

Qualidade posicional dos dados de localização das cavernas e as implicações para a gestão do patrimônio espeleológico brasileiro: o caso de Rio Branco do Sul - PR

Positional Accuracy of Cave Location Data and Implications for the Management of Brazilian Speleological Heritage: A Case Study from Rio Branco do Sul, Paraná

Edenilson Roberto do Nascimento *, Tony Vinícius Moreira Sampaio **, Denilson Mendes dos Santos ***, Alline Souza Pulcini ****, Giovana Gutstein Gnata *****

* Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná / Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP-Açungui), deni_ern@ufpr.br

** Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, tonsampaio@ufpr.br

*** Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de Rio Branco do Sul, Paraná, Brasil, denilson.mendes@riobrancodosul.pr.gov.br

**** Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, alline.geografia@gmail.com

***** Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, gnata@ufpr.br

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v65i1.103312>

Resumo

A qualidade dos dados de localização das cavidades naturais registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) é fundamental para a gestão, o monitoramento e o controle das condições ambientais das cavernas brasileiras. Desde sua criação, em 2004, o CANIE integrou dados de diferentes fontes, métodos e períodos históricos, incluindo registros anteriores à disseminação do uso de receptores GNSS, o que resultou em variações significativas de acurácia posicional. As cavidades cadastradas no município de Rio Branco do Sul (PR) representam essa heterogeneidade. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade posicional dos dados cadastrados no CANIE e atualizar o cadastro espeleológico municipal por meio de levantamentos GNSS de alta precisão e da implantação de marcos topográficos em campo. Os dados obtidos atenderam ao Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD) na escala 1:1000 e foram estruturados conforme a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), sendo posteriormente incorporados às bases do CANIE e do Cadastro Nacional de Cavernas (CNC). A comparação entre as coordenadas originalmente cadastradas e aquelas obtidas em campo para as cavidades analisadas em Rio Branco do Sul (PR) evidenciou inconsistências significativas, com erros posicionais variando de dezenas a centenas de metros, compatíveis com a escala 1:250.000 (PEC-PCD), revelando a fragilidade de parte dos registros históricos. Os resultados reforçam a necessidade de validação sistemática em campo das informações espeleológicas, especialmente para cadastros produzidos sem o emprego de tecnologias GNSS, de modo a subsidiar de forma eficaz a gestão e a proteção do patrimônio espeleológico nacional.

Palavras-chave:

Erro posicional, Levantamento GNSS de alta precisão, Cadastro espeleológico, Validação cartográfica.

Abstract

The quality of location data for natural caves recorded in the National Registry of Speleological Information (CANIE) is fundamental to the management, monitoring, and control of environmental conditions in Brazilian caves. Since its creation in 2004, CANIE has integrated data from different sources, methods, and historical periods, including records produced prior to the widespread use of GNSS receivers, resulting in significant variations in positional accuracy. The caves registered in the municipality of Rio Branco do Sul (Paraná State) exemplify this heterogeneity. In this context, the objective of this study was to assess the positional quality of the data recorded in CANIE and to update the municipal speleological registry through high-precision GNSS surveys and the establishment of topographic control points in the field. The data obtained met the Cartographic Accuracy Standard for Digital Cartographic Products (PEC-PCD) at a 1:1,000 scale and were structured in accordance with the National Spatial Data Infrastructure (INDE), subsequently being incorporated into the CANIE and the National Cave Registry (CNC) databases. The comparison between the originally registered coordinates and those obtained through field surveys for the caves analyzed in Rio Branco do Sul revealed significant inconsistencies, with positional errors ranging from tens to hundreds of meters, compatible with a 1:250,000 scale (PEC-PCD), thus exposing the fragility of part of the historical records. The results reinforce the need for systematic field validation of speleological information, especially for datasets produced without the use of GNSS technologies, in order to effectively support the management and protection of Brazil's speleological heritage.

Keywords:

Positional error, High-precision GNSS survey, Speleological database, Cartographic validation.

