

Carste e a valoração científica da Geodiversidade: o caso de Paraúna, Goiás, Brasil

Karst and the Scientific Valuation of Geodiversity: The Case of Paraúna, Goiás, Brazil

Guilherme Lima Brasil dos Santos

Doutorando em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Brasil

guilhermelbrasil@gmail.com

André Augusto Rodrigues Salgado

Prof. do Curso de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Brasil

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - C

salgado@ufg.br

Luiz Eduardo Panisset Travassos

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC Minas, Brasil

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - C

luizepanisset@gmail.com

Antônia Beatriz Ferreira Andrade

Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Brasil

beatrizadrade501@gmail.com

Resumo

Geopatrimônio compreende sítios, geoformas e paisagens de valor científico, educativo, turístico e cultural, cuja adequada valoração é fundamental para orientar ações de geoconservação. Em Paraúna (GO), destacam-se dois geopatrimônios cársticos não tradicionais, desenvolvidos em arenitos siliciclásticos: a Serra das Galés e a Ponte de Pedra. Este artigo tem como objetivo comparar o valor científico desses geopatrimônios e avaliar criticamente a aplicação da ficha de valoração proposta por Moura-Fé (2024) ao contexto dos geopatrimônios brasileiros, propondo ajustes metodológicos quando necessário. A pesquisa envolveu revisão bibliográfica, trabalhos de campo, registro e mapeamento de geoformas, amostragem de materiais e análises mineralógicas por difração de raios X, além da aplicação da ficha original e de uma versão adaptada aos dois geopatrimônios. Os resultados indicam que a ficha original tende a supervalorizar critérios institucionais e de reconhecimento formal, favorecendo o geossítio da Serra das Galés, enquanto subestima a raridade geomorfológica e a complexidade interna da Ponte de Pedra. A ficha revisada, com maior ênfase em critérios intrínsecos (representatividade, raridade e diversidade de formas), resultou em uma hierarquização mais coerente com as características excepcionais da Ponte de Pedra. Conclui-se que a metodologia reformulada contribui para aperfeiçoar a valoração científica de geopatrimônios cársticos não tradicionais, oferecendo subsídios para inventários, diagnósticos e estratégias de geoconservação em escala regional.

Palavras-chave: Geopatrimônio, Patrimônio Geomorfológico, Fluvio-carste, Arenito.

Abstract

Geoheritage comprises sites, landforms, and landscapes of scientific, educational, touristic, and cultural value, whose proper assessment is fundamental to guiding geoconservation actions. In Paraúna (Goiás State, Brazil), two non-traditional karst geoheritage sites developed in siliciclastic sandstones stand out: Serra das Galés and Ponte de Pedra. This article compares the scientific value of these geoheritage sites. It critically evaluates the application of the assessment sheet proposed by Moura-Fé (2024) to the Brazilian geoheritage context and proposes methodological adjustments when necessary. The research involved a literature review, fieldwork, recording and mapping of landforms, sampling of materials, and mineralogical analyses by X-ray diffraction, in addition to applying the original sheet and an adapted version to both geoheritage sites. The results indicate that the original sheet tends to overemphasise institutional and formal recognition criteria, favouring the Serra das Galés geosite while underestimating the geomorphological rarity and internal complexity of Ponte de Pedra. The revised sheet, with greater emphasis on intrinsic criteria (representativeness, rarity and diversity of forms), produced a hierarchy more consistent with the exceptional characteristics of Ponte de Pedra. The reformulated methodology improves the scientific valuation of non-traditional karst geoheritage and supports inventories, diagnoses, and geoconservation strategies at a regional scale.

Keywords: Geoheritage, Geomorphological heritage, Fluviokarst, Sandstone.

INTRODUÇÃO

O estudo dos geopatrimônios estrutura-se frequentemente a partir da tríade geodiversidade, geoconservação e geoturismo, elementos interdependentes que orientam a identificação, a valorização, a preservação e o uso sustentável dos recursos naturais (Nascimento, Ruchkys e Mantesso-Neto, 2008). A geoconservação busca garantir a proteção e o manejo adequados desse patrimônio (Sharples, 2002), enquanto o geoturismo atua como ferramenta de divulgação e valorização, com contribuições para a educação ambiental e o desenvolvimento local (Hose, 2000).

