

DAS CAVERNAS À ESCOLA: IMPLEMENTAÇÃO COMPLETA DE UMA PROPOSTA EDUCACIONAL INTERDISCIPLINAR BASEADA NO LUGAR PARA GEOCONSERVAÇÃO E DIVULGAÇÃO ESPELEOLÓGICA

FROM CAVES TO SCHOOL: FULL IMPLEMENTATION OF A PLACE-BASED INTERDISCIPLINARY EDUCATIONAL PROPOSAL FOR GEOCONSERVATION AND SPELEOLOGICAL DISSEMINATION

Daniel De Stefano Menin

Universidade de São Paulo (IGc-USP),
Instituto de Geociências
E-mail: danielmenin@gmail.com

RESUMO

Utilizando as cavernas como tema gerador interdisciplinar baseado no lugar, este artigo resume uma pesquisa realizada, em nível de doutorado, no Alto Vale do Ribeira, uma rica província espeleológica localizada no Sudoeste do Brasil, entre os anos de 2020 e 2024. Participaram deste trabalho quatro escolas públicas localizadas próximas às Unidades de Conservação com maior ocorrência de cavernas. Para a realização do projeto foi desenvolvido um inventário espeleológico com um método colaborativo de qualificação de cavernas para usos educativos e de divulgação científica. A partir das informações levantadas, foi possível desenvolver um programa de ensino tendo as cavernas como tema gerador dirigido a professores de educação básica e seus alunos,

ABSTRACT

Using caves as a place-based interdisciplinary theme, this article summarizes research conducted at the doctoral level in the Upper Ribeira Valley, a rich speleological province located in southwestern Brazil, between 2020 and 2024. Four public schools located near the Conservation Units with the highest occurrence of caves participated in this work. To carry out the project, a speleological inventory was developed using a collaborative method of qualifying caves for educational and scientific dissemination purposes. Based on the information gathered, it was possible to develop a teaching program with caves as the main theme, aimed at elementary school teachers and their students, mainly in the 7th, 8th, and 9th grades. The program included teaching materials based on the location, school and experiential activ-

principalmente dos 7º, 8º e 9º anos escolares. O programa contou com materiais pedagógicos baseados no lugar e atividades escolares e vivenciais. Também foram consideradas as conexões entre o tema das cavernas e as diretrizes nacionais curriculares em diferentes áreas do conhecimento. Durante o programa, foram aplicados questionários com o objetivo de levantar dados e avaliar o processo. As conclusões desta pesquisa nos permitem afirmar que as cavernas compreendem um amplo recurso para a ressignificação do conteúdo curricular, transpondo as barreiras entre disciplinas e atribuindo maior significado ao processo de ensino e aprendizagem, além de um fortalecimento dos vínculos dos estudantes e professores com o ambiente a que pertencem.

PALAVRAS-CHAVE: inventário espeleológico, geoconservação, educação ambiental.

INTRODUÇÃO

Durante a expansão industrial, uma visão predominantemente antropocêntrica atribuía à natureza obstáculos que deveriam ser superados em favor do crescimento econômico (Bueno, 2008; McDonough e Braungart, 2010). Somente a partir da década de 1970 — uma data relativamente recente quando comparada à história humana ou geológica — uma consciência ecológica começou a se expandir, com diferentes iniciativas globais alertando sobre os problemas ambientais gerados por um modelo de civilização predatório (Kakazian, 2005; Santangelo e Bramanti, 2006). Nas últimas décadas, discussões mais aprofundadas como, por exemplo, a economia ecológica, o desenvolvimento sustentável e os serviços ecossistêmicos, têm se aproximado de teorias voltadas à educação ambiental e às ecopedagogias, buscando atribuir à

ities. The connections between the caves topic and the national curriculum guidelines in different areas of knowledge were also considered. During the program, questionnaires were administered to collect data and evaluate the process. The results of this research show that caves are a great resource for rethinking the curriculum, breaking down barriers between subjects, and giving more meaning to the teaching and learning process, as well as strengthening the connection between students and teachers and the environment they belong to.

KEYWORDS: *speleological inventory, geoconservation, environmental education.*

INTRODUCTION

During industrial expansion, a predominantly anthropocentric view attributed obstacles to nature that had to be overcome in favor of economic growth (Bueno, 2008; McDonough and Braungart, 2010). Only since the 1970s—a relatively recent date when compared to human or geological history—has ecological awareness begun to expand, with different global initiatives warning about the environmental problems generated by a predatory model of civilization (Kakazian, 2005; Santangelo and Bramanti, 2006). In recent decades, more in-depth discussions, such as ecological economics, sustainable development, and ecosystem services, have converged with theories focused on environmental education and eco-pedagogies, seeking to assign education with the responsibility for change in this direction. These discussions have also broadened the debate on the interaction between the bi-

educação responsabilidades de mudanças neste sentido. Essas discussões também ampliaram o debate sobre a interação entre o meio biótico e o abiótico, promovendo uma visão mais sistêmica e unificada da natureza (Van Ree e Van Beukering, 2016; Igari *et al.*, 2020; Urban *et al.*, 2022; Menin e Bacci, 2023). No entanto, essas discussões são pouco efetivas se não se traduzirem em práticas locais e vivenciadas pela população da região, em especial professores e alunos, que são, em última instância, os verdadeiros agentes de transformação socioambiental (de Moura Carvalho, 2020; Jacobi, 2003; UNESCO, 2005). Embora essas questões sejam consenso entre muitos pesquisadores e os conhecimentos sobre as ciências da Terra estejam associados à solução de boa parte dos problemas ambientais (Stewart e Nield, 2013; David-Chavez e Gavin, 2018), os resultados práticos de políticas públicas voltadas à transformação da sociedade parecem, ainda, muito aquém da evidente urgência em alcançá-los (Orlando, 2024; Monteiro e De Souza, 2024).

O presente artigo resume a pesquisa de doutorado intitulada "Inventário Espeleológico e Proposta Educativa para Geoconservação e Educação Ambiental no Alto do Ribeira", conduzido no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Brasil. Como hipótese, a pesquisa considerou as cavernas como um tema gerador interdisciplinar baseado no lugar, com o potencial de ser trabalhado na educação básica para aumentar o sentimento de pertencimento e a valorização da população à sua região – valorização do lugar –, apropriação de conhecimentos locais e, por fim, contribuir para aprendizagens significativas, buscando maior propósito tanto para quem ensina quanto para quem aprende.

Realizada entre os anos de 2020 e 2024, parte da pesquisa foi desenvolvida durante um perío-

otic and abiotic environments, promoting a more systemic and unified view of nature (Van Ree and Van Beukering, 2016; Igari et al., 2020; Urban et al., 2022; Menin and Bacci, 2023). However, these discussions are ineffective if they are not translated into local practices and experienced by the region's population, especially teachers and students, who are ultimately the true agents of socio-environmental transformation (de Moura Carvalho, 2020; Jacobi, 2003; UNESCO, 2005). Although these issues are agreed upon by many researchers and knowledge of Earth sciences is associated with the solution of many environmental problems (Stewart and Nield, 2013; David-Chavez and Gavin, 2018), the practical results of public policies aimed at transforming society still seem to fall short of the evident urgency of achieving them (Orlando, 2024; Monteiro and De Souza, 2024).

This article summarizes the doctoral research entitled "Speleological Inventory and Educational Proposal for Geoconservation and Environmental Education in Alto do Ribeira," conducted at the Institute of Geosciences of the University of São Paulo, Brazil. As a hypothesis, the research considered caves as a place-based interdisciplinary theme, with the potential to be worked on in basic education to increase the population's sense of belonging and appreciation for their region, appropriation of local knowledge and, finally, contribute to meaningful learning, seeking greater purpose for both teachers and learners.

Conducted between 2020 and 2024, part of the research was developed during a period of pandemic and social isolation; moreover, there was a significant change in the public education policy of São Paulo State precisely during the work in public schools in the region. Despite these challenges, the research objectives were achieved, such as: the inventory creation for the qualification of caves for ed-

do de pandemia e isolamento social; além disso, houve uma significativa mudança na política de ensino público do Estado de São Paulo justamente durante a atuação nas escolas públicas da região. Apesar desses desafios, os objetivos da pesquisa foram alcançados, como: a elaboração de um inventário para qualificação de cavernas para uso educativo e de geoconservação; o desenvolvimento e a aplicação de uma proposta educativa em quatro escolas públicas da região tendo as cavernas como tema interdisciplinar baseado no lugar; a criação e o desenvolvimento de materiais didáticos interdisciplinares, bem como a coleta de dados sobre todo o procedimento realizado e a mensuração dos resultados.

Área de Estudo e Justificativas

A região do Alto Vale do Ribeira (Figura 1) foi escolhida como área da pesquisa por vários motivos: sua reconhecida riqueza espeleológica, a necessidade de envolvimento das comunidades locais nos temas de geoconservação; e a oportunidade de abordar as cavernas como tema gerador transdisciplinar e interdisciplinar no Ensino Fundamental nas escolas da região.

Localizada no sudoeste do estado de São Paulo, a província espeleológica do Alto do Ribeira compreende uma área de 35.772,5 hectares que abriga um mosaico de quatro Unidades de Conservação do meio natural. Três delas, são consideradas distritos espeleológicos: o Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira (PETAR), o Parque Estadual da Caverna do Diabo (PECD) e o Parque Estadual de Intervalos (PEI).

educational and geoconservation use; the development and application of an educational proposal in four public schools in the region, using caves as a place-based interdisciplinary theme; the creation and development of interdisciplinary teaching materials, as well as the collection of data on the entire procedure performed and the measurement of results.

Study Area and Justification

The Upper Ribeira Valley region (Figure 1) was chosen as the research area for several reasons: its recognized speleological wealth, the need to involve local communities in geoconservation issues, and the opportunity to address caves as a transdisciplinary and interdisciplinary theme in elementary schools in the region.

Located in the southwest of the state of São Paulo, the Alto do Ribeira speleological province covers an area of 35,772.5 hectares that is home to a mosaic of four natural conservation units. Three of them are considered speleological districts: the Alto do Ribeira State Tourist Park (PETAR), the Caverna do Diabo State Park (PECD), and the Intervalos State Park (PEI).

A região se destaca, ainda, por sua biodiversidade, abrindo cerca de 22% do remanescente da Mata Atlântica brasileira (Mira *et al.*, 2021), além de diferentes atrativos naturais, como rios, cachoeiras e paisagens. Além desses aspectos, questões históricas e sociais também impulsionam as atividades turísticas em diferentes frentes, como o turismo cultural, o educativo e o de base comunitária (Novaes, 2022; da Silva *et al.*, 2021).

Nas esferas globais e nacionais, diversos documentos têm destacado a importância de iniciativas de educação para o desenvolvimento sustentável, como a Agenda 2030 (UNESCO, 2017) e o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico – PNCPE (Brasil, 2009).

The region also stands out for its biodiversity, containing around 22% of the remaining Brazilian Atlantic Forest (Mira et al., 2021), as well as various natural attractions, such as rivers, waterfalls, and landscapes. In addition to these aspects, historical and social issues also drive tourism activities on different fronts, such as cultural, educational, and community-based tourism (Novaes, 2022; da Silva et al., 2021).

At the global and national levels, several documents have highlighted the importance of education initiatives for sustainable development, such as Agenda 2030 (UNESCO, 2017) and the National Program for the Conservation of Speleological Heritage – PNCPE (Brazil, 2009).