I. INTRODUÇÃO

O Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP-Açungui), especialmente nas décadas de 1980 e 1990, foi responsável pela coleta de grande parte dos dados hoje presentes no CANIE para o Paraná e, conseqüentemente, para o município de Rio Branco do Sul-PR (Figura 1). Esses registros, em geral, refletem as limitações técnicas anteriores à adoção da tecnologia GNSS. De modo resumido, a linhagem desses dados incluiu: (1) uso de cartas topográficas e fotografias aéreas para locação das cavidades; (2) registro analógico dos dados geoespaciais; (3) digitalização e transformação entre sistemas de referência (Córrego Alegre, SAD69 – 1ª e 2ª realização, Chuá Astro, e WGS84, atualmente para SIRGAS 2000); (4) manipulação digital; e (5) integração ao Cadastro Nacional de Cavernas (CNC) e ao CANIE.

Oliveira-Galvão (2014) destaca que uma das mudanças mais significativas na consolidação do CANIE foi a definição de parâmetros e métodos padronizados para a coleta de dados espeleológicos, formalizados pelo CECAV (2009). Essa padronização estabeleceu que as coordenadas das cavidades deveriam ser obtidas

preferencialmente por receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*), em coordenadas geográficas (graus decimais) e Datum WGS 84, posicionadas na entrada principal da cavidade ou na “base zero” topográfica. Quando essa coleta for “inviável”, recomenda-se o uso de um ponto âncora georreferenciado e posteriormente amarrado à base zero (Brasil, 2025).

Atualmente, conforme publicado na página oficial do CECAV, a localização das cavidades deve ser obtida por equipamento de GPS (melhor descrito como tecnologia GNSS), utilizando coordenadas geográficas em graus decimais, Datum SIRGAS 2000, e com captação de sinais provenientes de no mínimo quatro satélites bem distribuídos na constelação. O erro posicional máximo admitido é de 15 metros (ideal de 3 m, preferencialmente até 10 m), devendo o ponto ser coletado na entrada principal, onde se localiza a base topográfica zero.

Considerando que a gestão do patrimônio espeleológico — especialmente após a Resolução CONAMA nº 347, que estabelece área de influência de 250 m ao redor de cavernas sem estudos prévios — depende fundamentalmente da localização precisa das cavidades, torna-se evidente a importância da componente espacial. No entanto, Ferreira (2019), com base em dados do Tribunal de Contas da União (TCU), constatou que apenas 8,7% das cavidades registradas no CANIE haviam sido validadas em campo até 2014.

Observa-se ainda a escassez de estudos com enfoque cartográfico dedicados aos métodos de locação e validação posicional de cavidades. A literatura tende a privilegiar abordagens espeleométricas, problemas de topografia interna, cálculo de área, volume e desenvolvimento linear, caracterizações geotécnicas e modelagem preditiva de ocorrência.

Diante desse cenário, a definição precisa da posição e a materialização de referenciais topográficos *in loco* para cada cavidade apresentam-se como estratégia metodológica eficaz para a validação posicional dos dados do CANIE, especialmente para registros prévios à disseminação da tecnologia GNSS (referida como GPS pelo CECAV).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar os procedimentos metodológicos e os resultados do projeto “Atualização e adequação do cadastro das informações espeleológicas do município de Rio Branco do Sul - PR”, desenvolvido no âmbito do Edital de Chamada Pública nº SBE 01/2023 – Ampliando Rotas. O projeto revisou a localização das 47 cavidades registradas no município segundo o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE, 2022).

A pesquisa aborda ainda os problemas relativos à qualidade posicional dos dados e evidencia a necessidade de ampliação dos levantamentos de campo com emprego de técnicas adequadas para melhoria das informações geoespaciais das cavernas brasileiras.