O patrimônio geomorfológico, uma das categorias do geopatrimônio, corresponde a geoformas reconhecidas como locais de interesse a partir de comparações qualitativas e quantitativas de sua relevância e beleza cênica (Pereira; Pereira; Alves, 2007). Trata-se do conjunto de sítios geomorfológicos, ou geomorfossítios (Reynard, 2004), associados sobretudo ao valor científico das formas e dos processos que registram a história da Terra (Grandgirard, 1999; Mazzucato *et al.*, 2024). Já o geossítio é a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade dotados de valor singular (Brilha, 2005) e constitui, em geral, uma unidade menor de um geopatrimônio.

Esses conceitos também se aplicam a paisagens cársticas que reúnem diferentes categorias do patrimônio natural e cultural (Lobo; Boggiani, 2013; Timo; Travassos, 2022). O carste é um relevo caracterizado por geoformas resultantes de processos de dissolução associados a sistemas hídricos subterrâneos (Piló, 2000; Ford e Williams, 2007; De Waele e Gutiérrez, 2022). Embora comumente associado a rochas carbonáticas, dada sua alta suscetibilidade às reações químicas com a água, o carste ocorre também em outras litologias (Klimchouk, 2015; Travassos, 2019), como evaporitos (halita, gipsita e anidrita; Lowe, 1992),

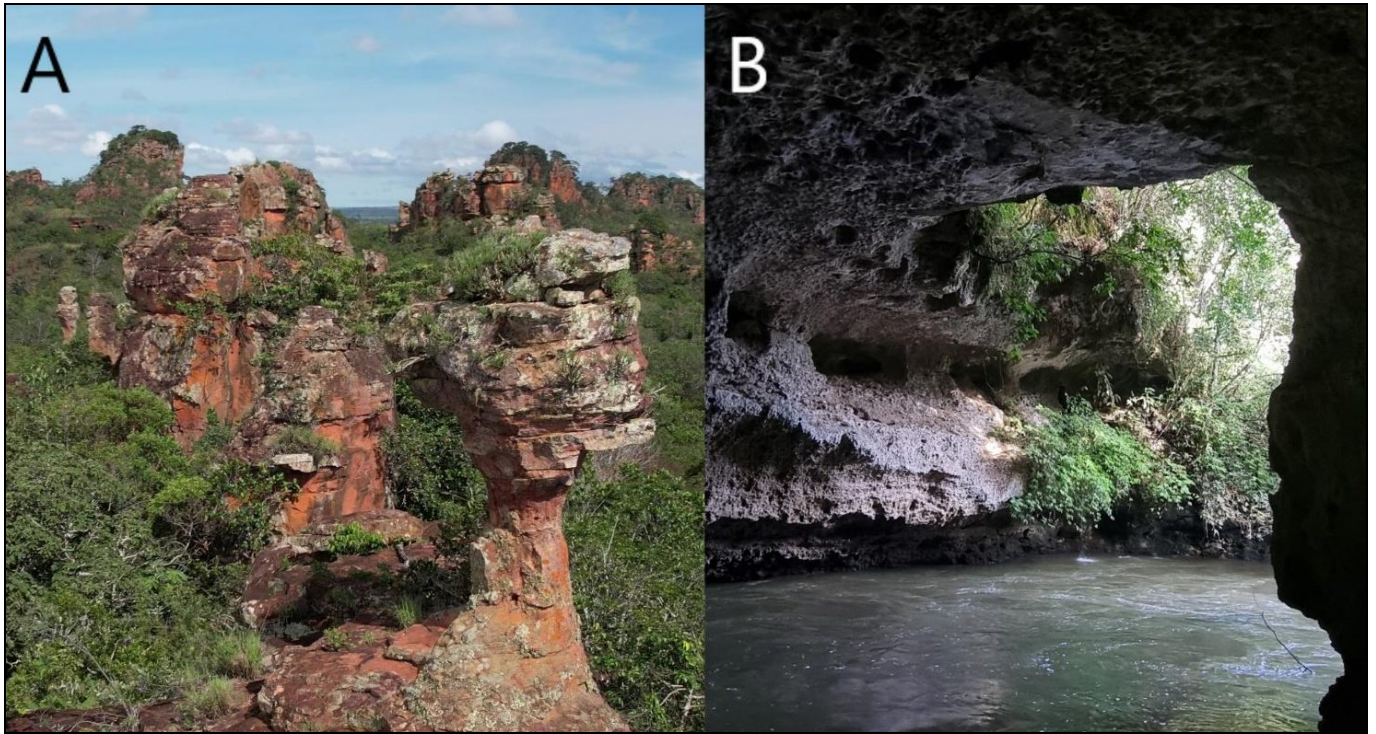
arenitos e quartzitos (Wray, 1997; Andreychouk *et al.*, 2009). Nas rochas siliciclásticas, a dissolução do quartzo e dos cimentos, ainda que lenta, basta para romper os contatos intergranulares e desagregar a rocha — a arenização, hoje reconhecida como o principal mecanismo de carstificação nessas litologias (Sauro, 2014; Wray e Sauro, 2017) —, e o carste é classificado como não tradicional. Feições de dissolução ocorrem ainda em rochas cristalinas, como os karren e gnammas dos inselbergues graníticos do Nordeste brasileiro (Santos *et al.*, 2024), exemplos de pseudocarste.

