professores de Piraí do Sul. Foto de Angelo Eduardo Rocha.

Produtos como este próprio livro visam ilustrar e explicar para os que não puderam estar em campo a relevância e a beleza dos achados do projeto. Imagens da geodiversidade, biodiversidade e sítios arqueológicos, aliadas com descrições adequadas de cada feição, transportam o leitor para as paisagens e cenários desbravados e encontrados pelos pesquisadores.

Desenvolver materiais que podem ser usados em escolas, como os microdocumentários temáticos lançados durante o projeto, ou idas dos próprios cientistas às salas de aula levaram as descobertas para crianças e adolescentes. Da mesma forma, a elaboração do livreto “Guia para conhecer o mundo das cavernas”, focada em crianças e adolescentes de oito a 14 anos, aproxima e cria empatia junto ao território.

Alcançar simultaneamente públicos que são hoje tomadores de decisão e aqueles que estarão nesta posição no futuro é a chave para uma educação patrimonial efetiva. Dessa forma, a permeabilidade do conhecimento transmitido se torna muito maior, inserindo no imaginário coletivo toda a diversidade presente na Escarpa Devoniana em Pirai da Serra.

Não há como almejar a proteção e valorização dos patrimônios natural e cultural sem haver uma ampla participação comunitária nesses esforços. A melhor forma de contar com essa parceria inicia pelo esclarecimento sobre a importância dessas ações através de medidas e produtos educativos como os aqui citados. Depois disso, os esforços continuam, mas direcionados a interessados muitas vezes mais numerosos, que agora compreendem o valor das riquezas que possuem.

Oportunidades para a região da Escarpa Devoniana em Pirai da Serra

Os estudos e descobertas do Projeto EspeleoPirai, a presença de cavernas e de sítios arqueológicos de relevante valor científico, colocam os municípios da região em posição de destaque, com potenciais científicos, ambientais e turísticos que podem se converter em desenvolvimento econômico sustentável. Esse destaque acontece entre cientistas, ambientalistas e espeleólogos de modo geral, mas avança (e precisa avançar cada vez mais) para uma comunicação efetiva para e com a comunidade. Um dos principais desafios do projeto foi o trabalho de divulgação científica, no qual as atividades propriamente científicas

são integradas aos processos de comunicação e educação.

As paisagens naturais da escarpa foram registradas pelo projeto em microdocumentários, documentário, livro, livreto infantil, além de vídeos curtos, fotografias e textos publicados em redes sociais (ver Capítulo 9). O trabalho também foi intenso junto à imprensa, com reportagens, notícias e notas jornalísticas publicadas em veículos (impresso, *online*, rádio e TV) regionais dos Campos Gerais, do estado do Paraná, nacionais e internacionais. Todas essas produções contribuem para a construção de um imaginário cultural sobre a Escarpa Devoniana em Pirai da Serra – o que essa região representa para as pessoas que ali vivem, bem como para a população que somente a conhece por produtos jornalísticos, turísticos ou científicos. O objetivo é a valorização da região e crescente desenvolvimento de atrativos que coloquem os municípios de Pirai da Serra no cenário nacional, assim como acontece com locais como a Serra da Capivara (Piauí) ou a Chapada Diamantina (Bahia).

Parte desse processo é tornar a linguagem científica mais compreensível. Rotineiramente, a “serra” integra a paisagem natural, possível de observar das moradias, escolas, locais de trabalho e estradas. A serra é objeto de grande interesse da Geologia, Arqueologia, Biologia, Geomorfologia, Turismo e de todos os seus conceitos e métodos. Mas isso somente acontece porque nela há cavernas, rochas, rios, cachoeiras, pinturas rupestres, animais, vegetação e seres vivos muito específicos. O projeto realizou pesquisas em diferentes áreas do conhecimento. E essas pesquisas estão conectadas de diferentes formas com o cotidiano das pessoas que vivem em Pirai da Serra. Sob esse aspecto, a comunicação resulta dessas conjugações, e dos aprendizados delas decorrentes. Alguns desses processos tomam forma e são socializados em produtos jornalísticos, educativos e científicos.