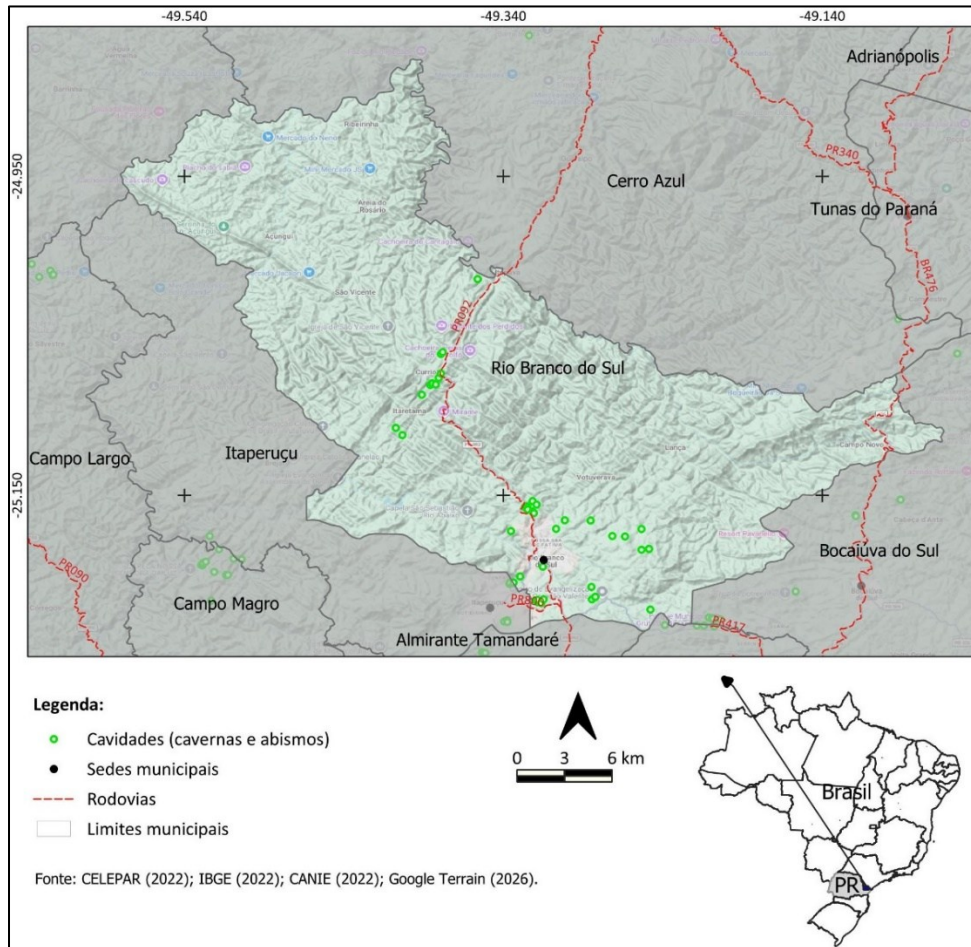


Figura 1 – Localização do município de Rio Branco do Sul-PR (destacado na figura) e localização das cavidades naturais segundo o CANIE (2022).

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme o mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná (Santos et al., 2006), o município de Rio Branco do Sul localiza-se no Cinturão Orogênico do Atlântico, subdividido em quatro unidades morfoesculturais representadas por planaltos dissecados de alto grau de entalhamento, drenados pela bacia do rio Ribeira. A evolução geológica, segundo Fiori (1994), inclui eventos tectônicos que fraturaram, falharam e metamorfizaram os litotipos neoproterozoicos do Grupo Açungui. Essas deformações, especialmente as de caráter rúptil, influenciam diretamente a paisagem cárstica regional. As faixas metacalcárias que abrigam as cavidades ocupam 44% da área do município e possuem direção NE–SW (Bigarella, 1953).

O clima predominante é do tipo Cfb, segundo Köppen, caracterizado como mesotérmico temperado e úmido, com verão ameno, chuvas bem distribuídas ao longo do ano (1100–2000 mm), temperaturas médias inferiores a 22 °C no mês mais quente e ocorrência anual de dez a vinte e cinco dias de geada.

As informações de localização das cavidades presentes no município de Rio Branco do Sul – PR foram obtidas junto a base de dados do CANIE (2022), o qual é formado por dados de diferentes épocas e métodos de aquisição. Além da base de dados do CANIE, foram considerados os dados adquiridos e sistematizadas pelo Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP-Açungui) desde a década de 1980, os quais, embora já integrados ao CANIE, foram úteis para dirimir dúvidas quanto à localização e à toponímia correta das cavernas, além de fornecer descrições mais adequadas para a identificação das cavidades durante os levantamentos.

Para a localização das cavidades em campo foram analisadas as imagens de satélites disponibilizadas pelo Google Earth Pro (2024), considerando a série temporal entre os anos 1990 e 2020. A análise conjunta das imagens de satélite e dos pontos de localização das cavidades permitiu a definição dos melhores acessos e orientação para a localização das cavidades em campo. A integração de dados espaciais para realização dos levantamentos de campo (dados raster e vetorial) foi realizada no software OruxMaps GP (smartphone) e em um aparelho GNSS Garmin modelo GPSMAP 65s multi-band.