Os processos geomorfológicos no carste originam paisagens de múltiplos valores — estético, turístico, cultural, didático e científico (Gray, 2004; Brilha, 2005; Oliveira; Rodrigues, 2014). Hamilton-Smith (2007) reconhece, no geopatrimônio cárstico, os valores (1) estético e cênico, (2) de biodiversidade, (3) de história geoambiental, (4) de composição e química mineral e (5) de história cultural, estrutura que orienta a seleção de áreas cársticas para proteção internacional, inclusive na Lista do Patrimônio Mundial, em que a raridade dos processos e a integridade dos sistemas pesam mais do que o reconhecimento formal prévio (Williams, 2008). Águas cristalinas, cavernas, pontes e arcos rochosos, por sua vez, são frequentemente alvo de forte valorização turística devido à sua beleza cênica (Lobo *et al.*, 2007).

O valor científico expressa a relevância dos elementos da geodiversidade para o avanço do conhecimento, sobretudo das relações entre os geossistemas (Pereira, 2010; Brilha, 2016; Reynard e Brilha, 2018). Sua mensuração apoia-se em critérios como representatividade, raridade, integridade e conhecimento científico associado, sistematizados em protocolos de avaliação de geomorfossítios desenvolvidos nas duas últimas décadas (Reynard, Coratza e Regolini-Bissig, 2009; Pereira e Pereira, 2010). Esses elementos devem ser conservados pelo que representam, independentemente de seu uso científico imediato (Moura-Fé, 2024).

Em Paraúna (GO), destacam-se dois geopatrimônios cársticos não tradicionais centrais para a identidade local: as geoformas ruiformes da Serra das Galés, no Parque Estadual de Paraúna (Figura 1A), e a RPPN Ponte de Pedra, fluviocarste atrativo pela beleza cênica e pela importância turística (Figura 1B). Distantes apenas 50 km e com evidências de processos cársticos semelhantes, representam, contudo, formas contrastantes: a Serra das Galés é um conjunto de torres e pináculos que configura um relevo ruiforme em arenito, categoria sistematizada em escala global por Migoñ, Duszyński e Goudie (2017), e a Ponte de Pedra, um fluviocarste arenítico típico do carste não tradicional, inclusive com espeleotemas.

Figura 1: Geopatrimônios em Paraúna/GO. A) Visão parcial dos relevos ruiniformes da Serra das Galés; B) Visão parcial do interior da Ponte de Pedra.



Fonte: acervo dos autores.