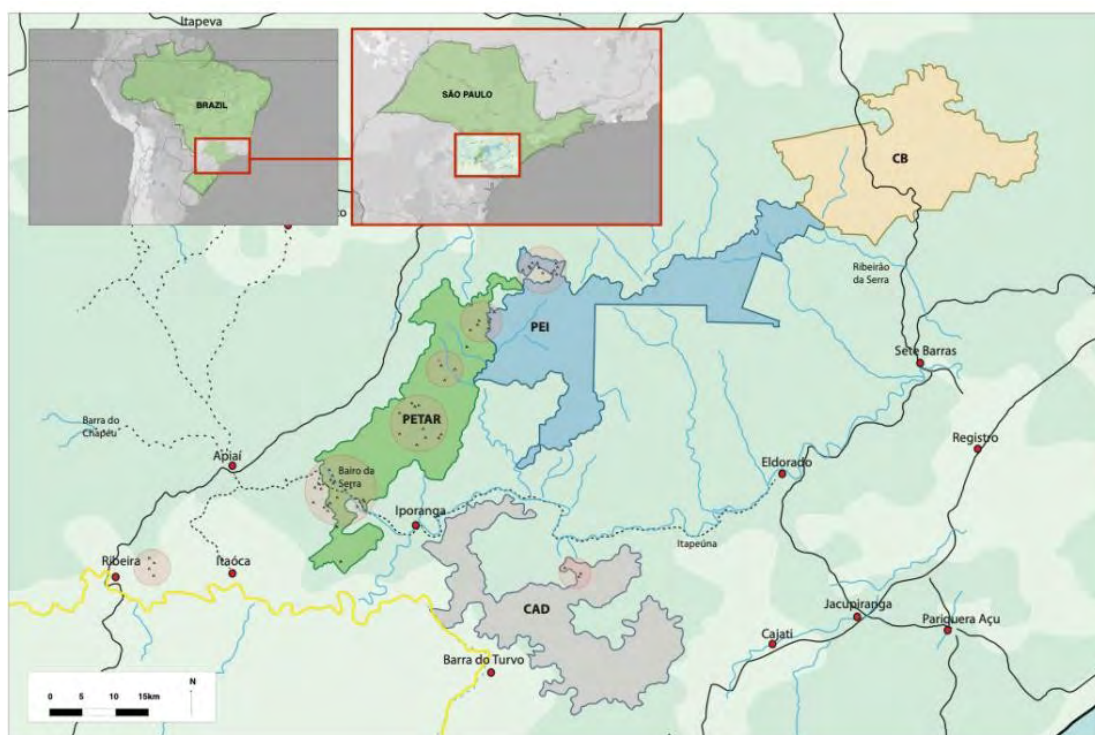


Figura 1 – Mapa regional do Alto do Ribeira. Área desta pesquisa, com o mosaico de Unidades de Conservação e principais cavernas inventariadas no mecanismo de qualificação. Nota: PETAR = Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira; PEI = Parque Estadual de Intervalos; CAD = Parque Estadual Caverna do Diabo; CB = Parque Estadual Carlos Botelho. Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figure 1 – Regional map of Alto do Ribeira. Area of this research, with the mosaic of Conservation Units and main caves inventoried in the qualification mechanism. Note: PETAR = Alto do Ribeira State Tourist Park; PEI = Intervalos State Park; CAD = Caverna do Diabo State Park; CB = Carlos Botelho State Park. Source: Prepared by the author (2022).

Princípios da Geoconservação e cavernas como tema interdisciplinar baseado no lugar

Segundo Stewart e Nield (2013), boa parte dos problemas ambientais poderiam ser minimizados se mais pessoas tivessem conhecimentos básicos sobre as Ciências da Terra. A dissociação entre biodiversidade e geodiversidade decorre da falta de uma visão unificada da dinâmica do planeta, embora a geodiversidade, composta por paisagens, fenômenos e recursos, seja essencial para o surgimento e suporte da vida nela inserida.

Como um recurso não renovável na escala humana, a geodiversidade carrega registros valiosos da história geológica e da evolução da vida, sendo fundamental sua compreensão histórica e científica (Kastens e Manduca, 2012). A escola, por sua vez, que tem o papel de formar cidadãos (Brasil, 1988), poderia usar de maneira mais efetiva os conhecimentos gerados pelas geociências para ampliar a conscientização ambiental e o papel dos indivíduos nesse contexto (Bacci, 2018). Assim, estratégias educativas que conectem comunidades, preservação ambiental e práticas sustentáveis, são essenciais para promover mudanças e corresponsabilidade frente aos desafios ambientais contemporâneos (Jacobi *et al.*, 2018).

Entre essas estratégias destacamos a Educação Baseada no Lugar (Place-Based Education – PBE) e a Interdisciplinaridade como aspectos essenciais e que se interligam entre si na busca de uma melhor conexão e entendimento dos indivíduos com o local onde vivem.

De maneira resumida, a PBE utiliza exemplos locais para facilitar o aprendizado, aproximando o estudante de seu objeto de estudo e promovendo uma conexão significativa com o lugar (Sobel, 2004). Essa abordagem exige a integração entre

Principles of Geoconservation and caves as a place-based interdisciplinary topic

According to Stewart and Nield (2013), many environmental problems could be minimized if more people had basic knowledge of Earth Sciences. The dissociation between biodiversity and geodiversity stems from the lack of a unified view of the planet's dynamics, even though geodiversity, composed of landscapes, phenomena, and resources, is essential for the emergence and support of life on Earth.

As a non-renewable resource on a human scale, geodiversity carries valuable records of geological history and the evolution of life, making its historical and scientific understanding fundamental (Kastens and Manduca, 2012). Schools, which have the role of educating citizens (Brazil, 1988), could more effectively use the knowledge generated by the geosciences to raise environmental awareness and highlight the individual's role in this context (Bacci, 2018). Thus, educational strategies that connect communities, environmental preservation, and sustainable practices are essential to promote change and shared responsibility in the face of contemporary environmental challenges (Jacobi *et al.*, 2018).

Among these strategies, Place-Based Education (PBE) and Interdisciplinarity stand out as essential and interrelated aspects in the quest for a better connection and understanding between individuals and the place where they live.

In summary, PBE uses local examples to facilitate learning, bringing students closer to their study subject and promoting a meaningful connection with the place (Sobel, 2004). This approach requires the integration of scientific and everyday knowledge, transcending traditional disciplinary organization to strengthen the sense of belonging (Woodhouse and Knapp, 2000; Semken, 2005).

saberes científicos e cotidianos, transcendendo a organização disciplinar tradicional para fortalecer o senso de pertencimento (Woodhouse e Knapp, 2000; Semken, 2005).

Documentos como a Agenda 2030 (UNESCO, 2017) e a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) reforçam a interdisciplinaridade e o uso do contexto local no ensino. Contudo, sua aplicação prática ainda é limitada, exigindo maior esforço para conectar conhecimento acadêmico e cotidiano (Fazenda, 2011).

Ao usar cavernas como tema interdisciplinar, pode-se fortalecer o vínculo das pessoas com o lugar em que habitam promover aprendizagens significativas, especialmente em áreas próximas a patrimônios naturais (Compiani, 2015; Semken *et al.*, 2017). O modelo proposto na tese aqui resumida parte dos princípios acima mencionados da Educação Baseada no Lugar, de Interdisciplinaridade e da Geoconservação e usa as cavernas como tema gerador integrando diferentes disciplinas, capacitando professores, e estimulando, de modo mais atrativo, a aprendizagem dos alunos sobre as diversas propriedades e características das cavernas e seu habitat (Menin *et al.*, 2022).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A realização da pesquisa foi organizada em quatro principais etapas: revisão da literatura (com a elaboração do inventário), delineamento de uma proposta educativa, seu desenvolvimento nas escolas e coleta e análise dos resultados. Em cada etapa houve a produção de artigos que foram publicados em periódicos nacionais e internacionais. A Figura 2 apresenta a estrutura da pesquisa, destacando suas principais ações e a produção científica publicada. Na figura, os artigos

Documents such as Agenda 2030 (UNESCO, 2017) and the National Common Core Curriculum (Brazil, 2018) reinforce interdisciplinarity and the use of local context in teaching. However, their practical application is still limited, requiring greater effort to connect academic and everyday knowledge (Fazenda, 2011).

By using caves as an interdisciplinary theme, it is possible to strengthen people's connection to the place where they live and promote meaningful learning, especially in areas close to natural heritage sites (Compiani, 2015; Semken et al., 2017). The model proposed in the thesis summarized here is based on the aforementioned principles of Place-Based Education, Interdisciplinarity, and Geoconservation uses caves as a generative theme, integrating different disciplines, training teachers, and stimulating, in a more attractive way, students' learning about the various properties and characteristics of caves and their habitat (Menin et al., 2022).

RESEARCH METHODOLOGICAL PROCEDURES

The research was organized into four main stages: literature review (with the preparation of an inventory), design of an educational proposal, its development in schools, and collection and analysis of results. At each stage, articles were produced and published in national and international journals. Figure 2 shows the structure of the research, highlighting its main actions and published scientific output. In the figure, the articles were numbered chronologically according to their publication and

foram numerados cronologicamente, de acordo com sua publicação, e posicionados com referência às etapas da pesquisa correspondentes.

positioned with reference to the corresponding stages of the research.



Figura 2 – Estrutura da pesquisa apontando as quatro principais etapas realizadas e as referências aos artigos publicados. Nota: PEGI = Proposta Educativa tendo as Cavernas como Tema Interdisciplinar.

Figure 2 – Research structure showing the four main stages carried out and references to published articles. Note: PEGI = Educational Proposal with Caves as an Interdisciplinary Theme.

Etapa 1. Conhecimento

O primeiro passo deste trabalho foi realizar um levantamento dos dados disponíveis sobre as cavernas da região. A pesquisa incluiu artigos técnicos e científicos, bem como bancos de dados públicos (Menin e Bacci, 2022). Como parâmetros de análise qualitativa, foram estabelecidas cinco categorias que agruparam os estudos com características similares. O levantamento concluiu sobre a necessidade de um mecanismo avaliativo específico para cavernas e que pudesse responder de forma clara e objetiva às demandas da inserção da espeleologia como tema interdisciplinar na educação básica. Além de possibilitar a apropriação dos conhecimentos do patrimônio espeleológico por professores e alunos, a ferramenta deveria fornecer insumos necessários para a orientação e o desenvolvimento de traba-

Step 1. Knowledge

The first step in this work was to conduct a survey of available data on caves in the region. The research included technical and scientific articles, as well as public databases (Menin and Bacci, 2022). As parameters for qualitative analysis, five categories were established that grouped studies with similar characteristics. The survey concluded that there was a need for a specific evaluation mechanism for caves that could respond clearly and objectively to the demands of including speleology as an interdisciplinary topic in basic education. In addition to enabling teachers and students to acquire knowledge of speleological heritage, the tool should provide the necessary inputs for the guidance and development of work related to the promotion of this heritage through scientific and speleological dissemination.

lhos relacionados à promoção deste patrimônio a partir da divulgação científica e espeleológica.

Foi então elaborado um método que partiu de algumas perguntas-chave, entre elas, os referentes aos principais critérios que diferenciam as cavernas entre si. Foram avaliadas 14 características diferentes que, por sua vez, alimentaram quatro Valores Espeleológicos e um Alerta de Conservação (Figura 3).

A partir desse método, foram avaliadas 79 cavernas que, de maneira coletiva, alimentaram um banco de dados único. Como conclusão desta etapa, sugere-se o uso do inventário como um recurso para a caracterização e comparação entre cavernas e regiões cársticas pois permite realizar uma série de análises de acordo com diferentes objetivos. Na referida pesquisa, foram úteis para o desenvolvimento das estratégias de viagens de campo para geração de materiais didáticos baseados no lugar, bem como no direcionamento dos conteúdos criados para os materiais educativos.