O Projeto EspeleoPiraí promoveu e enalteceu o patrimônio natural e cultural desta área. A partir desse movimento, diferentes oportunidades podem ser criadas, com empreendimentos e serviços integrados com a região, respeitando suas belezas e fragilidades. Identifica-se potencial fluxo de pesquisadores e turistas interessados nos aspectos científicos e históricos da região. Situações que demandam estrutura de educação permanente, integrada aos serviços de acolhimento, acompanhamento de pessoas e difusão turística da região. Ademais, com base nos achados, produtos audiovisuais, gráficos e itens de artesanato baseados em pinturas rupestres, cavernas, paisagem, fauna e flora podem ser comercializados com base na identidade local. Toda uma cadeia produtiva desenvolvida a partir do patrimônio natural e cultural local, com foco principalmente no turismo. Algumas dessas iniciativas, já realizadas por empreendedores locais, precisam ser potencializadas.

O turismo em áreas protegidas tem características únicas que o tornam uma força potencialmente positiva para a conservação⁷. Para que a visita seja feita e cause o mínimo impacto negativo, é importante que sejam estabelecidos regras e diretrizes, principalmente para a visitação em ambientes frágeis, como os identificados pelo projeto. Existem diversos manuais e diretrizes de uso público, bem como indicadores de impacto, que podem ser considerados em planejamentos futuros, tais como as diretrizes estabelecidas pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e União Internacional de Espeleologia (UIS)⁸.

Estudos complementares devem ser realizados no sentido de verificar como as atividades de uso público podem ser conduzidas nas áreas identificadas como prioritárias para visitação. Recomenda-se que a visitação seja sempre guiada, pois essa é uma das formas mais efetivas em termos de monitoramento e de interpretação⁹, e que haja o devido controle, limitação do núme-

ro de visitantes e que sejam seguidas normativas de segurança para os visitantes (ver Capítulo 10), medidas inerentes aos estudos que orientam o uso turístico de cavidades subterrâneas¹⁰.

É necessária a criação de meios interpretativos relativos aos locais de relevante valor científico, que possibilitem uma melhor compreensão da área e principalmente da importância da sua conservação. Tais meios poderão ser utilizados não só pelos visitantes, mas também em atividades de educação patrimonial com a comunidade.

O Projeto EspeleoPiraí destacou características da região que podem valorizar cada vez mais uma economia criativa e solidária, com foco na sustentabilidade e conservação do patrimônio natural e cultural.

Além disso, é mais que oportuno valorizar o sentimento de pertencimento e identidade que as pessoas, sejam elas moradores e moradoras locais ou visitantes, estabelecem com a área da Escarpa Devoniana em Piraí da Serra. Esta relação íntima, que envolve a esfera de sentimentos, o estabelecimento de vínculos afetivos, reconhecimento, fortalece ações positivas que atendem ao interesse da coletividade, além de potencializar a busca pela proteção do patrimônio natural e cultural que esta região abriga. E é através da educação patrimonial, da divulgação científica, do diálogo, que é possível despertar este sentimento de pertencimento, a identidade cultural das pessoas com esta região e a proteção deste patrimônio.

Espera-se que a leitura deste livro tenha despertado sensações que invoquem o vínculo com esta região única, seja por se reconhecer nestas paisagens como morador de longa data ou como o visitante que se encantou com os cenários que tenha encontrado. Agora é o momento, cabe a você compartilhar as informações e somar-se à luta em defesa do patrimônio natural e cultural de Piraí da Serra e de toda a Escarpa Devoniana.