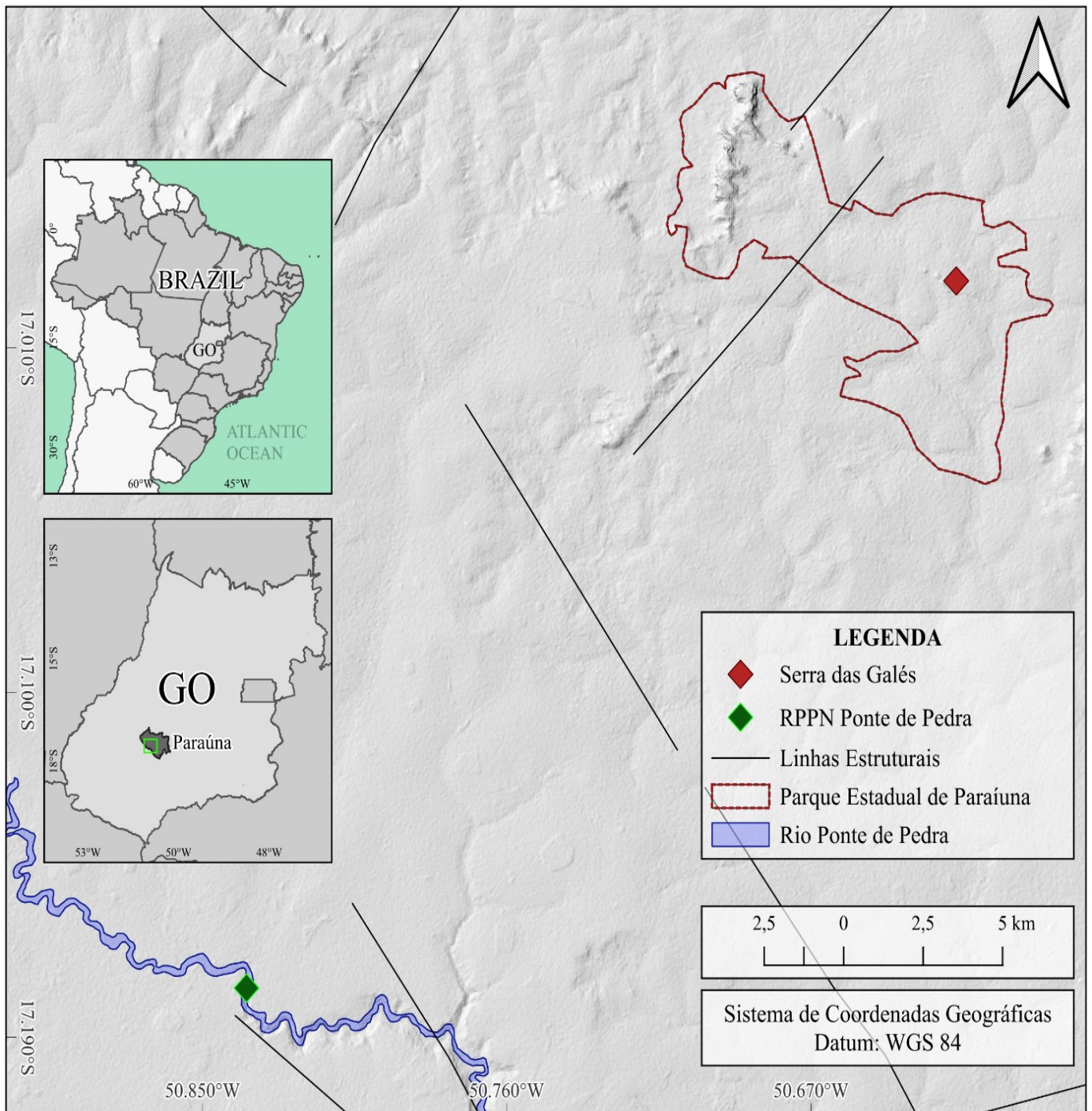
No Brasil, avaliações de áreas geológicas frequentemente utilizam fichas de valoração quantitativa concebidas para geossítios pontuais, o que pode gerar distorções quando aplicadas a geopatrimônios amplos, raros e internamente complexos. Diante disso, este artigo tem como objetivo comparar o valor científico da Serra das Galés e da Ponte de Pedra e avaliar criticamente a aplicação da ficha de Moura-Fé (2024) a esse contexto, propondo ajustes metodológicos mais compatíveis com os geopatrimônios brasileiros.