A method was then developed based on a number of key questions, including those relating to the main criteria that differentiate caves from one another. Fourteen different characteristics were evaluated, which in turn fed into four Speleological Values and one Conservation Warning (Figure 3).

Using this method, 79 caves were evaluated and collectively fed into a single database. As a conclusion to this stage, the use of the inventory as a resource for characterizing and comparing caves and karst regions is suggested, as it allows for a series of analyses to be carried out according to different objectives. In this research, they were useful for developing field trip strategies for generating place-based teaching materials, as well as for directing the content created for educational materials.

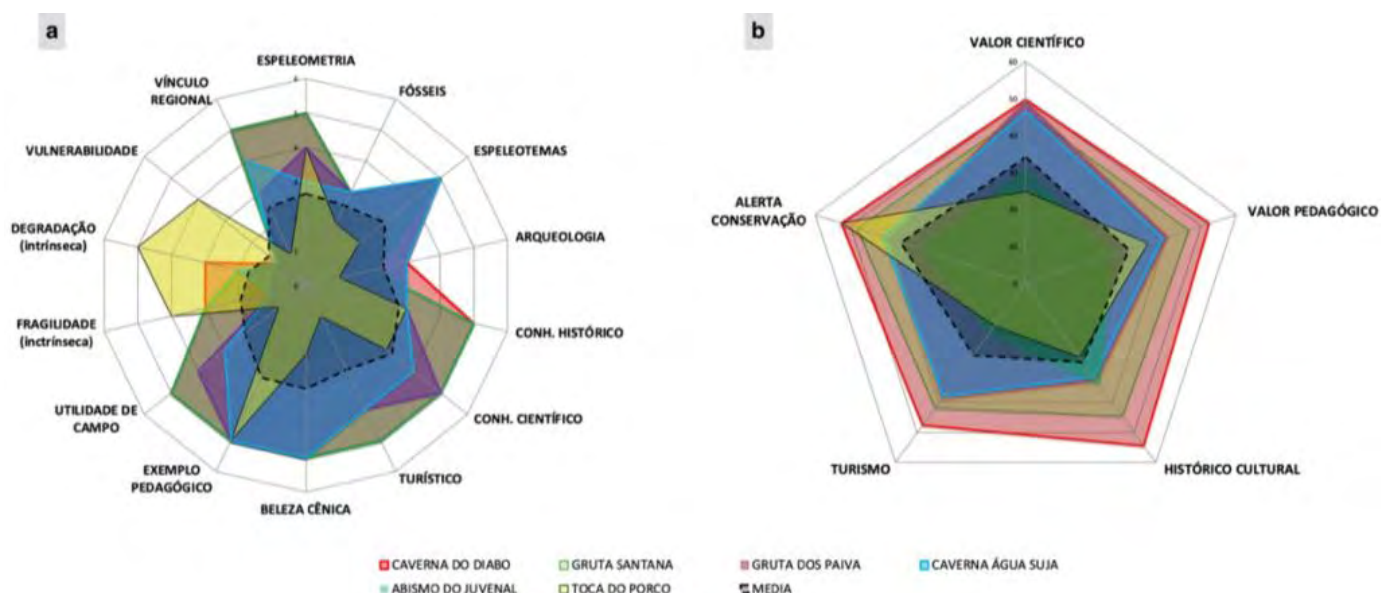


Figura 3 – Gráficos gerados pela qualificação com as médias obtidas para cada caverna em relação aos 14 critérios avaliados (a) e médias ponderadas sobre cada caverna em relação aos Valores Espeleológicos e o Alerta de Conservação (b).

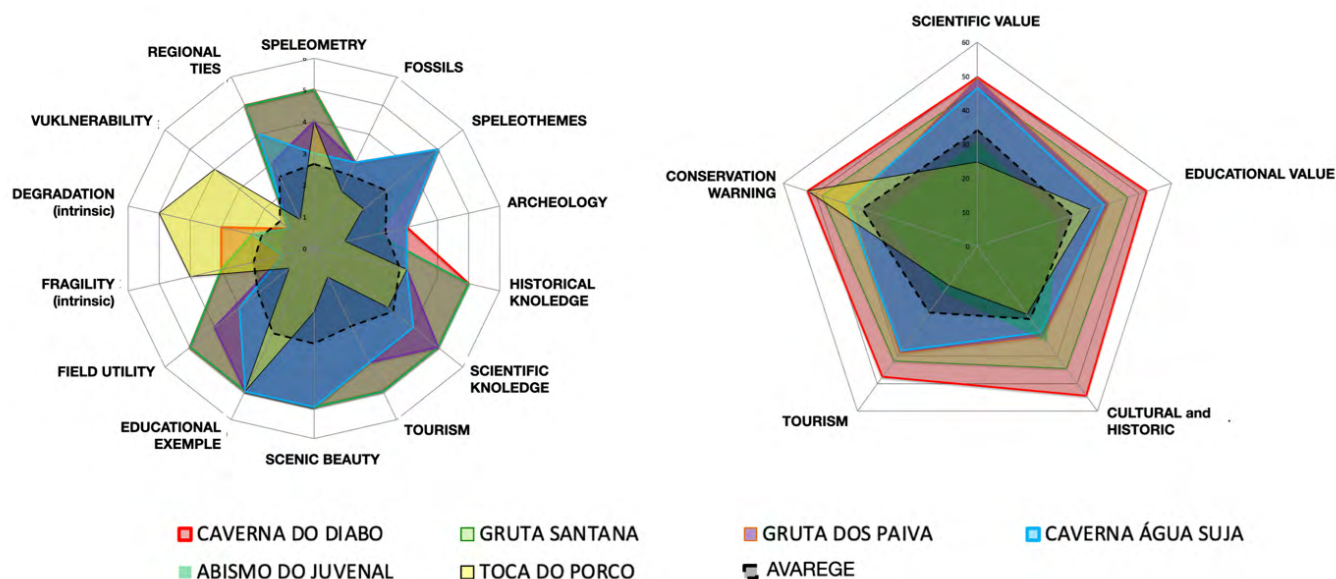


Figure 3 – Graphs generated by the classification with the averages obtained for each cave in relation to the 14 criteria evaluated (a) and weighted averages for each cave in relation to Speleological Values and Conservation Alert (b).

Serviços Espeleossistêmicos

Outra análise realizada com a intenção de fundamentar o estudo e organizar exemplos de divulgação sobre a importância do patrimônio espeleológico foi a aplicação dos princípios dos serviços geossistêmicos para o meio subterrâneo (Menin e Bacci, 2023).

O levantamento dos serviços prestados direta ou indiretamente pelas cavernas ao ser humano aproxima a discussão aos conceitos da Economia Ecológica (Igari *et al.*, 2020), e pode levar a reflexões mais amplas e a uma melhor compreensão por parte de diferentes atores da sociedade sobre a importância do meio cárstico (Van Ree e Van Beukering, 2016; Da Silva *et al.*, 2018; Urban *et al.*, 2022). Nessa direção, este estudo buscou descrever os benefícios que as cavernas exercem neste contexto, de abrigo às primeiras civilizações, à fonte de informações sobre o passado climático e às avançadas pesquisas fármaco industriais no futuro.

Como recurso de análise, o presente trabalho aplicou os conceitos de serviços ecossistêmicos ao

Speleosystemical Services

Another analysis carried out with the intention of supporting the study and organizing examples of dissemination on the importance of speleological heritage was the application of geosystemic service principles to the underground environment (Menin and Bacci, 2023).

The survey of directly or indirectly services provided by caves to humans brings the discussion closer to the concepts of Ecological Economics (Igari *et al.*, 2020). This can lead to broader reflections and a better understanding by different actors in society of the importance of the karst environment (Van Ree and Van Beukering, 2016; Da Silva *et al.*, 2018; Urban *et al.*, 2022). In this sense, this study sought to describe the benefits that caves provide in this context, from shelter for early civilizations to a source of information about the climate of the past and advanced industrial pharmaceutical research in the future.

As an analytical resource, this study applied the concepts of ecosystem services to the karst environ-

meio cárstico utilizando a Caverna do Diabo como exemplo de estudo. Acredita-se que a categorização dos benefícios que as cavernas exercem sobre as populações humanas pode ser um útil recurso em resposta ao desconhecimento do patrimônio espeleológico frente às ameaças que vem sofrendo. No presente trabalho, as informações geradas foram utilizadas em aulas e palestras sobre o tema junto aos professores e alunos participantes da pesquisa.

Etapas 2. Elaboração da Proposta Educativa

A presente proposta (PECI – Proposta Educativa tendo as Cavernas como Tema Interdisciplinar) teve como fundamentos os conceitos da Educação Baseada no Lugar, da Educação Ambiental Crítica, da Geoconservação e da Interdisciplinaridade. Partiu-se do princípio de que a educação assume significados e propósitos diferentes quando é construída de forma colaborativa, unindo diferentes áreas do conhecimento e utilizando exemplos da vida cotidiana (Menin *et al.*, 2022). Levou-se ainda em consideração as orientações da BNCC – Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) de maneira a reforçar as competências e habilidades sugeridas pelo documento.

Para este projeto foram selecionadas 4 unidades escolares da educação básica pública na região, compreendendo municípios próximos aos recintos espeleológicos mais importantes e com acesso às unidades de visitação e cavernas turísticas. Participaram professores de todas as áreas do conhecimento com docência nos anos finais do ensino fundamental. Junto aos professores, foi tomada a decisão de aplicar o projeto ao Ensino Fundamental – Anos Finais, o que abrangeu alunos do 6º ao 9º ano. Os trabalhos nas escolas se deram ao longo do ano de 2023.

ment using the Caverna do Diabo as a case study. It is believed that categorizing the benefits that caves provide to human populations can be a useful resource in response to the lack of knowledge about speleological heritage in the face of the threats it has been suffering. In this study, the information generated was used in classes and lectures on the topic with the teachers and students participating in the research.

Step 2. Preparation of the Educational Proposal

This proposal (PECI – Educational Proposal with Caves as an Interdisciplinary Theme) was based on the concepts of Place-Based Education, Critical Environmental Education, Geoconservation, and Interdisciplinarity. It was based on the principle that education takes on different meanings and purposes when it is constructed collaboratively, bringing together different areas of knowledge and using examples from everyday life (Menin et al., 2022). The guidelines of the National Common Core Curriculum (BNCC) (BRASIL, 2018) were also taken into account in order to reinforce the competencies and skills suggested by the document.

For this project, four public elementary schools in the region were selected, comprising municipalities close to the most important caving sites and with access to visitor centers and tourist caves. Teachers from all areas of knowledge who teach in the final years of elementary school participated. Together with the teachers, the decision was made to apply the project to Elementary School' Final Years, which covered students from 6th to 9th grade. The work in the schools took place throughout the year 2023.

The research analyzed in detail the BNCC competencies for the final years of elementary school (7th, 8th, and 9th grades) and their relationship to the

A pesquisa analisou em detalhes as competências da BNCC para os anos finais do Ensino Fundamental (7º, 8º e 9º anos) e sua relação com o estudo das cavernas, identificando, ao final, 78 competências distribuídas em diferentes áreas do conhecimento e que poderiam ser desenvolvidas por meio da espeleologia.

a. Produção de Materiais Didáticos Baseados no Lugar

Uma vez coletados os dados do mecanismo de qualificação de cavernas, algumas das mais representativas foram selecionadas para a realização de visitas durante os trabalhos de campo (Figura 4).

study of caves, ultimately identifying 78 competencies distributed across different areas of knowledge that could be developed through speleology.

a. Production of Place-Based Teaching Materials

Once the data on cave classification had been collected, some of the most representative caves were selected for visits during the fieldwork (Figure 4).