A implantação dos marcos topográficos e a materialização da referência espacial para cada cavidade priorizou a proximidade em relação à sua respectiva entrada (base zero) e considerou dois fatores limitantes principais: 1) o multicaminhamento do sinal GNSS em função da interação com as superfícies, especialmente com o relevo e a vegetação - atenuado com o afastando dos maciços rochosos e instalação da antena receptora em áreas com vegetação menos densa (área de clareiras naturais ou abertas para o rastreamento de dados GNSS) e 2) presença de solo para a penetração da haste metálica e fixação do marco topográfico (Figura 2) com uso do “furão” (instrumento metálico para a perfuração do solo).

Para a implantação dos marcos topográficos foram realizados rastreios de sinais de constelações GNSS e definição das coordenadas referentes às suas posições em campo. Foi utilizado um receptor GNSS de dupla frequência (ArduSimple - RTK Calibrated) de nível centimétrico multibanda (L1, L2) com multifrequência e multiconstelação. A altura da antena receptora foi posicionada a 2 m (dois metros) de altura em relação à posição central da plaqueta metálica do marco topográfico (Figura 2). A única exceção ocorreu na Gruta do Estilo, onde a entrada situa-se em uma bancada desativada de frente de lavra, sem espessura de solo adequada para a fixação do marco e com altura inferior a 2 m, impossibilitando o posicionamento padrão da antena.

Em locais com cobertura de internet móvel foi utilizado Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) para correção diferencial em tempo real entre o receptor instalado sobre o marco topográfico e a Estação Curitiba-UFPR e/ou Pinhas (PRPI), ambas com distância inferior a 20 km das áreas de interesse e pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC).

Para a aquisição de dados GNSS em locais sem a cobertura de dados móveis adotou-se o tempo de rastreamento de 40 minutos e frequência de 5Hz, intervalo de tempo suficiente para o registro de informações posicionais representativas. O pós-processamento, para correção com base nos dados da RBMC, foi realizado no software Emlid Studio 1.7.

Para otimizar as etapas de campo e reduzir o tempo de rastreamento de dados GNSS em áreas sem cobertura de dados móveis, foi utilizada, de forma pontual, uma antena receptora de sinal de internet via satélite (Starlink), permitindo a realização de correções diferenciais em tempo real e a obtenção de coordenadas com acurácia submétrica com tempo de rastreamento de cerca de 5 minutos. Para cada marco topográfico implantado foi confeccionada a “Monografia do ponto”, para a descrição detalhada das informações, em especial posicionais, de cada marco topográfico implantado.

Os dados geoespaciais de cada cavidade foram estruturados segundo as normas da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) versão 3.0, como a classe “Gruta_Caverna” pertencente à Categoria “Relevo” (REL), instanciável em todas as escalas e primitiva geométrica ponto, conforme a tabela de aquisição de objetos da ET-ADGV. Para a estruturação dos dados em concordância com a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) foi utilizado o Complemento DSG Tools, instalado no Software QGIS, e os dados espaciais e não-espaciais foram armazenados em banco de dados geoespaciais gerenciado pelo PostgreSQL/PostGIS.



Figura 2 — Sistema receptor instalado sobre marco topográfico para a obtenção de dados de rastreamento GNSS (Gruta Taici I) e definição das coordenadas (Latitude e Longitude) e da altitude.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os levantamentos de campo permitiram localizar 42 cavidades no município de Rio Branco do Sul - PR, sendo 29 correções posicionais de cavernas cadastradas no CANIE (2022) e 13 novas cavernas cadastradas durante os levantamentos de campo (Quadros 1 e 2). Observou-se que algumas cavidades cadastradas nas décadas de 1980 e 1990 foram destruídas parcial ou integralmente pela atividade minerária, o que confirma os relatos de moradores, espeleólogos e dados da Prefeitura Municipal que afirmam que diversas cavernas foram suprimidas nos anos 2000.