Parte-se da hipótese de que a ficha original tende a subestimar geopatrimônios que combinam raridade geomorfológica, diversidade de geoformas e evidências de carste não tradicional em arenito, por atribuir peso relativamente maior a critérios institucionais e de reconhecimento formal, e de que a revisão de seus pesos e descritores permite expressar com mais fidelidade a singularidade científica desses geopatrimônios.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende dois geopatrimônios localizados em Paraúna (GO), na mesorregião Sul Goiano (Figura 2): as geoformas ruiniformes da Serra das Galés, no Parque Estadual de Paraúna, e o trecho do rio Ponte de Pedra que atravessa duas cavidades naturais, formando “pontes de pedra”.

Figura 2: Mapa de Localização dos Geopatrimônios em Paraúna.



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados da CPRM e trabalho de campo.

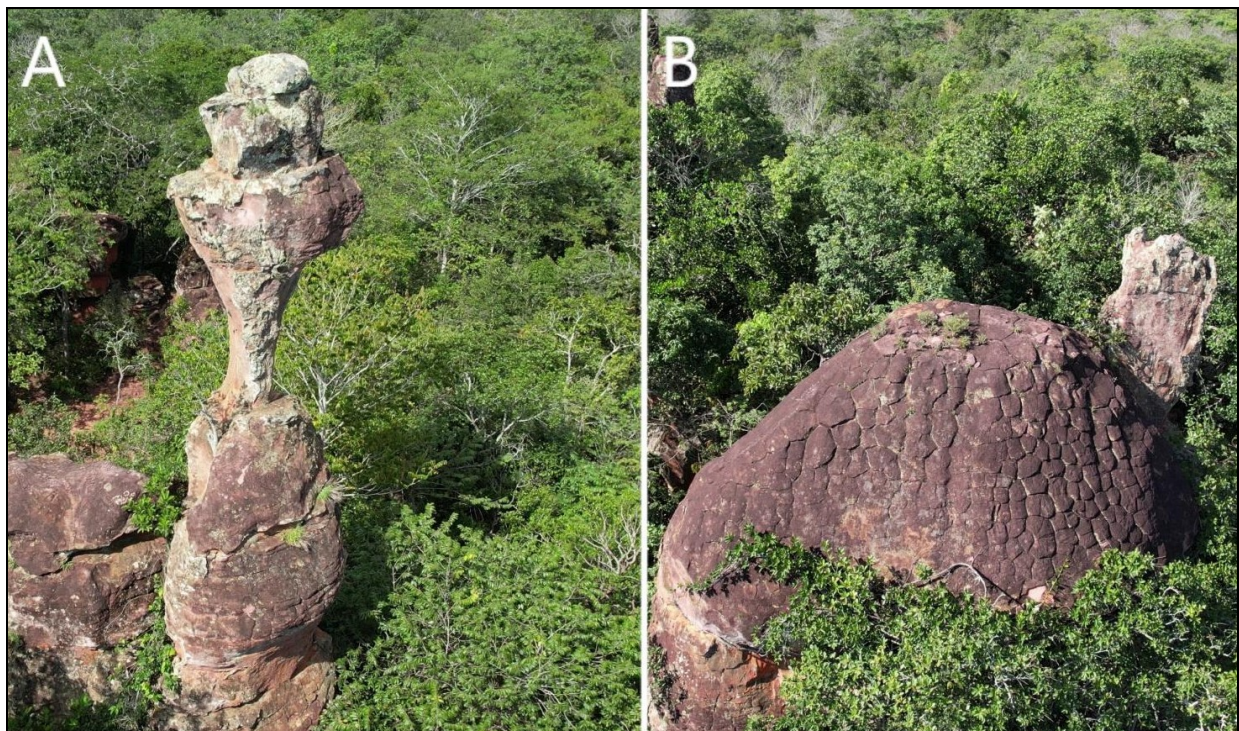
Segundo a classificação de Köppen-Geiger (Alvares *et al.*, 2013), o clima é tropical subúmido, com verão chuvoso e inverno seco; a temperatura média alcança 30 °C no mês mais quente e pode cair a 18 °C nos meses mais frios, com média anual de 22 °C (Ferreira, Lima e Candeiro, 2020). O bioma predominante é o Cerrado, com fisionomias florestais, savânicas e campestres, cuja vegetação original foi quase completamente substituída por lavouras comerciais de soja, milho e cana-de-açúcar.