CAVERNAS ELEITAS PARA CAMPO				
Ranking		TT Índice	Localidade	Pontos de interesse
1	CAVERNA DO DIABO	209	PECD - Eldorado	Cachoeiras, Morfologia, Espeleotemas, Estrutura turística
2	GRUTA SANTANA	184	PETAR - Núcleo Santana	Condutos de rio/ Morfologia, Salões superiores, Espeleotemas, Setor turístico
3	CAVERNA MORRO PRETO	165	PETAR - Núcleo Santana	Aspecto cênico da entrada, salão interior (morfologia e espeleotemas)
4	GRUTA DOS PAIVA	165	PEI - Ribeirão Grande	Conduto de rio, clarabóia, espeleotemas (pérolas)
5	ALAMBARI DE BAIXO	165	PETAR - Bairro da Serra	Aspecto cênico da entrada, salões e conduto de rio (morfologia)
7	CAVERNA ÁGUA SUJA	159	PETAR - Núcleo Santana	Conduto de rio, salão do abatimento, abismo dívida externa
8	GRUTA CASA DE PEDRA	158	PETAR - Núcleo Casa de Pedra	Salão da entrada, morfologia dos condutos e aspectos cênicos
10	FENDÃO	143	PEI - Ribeirão Grande	Aspecto morfológico (fenda e conduto de rio)
15	CAVERNA DESMORONADA	140	PETAR - Núcleo Caboclos	Aspecto cênico e potencial científico
16	GRUTA DO COUTO	139	PETAR - Núcleo Santana	Aspectos cênico e morfológicos
19	GRUTA LABORATÓRIO	136	PETAR - Bairro da Serra	Aspectos cênicos, morfológicos e históricos
21	CAVERNA OURO GROSSO	130	PETAR - Núcleo Ouro Grosso	Exemplos morfológicos, aspectos cênicos e históricos
48	GRURA ESPÍRITO SANTO	108	PETAR - Núcleo Caboclos	Depósitos fossilíferos - Paleontologia

Figura 4 – Lista das 12 cavernas visitadas em campo para geração de materiais didáticos baseados no lugar.

CAVES CHOSEN FOR THE FIELDWORK				
Ranking		TT Index	Location	Points of interest
1	CAVERNA DO DIABO	209	PECD - Eldorado	Waterfalls, Morphology, Speleothems, Tourist infrastructure
2	GRUTA SANTANA	184	PETAR - Núcleo Santana	River channels/Morphology, Upper halls, Speleothems, Tourism sector
3	CAVERNA MORRO PRETO	165	PETAR - Núcleo Santana	Scenic aspect of the entrance, interior hall (morphology and Speleothems)
4	GRUTA DOS PAIVA	165	PEI - Ribeirão Grande	River conduit, skylight, speleothems (pearls)
5	ALAMBARI DE BAIXO	165	PETAR - Bairro da Serra	Scenic aspect of the entrance, halls, and river conduit (morphology)
7	CAVERNA ÁGUA SUJA	159	PETAR - Núcleo Santana	River conduit, fall hall, external debt abyss
8	GRUTA CASA DE PEDRA	158	PETAR - Núcleo Casa de Pedra	Entrance hall, conduit morphology, and scenic aspects
10	FENDÃO	143	PEI - Ribeirão Grande	Morphological aspect (crevice and river channel)
15	CAVERNA DESMORONADA	140	PETAR - Núcleo Caboclos	Scenic aspect and scientific potential
16	GRUTA DO COUTO	139	PETAR - Núcleo Santana	Scenic and morphological aspects
19	GRUTA LABORATÓRIO	136	PETAR - Bairro da Serra	Scenic, morphological, and historical aspects
21	CAVERNA OURO GROSSO	130	PETAR - Núcleo Ouro Grosso	Morphological examples, scenic and historical aspects
48	GRURA ESPÍRITO SANTO	108	PETAR - Núcleo Caboclos	Fossil deposits - Paleontology

Figure 4 – List of the 12 caves visited in the field to generate place-based teaching materials.

As viagens foram realizadas para a verificação *in situ* dos aspectos avaliados coletivamente à distância e, também, para documentação fotográfica dos pontos de interesse como, por exemplo, beleza cênica, morfologia, fósseis, valores históricos, científicos e educativos.

Além do pesquisador, uma equipe de espeleólogos experientes e moradores locais participaram das viagens e dos trabalhos dentro das cavernas. Essa abordagem não apenas incluiu os cientistas nas fotografias, mas também valorizou a presença da comunidade local nas imagens e materiais didáticos produzidos, como ilustra a Figura 5 que também mostra aspectos mapeados pelo inventário de qualificação como os valores cênico, turístico, científico e histórico.

The trips were undertaken to verify in situ the aspects that had been remotely and collectively assessed and also to photograph points of interest such as scenic beauty, morphology, fossils, and historical, scientific, and educational value.

In addition to the researcher, a team of experienced speleologists and local residents participated in the trips and in the work inside the caves. This approach not only included scientists in the photographs, but also valued the presence of the local community in the images and educational materials produced, as illustrated in Figure 5, which also shows aspects mapped by the qualification inventory, such as scenic, tourist, scientific, and historical values.



Figura 5 – Algumas das imagens realizadas durante os trabalhos em campo. À esquerda, o espeleólogo local Eduardo Oliveira em progressão na zona turística da Caverna Água Suja. À direita, Ângela Carla Matos, neta de Joaquim Justino, célebre condutor e espeleólogo local em contemplação na Caverna Santana. Nota.

Figure 5 – Some of the images taken during fieldwork. On the left, local speleologist Eduardo Oliveira advancing in the tourist area of Água Suja Cave. On the right, Ângela Carla Matos, granddaughter of Joaquim Justino, a renowned local guide and speleologist, contemplating Santana Cave.

b. Recursos didáticos

Os recursos didáticos elaborados e disponibilizados a alunos e professores foram produzidos durante o desenvolvimento da tese e tiveram como propósito a linguagem e o formato voltado para a compreensão por um público escolar e leigo. Também se tomou cuidado com a atratividade destes materiais, com apelo visual e uma comunicação autoexplicativa. No total, foram utilizados 16 diferentes recursos didáticos, dentre os quais são destacados alguns deles, como o Painel Interdisciplinar da Caverna do Diabo e os Livretos de caracterização das principais cavernas da região.

O painel foi disponibilizado digitalmente para todas as escolas participantes e impresso para as ocasiões de encontro com os alunos (Figura 6).

b. Teaching resources

The teaching resources developed and made available to students and teachers were produced during the development of the thesis and were designed to be understood by a school and lay audience in terms of language and format. Care was also taken to ensure that these materials were attractive, visually appealing, and self-explanatory. A total of 16 different teaching resources were used, among which some stand out, such as the Interdisciplinary Panel of the Caverna do Diabo and the Booklets characterizing the main caves in the region.

The panel was made available digitally to all participating schools and printed for meetings with students (Figure 6).



Figura 6- Painei Interdisciplinar (à esquerda) e imagens do material impresso em uso nas Escolas. O material em melhor resolução está disponível neste link.

Figure 6 - Interdisciplinary Panel (left) and images of printed material in use in schools. Higher resolution material is available at this link.

O objetivo deste material foi promover a divulgação científica e espeleológica com fins de comunicação e educação. Além do mapa, estão inclusos no painel estudos técnicos e científicos realizados na caverna como, por exemplo, dados do Plano de Manejo Espeleológico, levantamentos de fauna, histórico de explorações, caracterizações geológicas e mapeamentos 3D. Esse modelo de painel apresentou-se como um recurso adequado para organização e divulgação de informações relevantes sobre as cavernas e pode ser replicado para outras cavidades importantes.

Outro destaque são os Livretos sobre as principais cavernas da região (Figura 7). Após a organização do acervo fotográfico, o material foi classificado e agrupado para visualização de cada caverna. O resultado é uma coleção com 10 volumes nos quais se encontram um texto descritivo da pesquisa, explicações sobre a caracterização da caverna, aspectos geológicos, valores espeleológicos e pontos de interesse, bem como o mapa georreferenciando os destaques fotografados e as fotos comentadas. Foram produzidos 10 livretos sendo eles: Caverna do Diabo, Caver-

The purpose of this material was to promote scientific and speleological dissemination for communication and educational purposes. In addition to the map, the panel includes technical and scientific studies carried out in the cave, such as data from the Speleological Management Plan, fauna surveys, exploration history, geological characterizations, and 3D mapping. This panel model proved to be an adequate resource for organizing and disseminating relevant information about caves and can be replicated for other important caves.

Another highlight is the booklets on the main caves in the region (Figure 7). After organizing the photographic collection, the material was classified and grouped for viewing each cave. The result is a collection of 10 volumes containing a descriptive text of the research, explanations about the characterization of the cave, geological aspects, speleological values, and points of interest, as well as a map georeferencing the photographed highlights and the commented photos. Ten booklets were produced, namely: Caverna do Diabo, Santana Cave, Desmoronada Cave, Laboratorio Caves I and II, Morro Preto Cave, Paiva Grotto, Alambari

na Santana, Caverna Desmoronada, Cavernas Laboratório I e II, Caverna Morro Preto, Gruta dos Paiva, Caverna Alambari de Baixo, Caverna Água Suja, Caverna Casa de Pedra e Caverna Fendão.

de Baixo Cave, Água Suja Cave, Casa de Pedra Cave, and Fendão Cave.

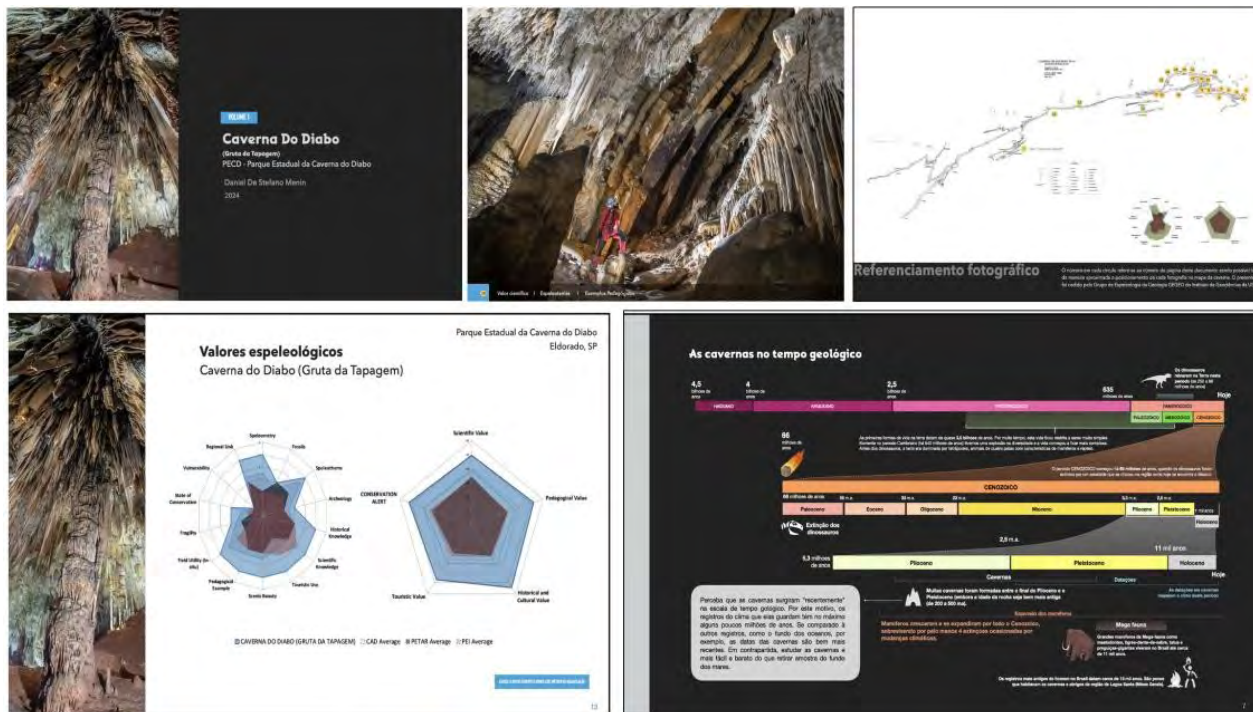


Figura 7 – Exemplos de conteúdo em cada Volume. Na imagem observa-se da esquerda para a direita: a capa de um dos Livretos, uma imagem de ponto de interesse relacionado à geologia, um exemplo de um mapa de caverna com as imagens referenciadas, a caracterização da caverna de acordo com os resultados da Qualificação (abaixo à esquerda), uma contextualização das cavernas no tempo profundo (abaixo à direita). Utilize este link para acessar uma pasta com todos os volumes.