Referências

- ¹ MASSUQUETO, L.L. Metodologia de inventário de cavidades naturais subterrâneas para a classificação da relevância espeleológica em diferentes litotipos e diretrizes adequadas de geoconservação no Brasil. 2020. 204p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geologia, Curitiba. 2020.
- ² PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L.; FOLTRAN, A.C.; PONTES, F.S.; GUIMARÃES, G.B.; MOCHIUTTI, N.F.B.; GUIMARÃES, S.K.; BURGARDT, S.; DO VALE, T.F.; FEITOSA, N.M. DAS N. Patrimônio espeleológico do Parque Nacional dos Campos Gerais: Ações prioritárias para o manejo e propostas de ampliações da Unidade de Conservação. Grupo Universitário de Pesquisas Espeológicas - GUPE - Ponta Grossa. 2018b. Disponível em: https://issuu.com/gupe.espeleo/docs/patrim_nio_espeol_gico_do_parque_. Acesso em 03 de maio de 2023.
- ³ PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L.; FERNANDES, L.A.; FOLTRAN, A.C.; DE MELO, M.S.; MOREIRA, J. C. Caves geodiversity evaluation as an instrument to the management of the Campos Gerais National Park, Southern Brazil. *Geoheritage*, 11(2), p. 641-651, 2019.
- ⁴ IGME - Instituto Geológico y Minero de España. 2018. Metodología del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). IGME, Madrid 61 p.
- ⁵ PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; DE MELO, M. S.; MASSUQUETO, L. L. A Região Cárstica dos Campos Gerais, Paraná-São Paulo, Brasil: revisão de conceitos, potencial espeleológico e políticas públicas de geoconservação. *Pesquisas em Geociências*, 48(2), 2021.
- ⁶ GUIMARÃES, R. A.; MOCHIUTTI, N. F. B.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; FOLTRAN, A. C.; DO VALE, T. F. As cavernas no caminho das linhas de transmissão de energia – um relato sobre a defesa do patrimônio espeleológico paranaense. *Espeleo-tema*, v.30, n.1. p. 44-68, 2022.
- ⁷ LEUNG, Yu-Fai; SPENCELEY, Anna, HVENEGAARD, Glen; BUCKEY, Ralf. Gestión del turismo y de los visitantes en áreas protegidas: directrices para la sostenibilidad. Serie Directrices sobre Buenas Prácticas en Áreas Protegidas no. 27, Gland, Suiza: UICN, 2019.
- ⁸ GILLIESON, David S.; GUNN, J.; AULER, A; BOLGER, T. editors. Guidelines for Cave and Karst Protection 2nd Edition, Postojna, Slovenia: International Union of Speleology and Gland. Switzerland, IUCN, p. 112. 2022.
- ⁹ VALE, T. F.; ALBANI, A. R.; MOREIRA, J. C. Percepção do Visitante sobre a interpretação Ambiental em cavidades subterrâneas. *Geosaberes, Fortaleza*, v. 10, n. 22, p. 208-222, 2019.
- ¹⁰ MOCHIUTTI, N. F. B.; MASSUQUETO, L. L.; PONTES, H. S.; GUIMARAES, G. B.; MOREIRA, J. C.; FOLTRAN, A. C. A capacidade de carga turística no uso público da Fenda da Freira - Parque Nacional dos Campos Gerais. *Caderno de Geografia*, v.31, n.67, 2021.

Curricúlos



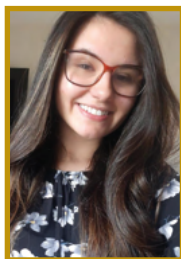
ALESSANDRO GIULLIANO CHAGAS SILVA

Graduado (Bacharelado e Licenciatura) em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Técnico em Guia de Turismo, especialista em atrativos naturais e culturais. Idealizador do Projeto Arqueotrekking - Roteiros Arqueológicos e membro do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas desde 2017. E-mail: arqueotrekking@gmail.com



ANGELO EDUARDO ROCHA

Jornalista e Doutorando em Comunicação na Universidade Federal do Paraná. Integra o projeto de extensão Núcleo de Produção Audiovisual desde 2016. E-mail: angeloeduardorocha@gmail.com



CAROLINE ROSA SILVA

Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Mestre em Biologia Evolutiva (UEPG e UNICENTRO). Atualmente é doutoranda em Biotecnologia Ambiental pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Tem experiência na área de Microbiologia. E-mail: carolinerosa5@hotmail.com