No interior do parque estadual predominam neossolos quartzarênicos distróficos e, a nordeste e ao norte, nas vertentes das escarpas mais íngremes, cambissolos háplicos (Moreira *et al.*, 2024). Na Ponte de Pedra, ocorrem gleissolos em torno do leito do rio, circundados por latossolos vermelhos (GOIÁS, [s.d.]).

O Parque Estadual de Paraúna situa-se sobre a Formação Aquidauana, do Grupo Itararé (Bacia do Paraná), de grande variação faciológica, com depósitos fluviais, lacustres e evidências de glaciação, incluindo seixos de quartzo, arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos (CPRM, 2008). A RPPN Ponte de Pedra encontra-se sobre a Formação Vale do Rio do Peixe, do Grupo Bauru, composta por arenitos finos a muito finos com lentes carbonáticas locais, depositados na Bacia do Paraná no Cretáceo (Fernandes, 1998; CPRM, 2008). Essas rochas foram submetidas a aplainamento regional, de modo que predominam superfícies de aplainamento associadas a relevos tabulares (Latrubesse e Carvalho, 2006).

Criado em 2002, o Parque Estadual de Paraúna abriga a Serra das Galés, conjunto de pináculos e torres ruiformes desenvolvidos em arenito (Figura 3). Seu geossítio mais representativo é a Pedra do Cálice (Figura 3A), adotada como símbolo cultural do município; outras formas evocam figuras reconhecíveis por pareidolia, como a Pedra da Tartaruga (Figura 3B).

Figura 3 – Exemplos de geossítios presentes na Serra das Galés. Pedra do Cálice; B) Pedra da Tartaruga.



Fonte: acervo dos autores.

A RPPN Ponte de Pedra apresenta geoformas distintas daquelas dos relevos ruiformes: trata-se de um fluviocarste encaixado na superfície aplainada, onde duas cavernas formam pontes naturais atravessadas pelo rio homônimo, destacando-se, na caverna mais turística, uma claraboia (Figura 4).

Figura 4: Claraboia no topo da Ponte de Pedra.



Fonte: acervo dos autores.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para verificar se a ficha de avaliação quantitativa do valor científico proposta por Moura-Fé (2024) é adequada à realidade do geopatrimônio brasileiro, a pesquisa foi estruturada em cinco etapas: (1) revisão bibliográfica; (2) trabalho de campo; (3) análise mineralógica do substrato geológico; (4) inventariação científica dos valores do geopatrimônio; e (5) proposição de ajustes metodológicos.

A revisão bibliográfica abrangeu carste, carste não tradicional, carste em arenitos e quartzitos, relevos ruiformes e fluviocarste, tendo como referenciais principais as revisões globais de Wray e Sauro (2017), sobre os processos e as formas de dissolução em arenitos e quartzitos, e de Migoñ, Duszyński e Goudie (2017), sobre a terminologia dos relevos ruiformes. Incluíram-se também trabalhos sobre geodiversidade, geoconservação e patrimônio geomorfológico e cárstico, bem como sobre geopatrimônios análogos aos de Paraúna, que forneceram os referenciais comparativos para contextualizar sua excepcionalidade.