Figure 7 – Examples of content in each volume. The image shows, from left to right: the cover of one of the booklets, an image of a point of interest related to geology, an example of a cave map with the referenced images, the characterization of the cave according to the Qualification results (bottom left), and a contextualization of the caves in deep time (bottom right). Use this link to access a folder with all volumes.

Outro recurso bastante utilizado foi uma coleção com 23 vídeos temáticos para uso em diferentes contextos e áreas de conhecimento. Todo esse material foi apresentado e disponibilizado aos professores e pode ser acessado através de uma pasta para *download* no Google Drive da Universidade de São Paulo.

Another widely used resource was a collection of 23 thematic videos for use in different contexts and areas of knowledge. All of this material was presented and made available to teachers and can be accessed through a folder for download on the University of São Paulo's Google Drive.

c. Aplicação Pedagógica

O diagrama a seguir, na Figura 8, representa o trabalho de intervenção nas escolas desenvolvido em uma ordem cronológica. A proposta educativa segue duas fases principais (sendo a primeira um conjunto de ações junto aos pro-

c. Pedagogical Application

The diagram in Figure 8, represents the intervention work carried out in schools in chronological order. The educational proposal follows two main phases (the first being a set of actions with teachers and the second with students) and is divided into six stages

fessores e a segunda junto aos alunos) e está dividida em seis etapas (Coordenação, Difusão, Imersão, Apresentação, Aprofundamento e Culminância). As etapas são compostas por 14 principais ações organizadas na Figura 8 de (a) à (n).

(Coordination, Dissemination, Immersion, Presentation, Deepening, and Culmination). The stages consist of 14 main actions organized in Figure 8 from (a) to (n).

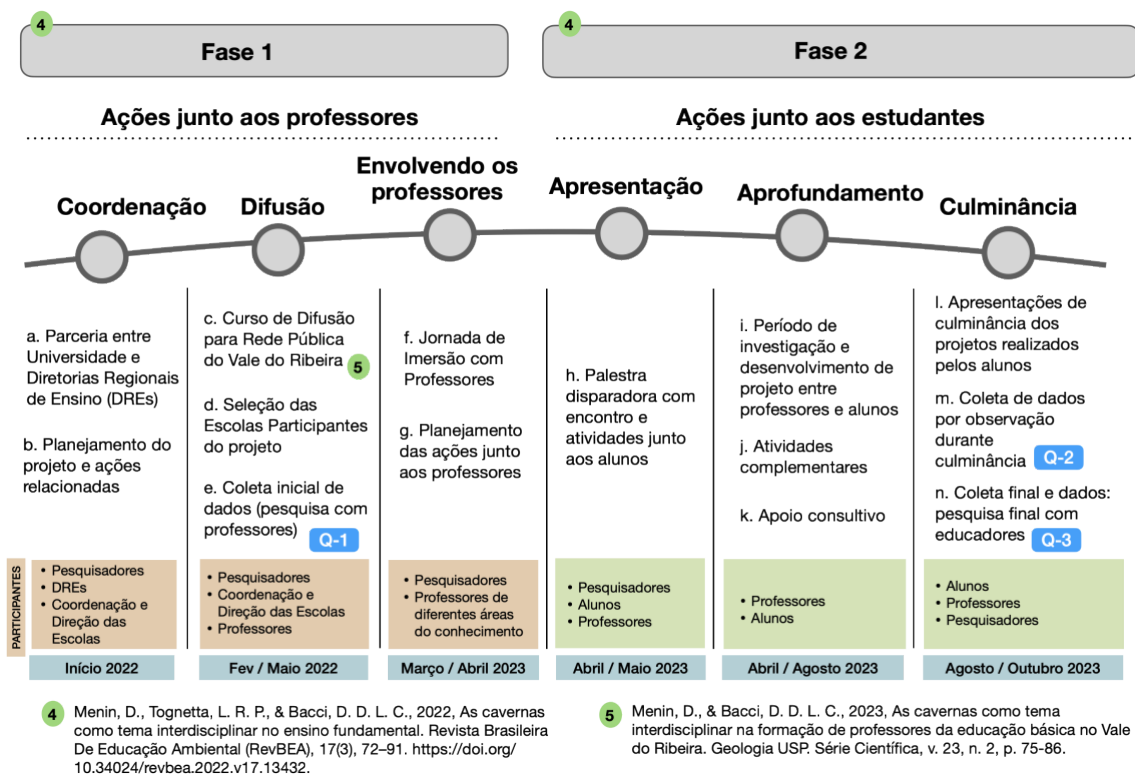


Figura 8 – Fases, etapas e ações de andamento da proposta educativa nas escolas. Os números em verde (4) e (5) correspondem a artigos publicados com detalhamento do trabalho realizado. Abaixo da imagem, caixas coloridas com os atores participantes de cada etapa e os meses e anos em que as ações foram realizadas.

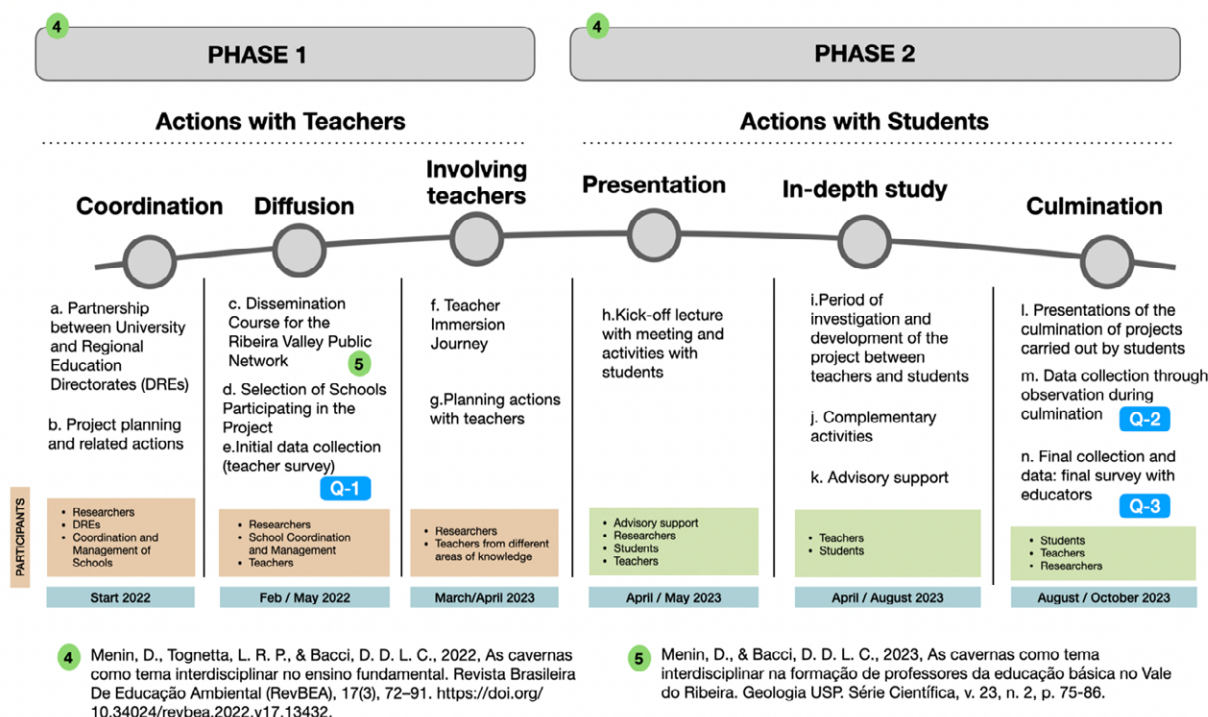


Figure 8 – Phases, stages, and actions of the educational proposal in schools. The numbers in green (4) and (5) correspond to published articles detailing the work carried out. Below the image, colored boxes show the actors participating in each stage and the months and years in which the actions were carried out.

Neste artigo, destacam-se algumas destas ações, como o aprofundamento do tema junto aos professores, as oficinas de encantamento aos alunos e os trabalhos finais de culminância nas escolas.

Planejamento e ações junto aos professores (de (a) a (g))

A exemplo da proposta educativa referência (Menin et al., 2022), a jornada de imersão explorou o tema das cavernas com professores de diferentes áreas do conhecimento em cada escola. Durante os encontros houve momentos de aprofundamento ao tema com o uso de material expositivo, oficinas e trabalhos colaborativos para elaboração de estratégias em cada escola. Na ocasião, os professores puderam compreender melhor a espeleologia, mas também buscar conexões entre o tema e suas disciplinas, bem como intersecções entre as disciplinas tendo as cavernas como tema gerador (Figura 9). Nesta

This article highlights some of these actions, such as exploring the topic in greater depth with teachers, workshops to inspire students, and final projects at schools.

Planning and actions with teachers (from (a) to (g))

Following the example of the reference educational proposal (Menin et al., 2022), the immersion journey explored the theme of caves with teachers from different areas of knowledge in each school. During the meetings, there were moments of in-depth exploration of the theme using exhibition material, workshops, and collaborative work to develop strategies in each school. On this occasion, teachers were able to better understand speleology, but also seek connections between the theme and their subjects, as well as intersections between subjects with caves as the generating theme (Figure 9). On this occasion, some participants were chosen as “teacher-coordi-

ocasião, alguns participantes foram escolhidos como “professores-coordenadores” do projeto dentro de cada instituição, de modo que a interlocução com os pesquisadores pudesse ser facilitada ao longo do processo.



Figura 9 – Ocasião presencial de imersão do tema das cavernas junto à professores de diferentes disciplinas



nators” for the project within each institution, so that communication with the researchers could be facilitated throughout the process.

Figure 9 – Face-to-face immersion session on the topic of caves with teachers from different disciplines

Envolvendo e encantando os estudantes (h)

A apresentação do tema das cavernas aos alunos se deu em um encontro entre pesquisador e alunos. Durante a ocasião, realizou-se uma apresentação com exemplos do lugar, um vídeo de divulgação espeleológica (Topografia da Caverna do Diabo) e o estímulo à conversação à medida em que os estudantes manuseavam amostras de espeleotemas, réplicas de fósseis, mapas, livros e equipamentos (Figura 10).



Figura 10 – Ocasiões do encontro de apresentação e encantamento do projeto junto aos alunos.