Os dados posicionais obtidos para as 29 correções espaciais evidenciam diferenças relevantes em relação às coordenadas originalmente cadastradas no CANIE (2022) e àquelas obtidas em campo para a implantação dos marcos topográficos nas entradas das cavidades (Tabela 1). Os erros posicionais variaram entre 13 m e 772 m. As maiores distâncias foram observadas na Gruta da Piedade, cerca de 670 m, e na Gruta da Boa Vista II, com aproximadamente 772 m de erro posicional. Por outro lado, os menores erros posicionais foram registrados na Gruta Taici II (~13 m) e no Abismo do Deslize (~17 m).

A mediana dos erros posicionais foi de aproximadamente 58 m. O primeiro quartil (Q1) apresentou valor em torno de 29 m, indicando que 25% das cavidades analisadas apresentam erros posicionais iguais ou inferiores a esse valor, enquanto o terceiro quartil (Q3) situou-se em aproximadamente 130 m, indicando que 75% dos registros apresentam desvios posicionais inferiores a cerca de 130 m. O intervalo interquartil foi de aproximadamente 101 m, refletindo a dispersão dos valores centrais do conjunto de dados. Os testes de normalidade de Shapiro–Wilk ($W = 0,6025$; $p < 0,001$) e Jarque–Bera ($JB = 66,79$; $p < 0,001$) indicaram que os dados não seguem distribuição normal. Em função dessa característica, a análise descritiva foi conduzida com base em estatísticas não paramétricas. O percentil 90 das distâncias foi de 337 m, valor que sintetiza a magnitude dos maiores desvios observados no conjunto de dados analisado (Tabela 2).

A distribuição dos erros posicionais apresentou assimetria à direita, com concentração de valores abaixo de 100 m e presença de registros com desvios superiores a 300 m. Esses valores extremos encontram-se acima do limite superior definido pelo critério do intervalo interquartil, caracterizando outliers estatísticos no conjunto analisado (Figura 3).

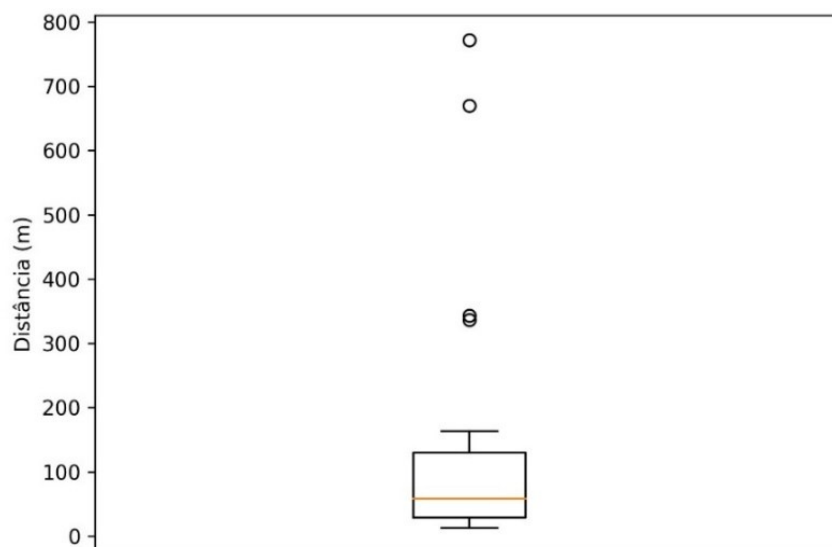


Figura 3 — Boxplot das distâncias entre os dados posicionais cadastrados no CANIE (2022) e as coordenadas obtidas em campo ($n = 29$). A caixa representa o intervalo interquartil, a linha central a mediana e os pontos indicam valores extremos.

Em função da assimetria observada e da presença de valores extremos, a análise foi conduzida com base em estatísticas não paramétricas, priorizando medidas de posição e dispersão. Os resultados dos testes de normalidade são apresentados na Tabela 3.

Quadro 1 – Cavernas descobertas e cadastradas durante o desenvolvimento da pesquisa.