O trabalho de campo incluiu o reconhecimento da área, o sobrevoo com drone, o registro fotográfico dos geossítios e das geoformas cársticas e a coleta de amostras. Na Serra das Galés, foram coletadas aleatoriamente sete amostras (prefixo SG, seguido da ordem de coleta), uma na base da Pedra do Cálice e seis em morros residuais do entorno. Na caverna mais turística da Ponte de Pedra, foram coletadas quatro amostras: em espeleotema do tipo escorrimento (PP 01), em paleonível de dissolução na parede (PP 02), no piso (PP 03) e em espeleotema do tipo estalagmite (PP 04).

Quatro das amostras da Serra das Galés e as quatro da Ponte de Pedra foram analisadas por difração de raios X (DRX), em parceria com o Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico (CRTI) da Universidade Federal de Goiás. Uma alíquota de aproximadamente 5 g foi seca em estufa a 105 °C por 12 horas e destinada à determinação de perda ao fogo (LOI) ou ganho ao fogo (GOI). As medidas foram feitas em difratômetro Bruker D8 Discover, com radiação monocromática de tubo com ânodo de cobre acoplado a monocromador Johansson para $K\alpha_1$, operando a 40 kV e 40 mA, em configuração Bragg–Brentano θ – 2θ , com detector unidimensional Lynxeye, intervalo de 2θ de 3° a 100°, passo de 0,01° e rotação das amostras de 15 rpm. O procedimento permitiu identificar as fases cristalinas, interpretar a mineralogia das rochas e identificar anomalias no mapeamento geológico. Essa caracterização é decisiva, pois permite distinguir feições geradas pela dissolução de carbonatos daquelas resultantes da corrosão dos contatos intergranulares de quartzo e da consequente arenização (Sauro, 2014; Wray e Sauro, 2017).

Na quarta etapa, os geopatrimônios foram inventariados com a ficha de avaliação quantitativa do Valor Científico (VCi) de Moura-Fé (2024), adaptação à realidade nacional das metodologias de Sellier (2010), Reynard *et al.* (2016) e Brilha (2016). Embora concebida para geossítios, a ficha foi aplicada experimentalmente aos geopatrimônios, para avaliar sua resposta em unidades de maior extensão e complexidade interna. A aplicação, feita em gabinete e revisada em campo, gerou uma pontuação ponderada utilizada para hierarquizar os geopatrimônios quanto à raridade, à excepcionalidade e à relevância científica.

A ficha (Quadro 1) avalia sete critérios — (A) representatividade, (B) localidade-chave, (C) conhecimento científico, (D) integridade, (E) diversidade geomorfológica, (F) raridade e (G) limitações de uso —, pontuados de 0 a 4 e com pesos que somam 100%. Voltada a geossítios pontuais em escala local, enfatiza o conhecimento científico consolidado, a institucionalização, a acessibilidade e os instrumentos formais de proteção, configuração adequada a geossítios clássicos, mas que pode não capturar a complexidade interna, a raridade geomorfológica e a

diversidade de geoformas de um geopatrimônio, entendido como conjunto espacialmente articulado de feições.

Quadro 1: Ficha de avaliação quantitativa do valor científico (Vci)