Engaging and enchanting students (h)

The caves topic was presented to students during a meeting between researchers and students. During the meeting, a presentation was given with examples of the place, a video promoting speleology (Topography of the Caverna do Diabo), and conversation was encouraged as students handled samples of speleothems, fossil replicas, maps, books, and equipment (Figure 10).



Figure 10 – Occasions for presenting and promoting the project to students.

Eventos de Culminância (I)

Em cada escola, foi sugerido que o projeto desenvolvido ao longo do período pudesse culminar em um trabalho construído coletivamente. Apresentações, maquetes, cenografias, painéis e outros recursos foram desenvolvidos pelos alunos com a coordenação dos professores de maneira interdisciplinar para serem apresentados em uma data em comum. Em alguns casos, o evento foi aberto para visitação de pessoas de fora da escola (Figura 11).



Figura 11 – Eventos de culminância realizados nas escolas por alunos e professores ao término do projeto.

Três momentos de coleta de dados foram adotados ao longo da pesquisa. O primeiro, antes do início do projeto com um questionário estruturado enviado aos professores. O segundo, após o projeto através de outro questionário aos mesmos professores participantes do projeto. Por fim, uma coleta de dados foi realizada no evento de culminância por meio de um processo de observação participante.

ANÁLISES DOS RESULTADOS

As análises completas dos resultados com dados e gráficos podem ser encontradas na referida tese (Menin, 2024). A seguir selecionamos alguns destaques para expor os resultados principais neste artigo.

Culmination Events (I)

At each school, it was suggested that the project developed throughout the period could culminate in a collectively constructed work. Presentations, models, sets, panels, and other resources were developed by students with the coordination of teachers in an interdisciplinary manner to be presented on a common date. In some cases, the event was open to visitors from outside the school (Figure 11).

Figure 11 – Culminating events held in schools by students and teachers at the end of the project.

Three data collection moments were adopted throughout the research. The first was before the start of the project, with a structured questionnaire sent to teachers. The second was after the project, through another questionnaire sent to the same teachers who participated in the project. Finally, data collection was carried out at the culminating event through a process of participant observation.

RESULTS ANALYSIS

The complete analysis of the results, including data and graphs, can be found in the aforementioned thesis (Menin, 2024). Below, some highlights have been selected to present the main results in this article.

Ao comparar as realizações deste trabalho com uma estrutura clássica em estratégias de geoconservação (Garcia *et al.*, 2022), constatou-se que ele atua em diferentes etapas como: Diagnóstico, Conservação e Promoção (Figura 12).

O Inventário e o Mecanismo de Qualificação de Cavernas, por exemplo, atuam diretamente na etapa de Diagnóstico, enquanto os dados gerados podem ser utilizados na etapa de Conservação e, por fim, a proposta educativa (PECI) relaciona-se diretamente com a Etapa de Promoção.

When comparing the achievements of this work with a classic framework for geoconservation strategies (Garcia *et al.*, 2022), it was found that it operates in different stages, such as: Diagnosis, Conservation, and Promotion (Figure 12).

The Inventory and Cave Qualification Mechanism, for example, act directly in the Diagnosis stage, while the data generated can be used in the Conservation stage and, finally, the educational proposal (PECI) is directly related to the Promotion stage.

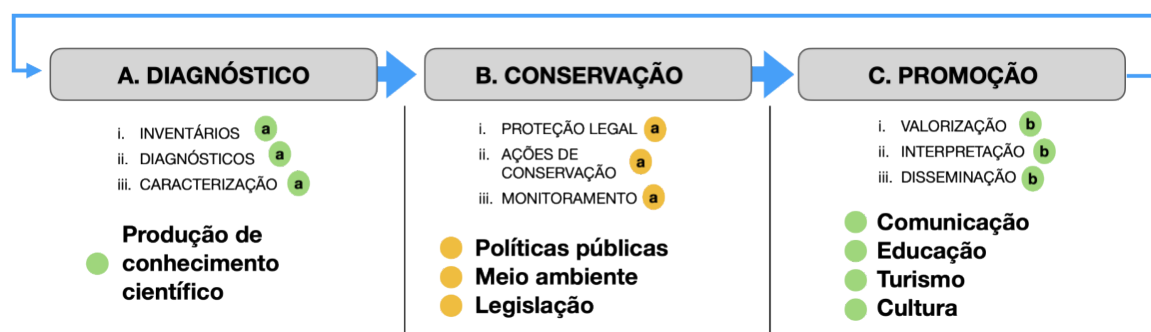


Figura 12 – Estrutura estratégica para geoconservação dividida entre seus três principais módulos e objetivos. Nota: Os círculos em verde indicam as etapas e objetivos diretamente contempladas nesta pesquisa. Já os círculos em laranja, indicam etapas e objetivos indiretamente contemplados. As letras posicionam cada ação a uma realização específica desta pesquisa: a = inventário e método de qualificação de cavernas desenvolvido e as análises possíveis a partir dos dados levantados. b = materiais produzidos, estratégias educativas e de divulgação científica. Fonte: adaptada de Garcia *et al.* (2022).

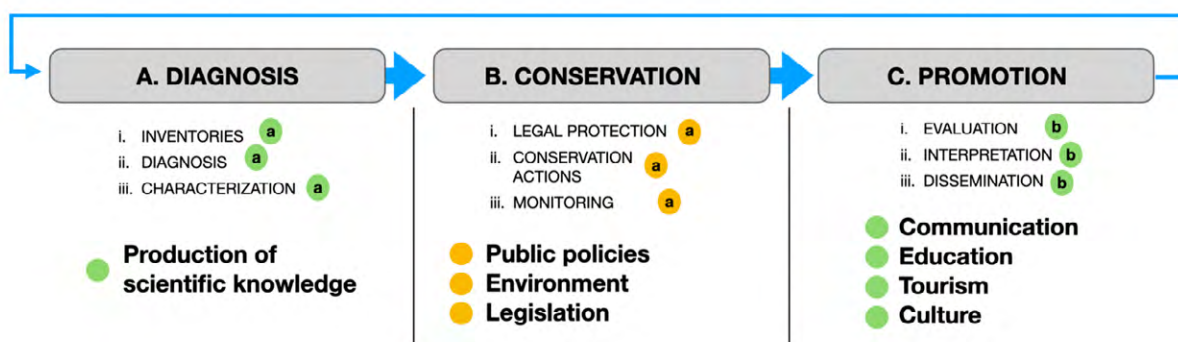


Figure 12 – Strategic framework for geoconservation divided into its three main modules and objectives. Note: The green circles indicate the stages and objectives directly covered in this research. The orange circles indicate stages and objectives indirectly covered. The letters assign each action to a specific achievement of this research: a = inventory and cave qualification method developed and possible analyses based on the data collected. b = materials produced, educational and scientific dissemination strategies. Source: adapted from Garcia *et al.* (2022).

Perfil e Envolvimento dos Professores

Participaram do projeto 41 professores, majoritariamente mulheres (82,9%), com mais de 40 anos

Teacher Profile and Engagement

Forty-one teachers participated in the project, most of whom were women (82.9%), over 40 years old

(56,1%) e ampla experiência na educação básica (61% atuam há mais de 10 anos). Geografia (13%) e Ciências da Natureza (12%) foram as disciplinas mais representadas. A maioria dos professores (65%) esteve ativamente envolvida na intervenção da pesquisa, mas 29% indicaram limitações devido a falta de tempo e de apoio institucional.

Sobre Pertencimento, Educação Baseada no Lugar e Interdisciplinaridade

A comparação entre os conhecimentos dos professores sobre o patrimônio espeleológico regional antes e após o projeto revela uma significativa evolução no entendimento do tema (Figura 13). Uma evolução mais marcante é percebida no que diz respeito ao envolvimento dos alunos sobre as cavernas locais, conforme observado pelos professores. No início do projeto, os professores indicaram que 70% dos alunos demonstravam pouco ou nenhum interesse pelas cavernas da região. No entanto, ao término do projeto, 95% dos alunos, de acordo com os professores, demonstraram um envolvimento médio ou alto com as cavernas locais. Essa evolução evidencia um grande potencial de crescimento no que se refere ao sentimento de pertencimento e reconhecimento do patrimônio espeleológico regional por parte dos alunos.

(56.1%), and had extensive experience in basic education (61% had been teaching for over 10 years). Geography (13%) and Natural Sciences (12%) were the most represented subjects. Most teachers (65%) were actively involved in the research intervention, but 29% indicated limitations due to lack of time and institutional support.

On belonging, place-based education, and interdisciplinarity

A comparison of teachers' knowledge of regional speleological heritage before and after the project reveals a significant evolution in their understanding of the subject (Figure 13). A more striking evolution is seen in terms of students' engagement with local caves, as observed by teachers. At the beginning of the project, teachers indicated that 70% of students showed little or no interest in the region's caves. However, at the end of the project, 95% of students, according to teachers, showed moderate or high engagement with local caves. This evolution shows great potential for growth in terms of students' sense of belonging and recognition of regional speleological heritage.

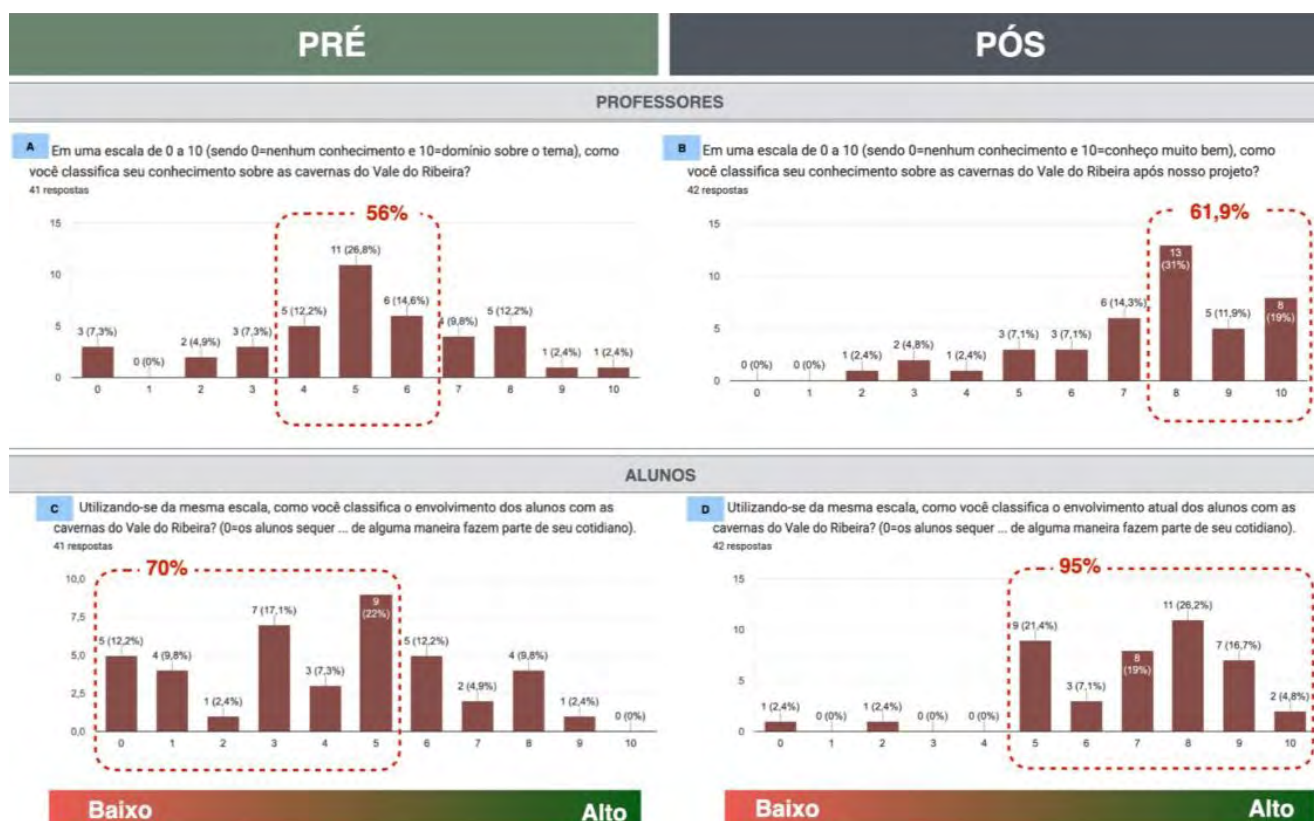


Figura 13 – Evolução do envolvimento e conhecimento dos professores e alunos com o tema das cavernas antes e depois do projeto realizado

Figure 13 – Evolution of teachers' and students' engagement and knowledge of caves before and after the project

Este dado é confirmado quando 80,9% dos alunos, segundo os professores, se apropriaram do tema das cavernas por intermédio dos projetos. Ambos os dados combinados nos sugerem afirmar que o projeto teve altos impactos na divulgação e na apropriação por parte dos alunos sobre a riqueza natural regional, antes pouco conhecida e trabalhada dentro da sala de aula.