Cavidade (caverna e abismos)	UF	Município	Localidade	Situação da cavidade (2024)
Gruta da Dúvida	PR	Rio Branco do Sul	Bacaetava	Marco Topográfico implantado
Gruta do Batismo	PR	Rio Branco do Sul	Bacaetava	Marco Topográfico implantado
Fenda do Cristoph	PR	Rio Branco do Sul	Bacaetava	Marco Topográfico implantado
Gruta Norte	PR	Rio Branco do Sul	Bacaetava	Marco Topográfico implantado
Gruta dos Causos	PR	Rio Branco do Sul	Bacaetava	Marco Topográfico implantado
Boa Vista III	PR	Rio Branco do Sul	Boa Vista	Marco Topográfico implantado
Abismo sem Nome	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Gruta do Pinheiro	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Toca do Ferrão	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Gruta de Campestrinho IV	PR	Rio Branco do Sul	Campestre	Marco Topográfico implantado
Gruta TA 03	PR	Rio Branco do Sul	Itaretama	Marco Topográfico implantado
Gruta TA 15	PR	Rio Branco do Sul	Olaria	Marco Topográfico implantado
Gruta do Treze	PR	Rio Branco do Sul	Paiol de Baixo	Marco Topográfico implantado

Fonte: CANIE (2022) e Autores.

A figura 4 apresenta a posição dos 29 marcos topográficos implantados nas cavernas localizadas em campo e suas respectivas posições cadastradas no CANIE (2022). Cabe ressaltar que a diferença dos limites municipais entre o mapeamento do Governo do Estado do Paraná (2014) e os limites definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022, motivou a inclusão de algumas cavernas anteriormente cadastradas no município de Bocaiúva do Sul – PR, no cadastro de cavernas pertencentes ao município de Rio Branco do Sul – PR, são elas: Gruta do Batismo, Fenda do Cristoph, Gruta da Dúvida. Duas novas cadastradas, a Gruta Norte e a Gruta dos Causos (Quadro 1).

As cavernas apresentadas com a informação “Marco Topográfico Implantado”, tiveram seus dados posicionais corrigidos (quadro 1) ou inseridos (quadro 2) nas bases de dados do CANIE-CECAV e CNC-SBE.

Quadro 2 – Cavernas cadastradas no CANIE (2022) consideradas na pesquisa (as cores empregadas no quadro distinguem as cavernas em diferentes situações).

Cavidade (caverna e abismos)	UF	Município	Localidade	Situação da cavidade (2024)
Gruta do Bento	PR	Rio Branco do Sul	Areias	Marco Topográfico implantado
Gruta dos Ossos	PR	Rio Branco do Sul	Areias	Área particular não acessada (Relato de destruição)
Gruta Rio Branco I	PR	Rio Branco do Sul	Areias	Marco Topográfico implantado
Gruta Rio Branco II	PR	Rio Branco do Sul	Areias	Não localizada (relato de destruição)
Gruta Boa Vista I	PR	Rio Branco do Sul	Boa Vista	Destruída pela mineração
Gruta Boa Vista II	PR	Rio Branco do Sul	Boa Vista	Destruído pela mineração