CINTIA XAVIER

Professora do Departamento de Jornalismo e da Pós-graduação de Jornalismo da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Integra o projeto de extensão Núcleo de Produção Audiovisual desde 2016. E-mail: cintia_xavierpg@yahoo.com.br



DANIEL ATENCIO

Professor do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP), autor/coautor de 34 minerais novos. O mineral atencioíta foi nomeado em sua homenagem. Autor do livro *Type Mineralogy of Brazil* (2020), coautor da *Enciclopédia dos Minerais do Brasil*. Editor associado do *Mineralogical Magazine*. E-mail: datencio@usp.br.



FÁBIO MACEDO DE LIMA

Graduado em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa em 2007 e mestre em Geologia Exploratória pela Universidade Federal do Paraná em 2012. Atua no licenciamento ambiental desde então, realizando estudos do meio físico e de espeleologia fundamentados em levantamentos de campo e no uso de sistemas de informação geográfica. E-mail: limafmgeo@gmail.com



FELIPE SIMÃO PONTES

Professor do Departamento de Jornalismo e das Pós-graduações de Jornalismo e de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Integra o projeto de extensão Núcleo de Produção Audiovisual desde 2016. E-mail: fpontes@uepg.br



FLAVIA FERNANDA DE LIMA

Geóloga pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mestre em Patrimônio Geológico e Geoconservação pela Universidade do Minho, Portugal. Possui experiência técnica em estudos ambientais, planos de manejo de unidades de conservação, estudos espeleológicos, projetos de geoparques, estudos em geoconservação. E-mail: flaferlima@gmail.com



GABRIEL DE SOUZA GHEDIN

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Positivo, mestre em Biologia Animal pela Universidade Federal de Pernambuco, com dissertação intitulada Padrões da comunidade de invertebrados associados a depósitos de guano em bat caves do semiárido brasileiro. Atua nas áreas de zoologia de invertebrados, ecologia e bioespeleologia. Membro do Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná-Açungui (GEEP-Açungui). E-mail: gabrielghedin23@gmail.com



GILSON BURIGO GUIMARÃES

Geólogo pela Universidade Federal do Paraná, Mestre e Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo na área de Petrologia Ígnea. Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Membro do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas desde 2010. E-mail: gilsonburigo@gmail.com



HENRIQUE SIMÃO PONTES

Geógrafo e Mestre em Gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná e Pós-doutorando em Geografia pela UEPG. Coordenador do projeto EspeleoPirai e membro do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) desde 2008. E-mail: henriquegeografo@gmail.com



JASMINE CARDOZO MOREIRA

Turismóloga pela Universidade Federal do Paraná, mestrado em Turismo e Hotelaria pela Universidade do Vale do Itajaí, doutora em Geografia pela UFSC e pós-doutorado pelas Universidades de Zaragoza (Espanha) e West Virginia (Estados Unidos). É professora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, professora adjunta voluntária na Universidade de West Virginia (EUA), e membro do Grupo TAPAS (Grupo Especialista em Turismo e Áreas Protegidas) e Geoheritage, ambos da IUCN. E-mail: jasminecardozo@gmail.com



JEAN CARLOS VARGAS

Geólogo pela Universidade Federal do Paraná em 2004, mestrando em Gestão do Território pela UEPG, fundador e sócio-diretor da empresa Geodiversidade Soluções Geológicas Ltda., atuando desde junho de 2012 na gestão administrativa/financeira da empresa, bem como nas áreas técnicas de geoconservação, projetos de geoparque e espeleologia. E-mail: jean@geodiversidade.com.br



KARLA EDUARDA DE OLIVEIRA

Acadêmica de Bacharelado em Geografia na Universidade Estadual de Ponta Grossa. Membro do GUPE desde 2022. E-mail: karlaoliveira.uepg@gmail.com