Segundo os professores, o projeto ofereceu não somente a oportunidade dos alunos de conhecer o patrimônio regional, mas também de trabalhá-lo de maneira interdisciplinar abordando diferentes áreas do conhecimento e, portanto, compreendendo melhor o tema. Especificamente sobre interdisciplinaridade, a maioria dos professores (95,3%) afirma ter identificado oportunidades de abordar o tema das cavernas em suas disciplinas, bem como criando conexões com outras áreas do conhecimento. O tema também

This data is confirmed when according to teachers, 80.9% of students appropriated the theme of caves through the projects. Both data combined suggest that the project had a high impact on the dissemination and appropriation by students of the region's natural wealth, which was little known previously and rarely addressed in the classroom.

According to teachers, the project not only offered students the opportunity to learn about regional heritage, but also to work on it in an interdisciplinary manner, addressing different areas of knowledge and thus gaining a better understanding of the subject. Specifically regarding interdisciplinarity, most teachers (95.3%) said they had identified opportunities to address the topic of caves in their subjects, as well as creating connections with other areas of knowledge. The topic was also found to be aligned with the BNCC guidelines and the São Paulo Curriculum, based on both teacher evaluations and

mostrou alinhamento com as diretrizes da BNCC e com o Currículo Paulista por meio tanto da avaliação dos professores quanto pela observação dos trabalhos apresentados pelos alunos.

Nos eventos finais de culminância, os alunos utilizaram painéis expositivos, cenários e maquetes para apresentar os trabalhos, abrangendo diferentes disciplinas como História, Matemática, Língua Portuguesa, Educação Física, Geografia e Biologia (Figura 14). Professores destacaram o uso de pesquisas digitais e troca de experiências como principais estratégias de ensino. A observação dos trabalhos apresentados durante os eventos de culminância evidenciou também a forte valorização do contexto local por meio de exemplos regionais utilizados pelos alunos.

observation of the work presented by students.

In the final culminating events, students used exhibition panels, scenarios, and models to present their work, covering different subjects such as History, Mathematics, Portuguese Language, Physical Education, Geography, and Biology (Figure 14). Teachers highlighted the use of digital research and the exchange of experiences as key teaching strategies. Observation of the work presented during the culminating events also highlighted the strong emphasis on the local context through regional examples used by the students.



Figura 14 – Painéis apresentados na EE 4 (Eldorado). Nota: Os conteúdos foram organizados de cima para baixo, da esquerda para a direita: História, Cartografia/Matemática, Geografia física/Geologia, Educação física, Ciências sociais, Língua portuguesa, Turismo, Química/Geoquímica, Arqueologia, Biologia evolutiva, Educação Física, Valorização do local.

Figure 14 – Panels presented at EE 4 (Eldorado). Note: The contents were organized from top to bottom, from left to right: History, Cartography/Mathematics, Physical Geography/Geology, Physical Education, Social Sciences, Portuguese Language, Tourism, Chemistry/Geochemistry, Archaeology, Evolutionary Biology, Physical Education, Local Appreciation.

Do ponto de vista de conteúdo, também foi possível identificar a ampliação dos temas trabalhando no encantamento como variedade de espeleotemas, processos geológicos, conexões entre o ser humano e o meio natural, aspectos sociais e ciências biológicas (Figura 15).

From a content perspective, it was also possible to identify an expansion in the topics covered in the fascination section, such as a variety of speleothems, geological processes, connections between humans and the natural environment, social aspects, and biological sciences (Figure 15).



Figura 15 – À esquerda, um boco com parte das cenografias de cavernas construídas por alunos. À direita, os recursos de maquetes, muito utilizados nas apresentações. (A) e (B) Entradas de cavernas construídas dentro das escolas; (C, D e E) Representação de elementos característicos dentro das cavernas como um sítio arqueológico, espeleotema e um lago com animais troglóbios da região (bagre-cego); (F) Maquete com representação de caverna e vegetação local de Mata Atlântica; (G) Representação da infiltração da água no Epicarste e formação de espeleotemas; (H) Espeleotemas; (I) Representação do Ser Humano convivendo com a caverna nos dias atuais através do Turismo e (J) Expressão da arte de Tangram para apresentação de conteúdos.

Figure 15 – On the left, a model with part of the cave scenery built by students. On the right, models, widely used in presentations. (A) and (B) Cave entrances built inside schools; (C, D, and E) Representation of characteristic elements inside caves, such as an archaeological site, speleothems, and a lake with troglodytic animals from the region (blind catfish); (F) Model representing a cave and local Atlantic Forest vegetation; (G) Representation of water infiltration in the epikarst and formation of speleothems; (H) Speleothems; (I) Representation of humans coexisting with caves today through tourism; and (J) Expression of Tangram art for content presentation.

Os temas Geoconservação e Geodiversidade foram identificados direta ou indiretamente em aproximadamente 60% das observações. Outros temas relacionados a estudos socioambientais ou científicos, direta ou indiretamente ligados à espeleologia, também estiveram presentes em muitos dos trabalhos examinados.

Como principais desafios deste trabalho identificou-se a falta de tempo disponível nas escolas causada por mudanças na agenda e nas diretrizes estaduais de educação como uma barreira significativa para projetos interdisciplinares, incluindo o tema das cavernas, que perdeu espaço no segundo semestre de 2023. Além disso, problemas de comunicação entre professores e mudanças nos vínculos contratuais dificultaram o engajamento com o projeto. O sucesso das ini-

Geoconservation and geodiversity themes were directly or indirectly identified in approximately 60% of the observations. Other themes related to socio-environmental or scientific studies, directly or indirectly linked to speleology, were also present in many of the examined projects.

The main challenges identified in this work were the lack of time available in schools caused by changes in the agenda and state education guidelines, which were a significant barrier to interdisciplinary projects, including caves topic, which lost ground in the second half of 2023. In addition, communication problems between teachers and changes in contractual relationships made it difficult to engage with the project. The success of the initiatives varied according to the leadership of the coordinating teachers, especially when they had a connection with the

ciativas variou conforme a liderança de professores-coordenadores, especialmente quando estes tinham uma ligação com o tema das cavernas. A continuidade do projeto nos anos seguintes depende, portanto, de políticas institucionais ou da atuação de figuras de liderança comprometidas.

CONCLUSÕES

A análise dos dados coletados sobre os professores das escolas participantes do projeto revelou uma equipe docente experiente e diversificada, representativa de diferentes disciplinas e áreas de conhecimento. Embora conceitos como educação baseada no lugar, interdisciplinaridade e temas geradores sejam familiares, não há dados suficientes para confirmar que essas práticas sejam amplamente comuns nas escolas pesquisadas.

No campo da Geoconservação, a estratégia, os métodos adotados, os materiais gerados e a análise dos resultados desta pesquisa evidenciaram que ela se relacionou direta ou indiretamente com todas as etapas e objetivos propostos para a elaboração de estratégias de Geoconservação.

A pesquisa confirmou o potencial interdisciplinar e transversal do tema das cavernas, conforme avaliado pelos professores e demonstrado nos projetos escolares desenvolvidos, especialmente para os 8º e 9º anos do ensino fundamental.

O alinhamento com as habilidades e competências estabelecidas pelas diretrizes nacionais (BNCC) e estaduais (Currículo Paulista) ficou evidente tanto na avaliação dos professores, antes e após o projeto, quanto na comparação dos trabalhos dos alunos com os documentos orientadores.

A análise dos dados coletados antes e depois do projeto, juntamente com a observação dos tra-

topic of caves. The continuity of the project in the following years therefore depends on institutional policies or the actions of committed leaders.

CONCLUSIONS

Analysis of collected data on teachers from schools participating in the project revealed an experienced and diverse teaching staff, representing different disciplines and areas of knowledge. Although concepts such as place-based education, interdisciplinarity, and generative themes are familiar, there is insufficient data to confirm that these practices are widely common in the surveyed schools.

In the field of geoconservation, the strategy, methods adopted, materials generated, and analysis of the results of this research showed that it was directly or indirectly related to all stages and objectives proposed for the development of geoconservation strategies.

The research confirmed the interdisciplinary and cross-cutting potential of the caves topic, as assessed by teachers and demonstrated in the developed school projects, especially for the 8th and 9th grades of elementary school.

Alignment with the skills and competencies established by national (BNCC) and state (Currículo Paulista) guidelines was evident both in the teachers evaluation before and after the project and in the comparison of students' work with the guiding documents.

The data analysis collected before and after the project, together with observation of the students' final work, leads to the conclusion that the devel-

balhos finais dos alunos, permite concluir que a proposta educativa desenvolvida (PECI) teve um impacto significativo na compreensão do tema pelos estudantes e no desenvolvimento de questões regionais relacionadas ao reconhecimento, valorização do lugar e senso de pertencimento. Nesse contexto, a figura do professor-coordenador destacou-se como essencial, reforçando o princípio da educação baseada no lugar, ao utilizar experiências pessoais no reconhecimento e valorização do território na construção de uma cultura de pertencimento (sense of place) entre os alunos.

Os trabalhos finais apresentados mostraram uma ampla utilização de exemplos locais. Esses exemplos integraram não apenas o conhecimento científico associado ao ambiente subterrâneo, mas também questões mais amplas, como mudanças climáticas e aspectos históricos, culturais, sociais e econômicos.

Com base no engajamento e na profundidade demonstrados pelos alunos, é possível concluir que o tema das cavernas pode ser amplamente integrado às disciplinas do currículo escolar, assim como às disciplinas eletivas. Essa integração permite a conexão de saberes, o desenvolvimento da criatividade e a construção de novos conhecimentos pelos estudantes.

A análise do processo e dos resultados dos alunos também sugere que, apesar da falta de recursos em alguns contextos da educação pública, a resiliência e o entusiasmo com o tema foram capazes de superar essas limitações. Os materiais foram adaptados e utilizados de diferentes formas para enriquecer as apresentações, como maquetes, livretos e cenografias.

Considerando as Políticas Nacionais, os Objetivos de Educação Ambiental e as Diretrizes Nacionais

oped educational proposal (PECI) had a significant impact on the students' understanding of the topic and on the development of regional issues related to recognition, appreciation of the place, and sense of belonging. In this context, the role of the teacher-coordinator stood out as essential, reinforcing the principle of place-based education by using personal experiences in recognizing and valuing the territory to build a sense of belonging among students.