Gruta de Bom Jardim I	PR	Rio Branco do Sul	Bom Jardim	Não localizada (relato de destruição)
Gruta de Bom Jardim II	PR	Rio Branco do Sul	Bom Jardim	Não localizada (relato de destruição)
Gruta Queimada I	PR	Rio Branco do Sul	Bom Jardim	Marco Topográfico implantado
Gruta Queimada II	PR	Rio Branco do Sul	Bom Jardim	Área particular não acessada (Relato de destruição)
Gruta Último Suspiro	PR	Rio Branco do Sul	Bom Jardim	Área particular não acessada (Relato de destruição)
Abismo de Bromado	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Abismo do Deslize	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Abismo do Erro	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Área particular não acessada (Relato de destruição)
Abismo Itaretama	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Área particular não acessada
Gruta da Caveira	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Gruta de Bromado I	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Gruta de Bromado II	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Gruta de Taici I	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Gruta de Taici II	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Gruta do Abelheiro	PR	Rio Branco do Sul	Bromado	Marco Topográfico implantado
Gruta da Cachimba	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Gruta do Chocolate	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Gruta do Cotovelo	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Gruta do Edifício	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Gruta do Pilãozinho	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Gruta do Sapato	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Gruta Primeiro de Abril	PR	Rio Branco do Sul	Cachimba	Marco Topográfico implantado
Caverna Campestrinho I (Gruta de Itacolombo)	PR	Rio Branco do Sul	Campestre	Marco Topográfico implantado
Gruta de Campestrinho II	PR	Rio Branco do Sul	Campestre	Não localizada (relato de destruição)
Gruta de Campestrinho III	PR	Rio Branco do Sul	Campestre	Não localizada (relato de destruição)
Gruta Campina dos Pintos	PR	Rio Branco do Sul	Campina dos Pintos	Não localizada em campo
Gruta Curriola	PR	Rio Branco do Sul	Itaretama	Não localizada em campo
Gruta Itaretama	PR	Rio Branco do Sul	Itaretama	Não localizada em campo
Gruta da Lancinha	PR	Rio Branco do Sul	Lancinha	Marco Topográfico implantado
Gruta de Paiol do Fundo	PR	Rio Branco do Sul	Paiol do Fundo	Marco Topográfico implantado
Gruta do Estilo	PR	Rio Branco do Sul	Paiol do Fundo	Marco Topográfico implantado
Gruta de Pessegueiro	PR	Rio Branco do Sul	Pessegueiro	Marco Topográfico implantado
Gruta da Piedade	PR	Rio Branco do Sul	Piedade	Marco Topográfico implantado
Abismo Saivá	PR	Rio Branco do Sul	Saivá	Não localizada (relato de destruição)
Buraco da Araucária	PR	Rio Branco do Sul	Saivá	Não deveria ter sido cadastrada (não se enquadra como cavidade)
Buraco das Andorinhas	PR	Rio Branco do Sul	Saivá	Não deveria ter sido cadastrada (não se enquadra como cavidade)
Gruta do Garrafão	PR	Rio Branco do Sul	Saivá	Não deveria ter sido cadastrada (não se enquadra como cavidade)
Gruta Ninho do Urubu	PR	Rio Branco do Sul	Saivá	Marco Topográfico implantado
Gruta de Toquinhas	PR	Rio Branco do Sul	Toquinhas	Marco Topográfico implantado

Gruta da Casa	PR	Rio Branco do Sul	Zona Urbana	Marco Topográfico implantado
Gruta da Toca	PR	Rio Branco do Sul	Zona Urbana	Marco Topográfico implantado

Fonte: CANIE (2022) e Autores.

Tabela 1 – Dados de distância entre as a posição obtida diretamente em campo (GNSS) e a posição cadastrada no CANIE (2022).

Cavidade (cavernas e abismos)	Distância (m)
Taici II	13
Abismo de Bromado	17
Abismo do Deslize	20
Dúvida	22
Primeiro de Abril	23
Casa	25
Abelheiro	26
Ninho do Urubu	29
Christoph	32
Paiol do Fundo	37
Edifício	37
Sapato	39
Bento	48
Pilãozinho	53
Campestrinho I	58
Taici I	58
Rio Branco I	68
Estilo	85
Pessegueiro	86
Chocolate	93
Cotovelo	111
Toquinhas	130
Bromado I	136
Cachimba	142
Bromado II	163
Caveira	336
Lancinha	343
Piedade	670
Boa Vista II	772

Fonte: Os autores.

Quatro cavidades (destacadas em negrito na Tabela I), que representam 14% das 29 cavidades que tiveram suas posições corrigidas, apresentam erros posicionais superiores a distância definida para a área de influência de 250 m a ser protegida, conforme Resolução CONAMA nº 347.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos erros posicionais observados em relação ao cadastro do CANIE (2022).

Estatística	Valores
Universo amostral	29 cavidades
Distância mínima	13 m
1º Quartil (Q1)	29 m
Mediana	58 m
3º Quartil (Q3)	130 m
Distância máximo	772 m
Intervalo interquartil (IQR)	101 m
Amplitude	759 m

Fonte: Os autores.

Tabela 3 – Os testes de normalidade dos erros posicionais observados em relação ao CANIE (2022).

Teste	Estatística	p-valor
Shapiro–Wilk	W = 0,6025	< 0,001
Jarque–Bera	JB = 66,79	< 0,001
Jarque–Bera (Monte Carlo)	-	0,0001

Fonte: Os autores.