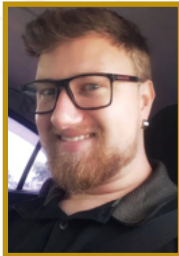
KLEBER MAKOTO MISE

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná, mestre e doutor pela mesma instituição em Entomologia. Atua na zoologia desde 2003 e desde 2012 na área de espeleologia, sendo membro da diretoria do Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná-Açungui (GEEP-Açungui) desde 2013. E-mail: klebermise@yahoo.com.br



LAÍS LUANA MASSUQUETO

Geógrafa e Mestre em Gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e Doutora em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Professora colaboradora do Departamento de Geociências (UEPG), Vice-coordenadora do projeto EspeleoPiraí e membro do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) desde 2008. E-mail: lais.massuqueto@gmail.com



LUIZ RICARDO OLCHANHESKI

Graduado em Bacharelado em Ciências Biológicas (UEPG), Mestre em Biologia Evolutiva (UEPG e UNICENTRO) e Doutor em Microbiologia (USP). Pós-doutorando em Biotecnologia (UEL), Professor Colaborador na UEPG e Professor da UniCesumar. Tem experiência na área de Microbiologia. E-mail: lrolchanheski@uepg.br



MARCOS PILEGGI

Graduado em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Mestre em Genética (UFPR), Doutor em Genética (UFPR e Ohio State University), Pós-doutor em Microbiologia (University of Minnesota). Atualmente é Professor Associado da UEPG. Tem experiência na área de Microbiologia. E-mail: mpileggi@uepg.br



NAIR FERNANDA BURIGO MOCHIUTTI

Geógrafa pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e Mestre e Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atua como professora colaboradora do Departamento de Geociências da UEPG e é membro do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas desde 2010. E-mail: fernandamochiutti@yahoo.com.br



PAOLA PEREIRA CONSTANTIN

Graduada em Bacharelado em Ciências Biológicas (UEPG). Atualmente é mestranda em Biotecnologia Ambiental (UEM). Tem experiência na área de Microbiologia. E-mail: paolaconstantin@gmail.com



RODRIGO AGUILAR GUIMARÃES

Geólogo pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), mestrando em Geologia Ambiental pela UFPR e presidente do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) da chapa 2021/23. Pesquisador nas áreas de espeleologia, hidrogeologia, geoconservação e geologia regional. E-mail: rodrigo98ag@gmail.com



TATIANE DE SOUZA

Bacharel e licenciada em História pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH-USP), mestre e doutora em Arqueologia Brasileira pelo Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE-USP). Possui pós-doutoramento em mineralogia aplicada a fácies sedimentares arqueológicas em Minas Gerais pelo Instituto de Geociências (IGc-USP). Atualmente realiza o segundo pós-doutoramento em mineralogia aplicada aos grafismos rupestres no Paraná e São Paulo pelo IGc-USP. E-mail: tatiane_sza@yahoo.com.br



Organização da Sociedade Civil
de Ponta Grossa (PR) fundada em 25/08/1985
Título de Utilidade Pública Municipal (Lei nº 4522/1990)
e Estadual (Lei nº 19.102/2017)

 www.gupe.org.br
 @espeleogupe
 GUPE cavernas



Rua Sebastião Marcondes Ferreira, 22, Oficinas
Ponta Grossa/PR
CEP 84035-610
Fone: (42) 3226-6754
abcprojetos@abcprojetos.com.br



TERMO DE COMPROMISSO DE COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA Nº 01/2021



GESTÃO OPERACIONAL



ORGANIZAÇÃO



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA



PROJETO ESPELEOPIRAÍ

EM DEFESA DO PATRIMÔNIO NATURAL DE PIRAI DA SERRA, PA

Espera-se que a leitura deste livro desperte sensações que invoquem o vínculo com esta região única, seja por se reconhecer nestas paisagens como morador de longa data ou como o visitante que se encantou com os cenários que tenha encontrado. Que este livro possa inspirar seus leitores para que compartilhem as informações e somem-se à luta em defesa do patrimônio natural e cultural de Pirai da Serra e de toda a Escarpa Devoniana.

ISBN 978-65-86870-24-4



9 786586 870244