The final projects presented showed extensive use of local examples. These examples integrated not only scientific knowledge associated with the underground environment, but also broader issues such as climate change and historical, cultural, social, and economic aspects.

Based on the engagement and depth demonstrated by the students, it can be concluded that the caves topic can be widely integrated into school curriculum subjects, as well as elective subjects. This integration allows students to connect disciplines, develop creativity, and build new knowledge.

Analysis of the process and student results also suggests that, despite the lack of resources in some public education contexts, resilience and enthusiasm for the topic were able to overcome these limitations. The materials were adapted and used in different ways to enrich the presentations, such as models, booklets, and stage sets.

Considering National Policies, Environmental Education Objectives, and National Curriculum Guidelines for Environmental Education, the educational proposal presented reinforces the collective construction of a philosophy of valuing and respecting nature. Through interdisciplinary and cross-cutting approaches, the proposal encourages critical reflection on environmental and local issues, offers continuing education to teachers, and promotes the development of knowledge and skills related to

Curriculares de Educação Ambiental, a proposta educativa apresentada reforça a construção coletiva de uma filosofia de valorização e respeito à natureza. Por meio de abordagens interdisciplinares e transversais, a proposta estimula a reflexão crítica sobre questões ambientais e locais, oferece formação continuada aos docentes e promove o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades relacionados a aspectos físicos, psíquicos e sociais. Além disso, respeita a autonomia da dinâmica escolar e dos docentes no desenvolvimento do projeto.

No âmbito da gestão escolar, em todas as unidades foi observado o comprometimento da direção com o projeto e a liberdade de ação dos professores. Nesse contexto, o professor-coordenador desempenha um papel central, não apenas como líder, mas também como agente de planejamento, criação, inspiração e conexão entre sua disciplina e as demais, assumindo um protagonismo na escola.

Embora as análises indiquem um cenário favorável para o uso do tema das cavernas como gerador interdisciplinar em uma educação baseada no lugar, ainda existem desafios. Há um distanciamento entre o potencial teórico, pedagógico e de conteúdo disponível e as questões práticas relacionadas à execução e priorização do tema pelas unidades escolares locais. As contradições do contexto socioeconômico, as limitações estruturais do corpo docente e as diretrizes de ensino aparecem como barreiras à incorporação das cavernas, um patrimônio natural regional, como política contínua de educação baseada no lugar.

Por fim, conclui-se que a proposta educativa possibilita a ressignificação do conteúdo escolar tradicional, conferindo maior significado ao que é aprendido e ensinado. Ao despertar o fascínio

physical, psychological, and social aspects. In addition, it respects the autonomy of school dynamics and teachers in the development of the project.

In terms of school management, all units demonstrated management commitment to the project and freedom of action for teachers. In this context, the coordinating teacher plays a central role, not only as a leader, but also as a planning, creation and inspiration agent as well as being the connection between their subject and others, taking on a central role in the school.

Although analyses indicate a favorable scenario for using the caves topic as an interdisciplinary generator in place-based education, challenges remain. There is a gap between the theoretical, pedagogical, and content potential available and the practical issues related to the implementation and prioritization of the theme by local school units. The contradictions of the socioeconomic context, the structural limitations of the teaching staff, and the teaching guidelines appear as barriers to the incorporation of caves, a regional natural heritage, as a continuous place-based education policy.

Finally, it can be concluded that the educational proposal enables the reinterpretation of traditional school content, giving greater meaning to what is learned and taught. By awakening a fascination with caves and offering opportunities for the practical application of school content in the exploration of a real world of science, adventure, and discovery, students demonstrated greater enthusiasm and engagement in the learning process. This engagement translated into the formulation of conjectures and the practical and democratic construction of new knowledge.

pelas cavernas e oferecer oportunidades de aplicação prática dos conteúdos escolares na exploração de um mundo real de ciência, aventura e descoberta, os alunos demonstraram maior entusiasmo e envolvimento no processo de aprendizagem. Esse engajamento se traduziu na formulação de conjecturas e na construção prática e democrática de novos conhecimentos.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

BACCI, D.C., 2018, Educação para Geoconservação. IN: SANTOS, V.M.N, JACOBI, P.R. *Educação, Ambiente e Aprendizagem Social: reflexões e possibilidades à geoconservação e sustentabilidade*: Curitiba, CRV.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Portaria Nº 358, de 30 de setembro de 2009*. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cecav/orientacoes-e-procedimentos/legislacoes/pelo> (acessado Março 2024).

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_silva.pdf (acessado outubro 2022).

BUENO, S. L. D. S., SHIMIZU, R. M., MORAES, J. C. B., 2016, A remarkable anomuran: the taxon *Aegla* Leach, 1820, in Taxonomic remarks, distribution, biology, diversity and conservation. A global overview of the conservation of freshwater decapod crustaceans, p. 23-64.

COMPIANI, M. Por uma pedagogia crítica do lugar/ambiente no ensino de Geociências e na Educação Ambiental. In: BACCI, D. C. (org.). *Geociências e Educação Ambiental*: Curitiba, Ponto Vital, 2015.

DA SILVA, M. L. N., MANSUR, K. L., DO NASCIMENTO, M. A. L., 2018, Serviços ecossistêmicos da natureza e sua aplicação nos estudos da geodiversidade: uma revisão. In: *Anuário do Instituto de Geociências, IGeo/UFRJ*, v. 4,1 no. 2, p. 699-709. Disponível em: https://doi.org/10.11137/2018_2_699_709

DAVID-CHAVEZ, D. M., GAVIN, M. C. A global assessment of Indigenous community engagement in climate research. *Environmental Research Letters*, v. 13, nº. 12, p. 123005, 2018.

DE MOURA CARVALHO, I. C. A pesquisa em educação ambiental: perspectivas e enfrentamentos. *Pesquisa em Educação Ambiental*, v. 15, no. 1, p. 39-50, 2020.

FAZENDA, I.C.A. *Didática e interdisciplinaridade*. 13 ed. Campinas: Papirus, 2011.

- GARCIA, M. G. M., NASCIMENTO, M. A. L., MANSUR, K. L., & PEREIRA, R. G. F. A. Geoconservation strategies framework in Brazil: Current status from the analysis of representative case studies. *Environmental Science & Policy*, v. 128, p. 194–207, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.11.006>.
- JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade: *Cadernos de pesquisa*, v. 118, p. 189-205, 2003.
- KAKAZIAN, T. *Haverá a idade das coisas leves* [tradução de E. R. R. Heneault]: São Paulo, Editora Senac, 2005.
- KASTENS, K.A., MANDUCA, C.A. *Earth and Mind II - a synthesis of research on thinking and learning in the Geosciences*. Special Paper 486. Boulder: The Geological Society of America, 2012.
- MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M. *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. Nova York: North point press, 2010.
- MENIN, D. D. S., BACCI, D. D. L. C. Serviços Espeleossistêmicos: como caracterizar as cavernas sobre o ponto de vista da Economia Ecológica e dos Serviços Geossistêmicos? *Geologia USP, Série Científica*, v. 23, no. 3, p. 121-139, 2023.
- MENIN, D. S., BACCI, D. C. Qualification of Caves for Educational Use and Scientific Dissemination: a Methodological Proposal. *Geoheritage*, v. 15, no. 1, p. 29, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00789-x>.
- MENIN, D. S., BACCI, D. C. Avaliação de inventários e mecanismos de qualificação de cavernas pela perspectiva do uso educativo e da divulgação científica. *Geologia USP, Série Científica*, v. 22, no. 3, p. 3-17, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v22-184311>.
- MENIN, D. S., TOGNETTA, L. R. P., BACCI, D. C. As cavernas como tema interdisciplinar no ensino fundamental: *Revista Brasileira De Educação Ambiental RevBEA*, v. 17, no. 3, p. 72-91, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.13432>.
- MENIN, D. S. D. Cavernas, Educação e Comunicação Científica: Uma proposta metodológica. *Boletim Eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia*, São Paulo n. 425, p. 36-39, 2021. Disponível em: https://www.cavernas.org.br/sbe_noticias/sbe-noticias-425/.
- MENIN, D.S., TOGNETTA, L.R.P. Dizem que toda caverna é assim..., *Literatura infanto-juvenil*. Americana, SP: Adonis, 2019.
- MIRA, L. F., MARINHO, M. de A., LOBO, H. A. S. Monitoria ambiental e suas contribuições na gestão dos Parques Estaduais Caverna do Diabo, Ilha do Cardoso e Turístico do Alto Ribeira (Vale do Ribeira, SP). *Revista Brasileira De Ecoturismo (RBEcotur)*, v. 14, n. 5, 2021.
- MONTEIRO, C. V. A., DE SOUZA, L. A. S. Educação Ambiental: uma abordagem acerca da desinformação política e ambiental. *Agroamazon*, v. 3, no. 1, p. 267-279, 2024.

NOVAES, H. T. *Entidades de apoio e comunidades quilombolas: análise sobre o circuito quilombola de turismo comunitário do Vale do Ribeira*. São Paulo: Editora Oficina Universitária, 2022.

ORLANDO, R. S. Entre avanços e retrocessos: a trajetória da Política Nacional de Educação Ambiental: *Revista Brasileira de Educação Ambiental RevBEA*, v. 19, no. 3, p. 476-494, 2024.

SANTANGELO, G., BRAMANTI, L. September, Ecology through time, an overview. *Rivista Di Biologia Biology Forum*, v. 99, no. 3, p. 395, . set2006

SEMKEN, S., WARD, E. G., MOOSAVI, S., CHINN, P. W. U. Place-based education in geoscience: theory, research, practice, and assessment. *Journal of Geoscience Education*, v. 65, 542- 562, 2017. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1161333>. Acesso em: abril. 2022.

SEMKEN, S., FREEMAN, C. B. Sense of place in the practice and assessment of place based science teaching. *Science Education*, v. 92, no. 6, p. 1042-1057, 2008.

SEMKEN, S. Sense of place and place-based introductory geoscience teaching for American Indian and Alaska Native undergraduates. *Journal of Geoscience Education*, v. 53, n. 2, p. 149-157, 2005.

SOBEL, D., 2004, Place-based education: Connecting classrooms and communities. *Education for meaning and social justice*, v. 17, n. 3, p. 63-64, 2004.

STEWART, I. S., NIELD, T. Earth stories: context and narrative in the communication of popular geoscience. *Proceedings of the Geologists' Association*, v. 124, n. 4, p. 699-712, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.08.008>.

UNESCO. *United Nations Decade of Education for Sustainable Development 2004-2005. Draft International Implementation Scheme*. NewYork.: Escritório da UNESCO no Brasil, 2005.

UNESCO. *Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Objetivos de Aprendizagem*: Brasília, UNESCO, 2017.

URBAN, J., RADWANER-BAK, B., Margielewski, W. Geoheritage Concept in a Context of Abiotic Ecosystem Services (Geosystem Services) – How to Argue the Geoconservation Better? *Geoheritage*, v. 14, n. 2, p. 1-15, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00688-7>.

VAN REE, C. C. D. F., VAN BEUKERING, P. J. H. Geosystem services: A concept in support of sustainable development of the subsurface: Ecosystem Services, v. 20, p. 30-36, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.06.004>.

WOODHOUSE, J. L., KNAPP, C. E. Place-based curriculum and instruction: Outdoor and environmental education approaches. *Clearinghouse on Rural Education and Small Schools*, Appalachia Educational Laboratory, 2000.