IV. CONCLUSÕES

A obtenção de posicionamento submétrico e a materialização de referenciais físicos para as cavidades naturais do município de Rio Branco do Sul – PR, tanto para aquelas recém-cadastradas quanto para as cavidades já registradas e posicionalmente corrigidas nas bases do CANIE e do CNC, permitiram a atualização e qualificação das informações espeleológicas municipais. Os procedimentos adotados possibilitaram a geolocalização inequívoca de mais de 40 cavidades, reduzindo incertezas associadas aos cadastros históricos.

Os métodos empregados, com destaque para a implantação de marcos topográficos nas proximidades das entradas das cavidades, definem um referencial cartográfico consistente e duradouro, passível de utilização pelo poder público, por pesquisadores e por demais agentes envolvidos na gestão do patrimônio espeleológico e cárstico regional. Embora os bancos de dados oficiais adotem atualmente a declaração de coordenadas com precisão compatível à escala 1:1000, a obtenção de dados submétricos em campo amplia o potencial de uso dessas informações, especialmente como referência confiável para a amarração de levantamentos topográficos realizados no interior das cavidades naturais.

Os resultados evidenciam que a ausência de validação posicional sistemática pode comprometer significativamente a gestão do patrimônio espeleológico, sobretudo em contextos de intensa pressão antrópica. Assim, a adoção de procedimentos padronizados de levantamento GNSS de alta precisão e a materialização de referenciais topográficos em campo configuram uma estratégia metodológica replicável, capaz de subsidiar a revisão e a qualificação de cadastros espeleológicos históricos em outros municípios e regiões do país, contribuindo para maior efetividade das políticas públicas de proteção e para o fortalecimento da segurança jurídica associada a esses territórios, em consonância com os objetivos do Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade – IABS / Edital de Chamada Pública Nº 01/2023 (Edital Ampliando Rotas) / Item X da Cláusula Segunda do TCCE nº 1/2022/ICMBio / Pesquisa e Conservação do Patrimônio Espeleológico Nacional (Vale do Rio Doce, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - ICMBio/Cecav, Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE) pelo financiamento do trabalho, à Prefeitura Municipal de Rio Branco do Sul pela cooperação técnica e à empresa Votorantim Cimentos pelo apoio ao acesso às áreas.

V. REFERÊNCIAS

- BIGARELLA, J. J. Estudos preliminares na Série Açungui III – rochas calcárias da faixa central e sua classificação. *Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba*, v. 8, art. 21, p. 473–502, 1953.
- BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Rotina de procedimentos – coleta de dados de localização de cavernas. Brasília: ICMBio, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/cadastro-nacional-de-informacoes-espeleologicas/rotina-de-procedimentos-coleta-de-dados-de-localizacao-de-cavernas>. Acesso em: 09 dez. 2025.
- CADASTRO NACIONAL DE INFORMAÇÕES ESPELEOLÓGICAS (CANIE). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). Base de dados Brasil. Brasília, 2022. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- FERREIRA, G. L. B. V. O CANIE e a gestão do patrimônio espeleológico no Brasil. *Revista Direito Ambiental e Sociedade, Caxias do Sul*, v. 8, p. 257–280, 2019.
- FIORI, A. P. Evolução geológica da Bacia Açungui. *Boletim Paranaense de Geologia, Curitiba*, n. 42, p. 1–27, 1994.
- GOOGLE EARTH PRO. Google Earth Pro, versão 7.3.6.9796 (64-bit). Imagens: Airbus; Maxar Technologies; Landsat/Copernicus; TerraMetrics; DigitalGlobe. 2023. Disponível em: <http://www.earth.google.com>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- SANTOS, L. J. C.; FIORI, C. O. ; CANALI, N. E. ; FIORI, A. P. ; SILVEIRA, C. T. ; SILVA, J. M. F. ; ROSS, J. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 7, p. 3, 2010.
- NASCIMENTO, E. R.; SESSEGOLO, G. C.; BERRA, E. F.; SILVEIRA, C. T.; SAMPAIO, T. V. M. A mineração em rochas carbonáticas na Região Metropolitana de Curitiba – PR: desafios para a preservação do patrimônio cárstico e espeleológico. *Revista RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba*, v. 59, p. 43–58, 2024.
- OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C. A base de dados geoespacializados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). *Revista Brasileira de Espeleologia, Campinas*, v. 1, n. 4, 2014.
- ASPRS. ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 81, n. 3, p. 1–26, 2015.