Identificação do Geomorfossítio	
Nome:	
Código:	
Critérios	Parâmetros
Representatividade	Capacidade de um geomorfossítio em ilustrar elementos ou processos geomorfológicos das unidades de relevo e contextos geomorfológicos associados
Localidade-chave	Importância de um geomorfossítio como referência ou modelo para a geomorfologia.
Conhecimento científico	A existência de estudos científicos publicados sobre o geomorfossítio traduz o Vci atribuído pela comunidade geocientífica.
Integridade	Relacionada com o estado de conservação dos principais elementos geomorfológicos; quanto melhor a integridade, maior o Vci.
Diversidade Geomorfológica	Um número maior de diferentes elementos geomorfológicos com interesse científico num geomorfossítio implica em um Vci superior.
Raridade	Um pequeno número de geomorfossítios semelhantes na área de estudo aumenta o Vci. Quanto mais raro, maior o Vci.
Limitações de uso	A existência de obstáculos que possam ser problemáticos para o uso científico regular do geomorfossítio tem impactos no Vci
Critérios / Indicadores	
A – REPRESENTATIVIDADE	
O geomorfossítio é o melhor exemplo na área de estudo para ilustrar formas ou processos.	[] 4 pontos
O geomorfossítio é um bom exemplo na área de estudo para ilustrar formas ou processos	[] 2 pontos
O geomorfossítio ilustra razoavelmente elementos ou processos na área de estudo	[] 1 ponto
Não se aplica nenhum dos indicadores	[] 0 ponto
B – LOCALIDADE-CHAVE	
O geomorfossítio faz parte de um Geoparque Mundial da UNESCO (UGGp – UNESCO Global Geoparks) e/ou é um sítio cadastrado no grupo de trabalho de geomorfossítios da IAG – International Association of Geomorphologists.	[] 4 pontos
O geomorfossítio é utilizado pela ciência internacional.	[] 2 pontos
O geomorfossítio é utilizado pela ciência nacional e/ou está cadastrado no Geossit (Cadastro de sítios geológicos do Serviço Geológico do Brasil – SBG), na temática geomorfológica.	[] 1 ponto
Não se aplica nenhum dos indicadores	[] 0 ponto
C – CONHECIMENTO CIENTÍFICO	
Existem artigos em revistas científicas internacionais sobre este geomorfossítio.	[] 4 pontos
Existem artigos em revistas científicas nacionais sobre este geomorfossítio.	[] 2 pontos
Existem resumos apresentados em eventos científicos internacionais sobre este geomorfossítio.	[] 1 ponto
Não se aplica nenhum dos indicadores.	[] 0 ponto
D – INTEGRIDADE	
Os principais elementos geomorfológicos encontram-se muito bem conservados .	[] 4 pontos
Geomorfossítio não tão bem preservado, mas os principais elementos geomorfológicos ainda estão conservados .	[] 2 pontos
	[] 1 ponto

Geomorfossítio com problemas de conservação e com os principais elementos geomorfológicos bastante alterados ou modificados.			
Não se aplica nenhum dos indicadores		[] 0 ponto	
E – DIVERSIDADE GEOMORFOLÓGICA			
Geomorfossítio com mais de 3 tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica		[] 4 pontos	
Geomorfossítio com 3 tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica.		[] 2 pontos	
Geomorfossítio com 2 tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica.		[] 1 ponto	
Não se aplica nenhum dos indicadores.		[] 0 ponto	
F – RARIDADE			
O geomorfossítio é a única ocorrência deste tipo na área de estudo.		[] 4 pontos	
Na área de estudo existem 2 a 3 exemplos de geomorfossítios semelhantes.		[] 2 pontos	
Na área de estudo, existem 4 a 5 exemplos de geomorfossítios semelhantes.		[] 1 ponto	
Não se aplica nenhum dos indicadores.		[] 0 ponto	
G – LIMITAÇÕES DE USO			
O geomorfossítio não tem limitações (permissões legais, barreiras físicas etc.) para fazer trabalho de campo, incluindo amostragem.		[] 4 pontos	
É possível realizar trabalho de campo após superar as limitações.		[] 2 pontos	
O trabalho de campo é muito difícil de realizar devido a limitações difíceis de superar.		[] 1 ponto	
Não se aplica nenhum dos indicadores		[] 0 ponto	
CRITÉRIO	SOMA	PESOS	TOTAL
A – Representatividade		X Peso: 30%	
B – Localidade-chave		X Peso: 20%	
C – Conhecimento científico		X Peso: 5%	
D – Integridade		X Peso: 15%	
E – Diversidade Geomorfológica		X Peso: 5%	
F – Raridade		X Peso: 15%	
G – Limitações de uso		X Peso: 10%	
		Total (100%):	

Fonte: adaptado de Moura-Fé (2024) pelos autores.

A quinta etapa partiu das limitações observadas nessa aplicação para propor ajustes voltados especificamente a geopatrimônios. Identificaram-se os critérios mais sensíveis à mudança de escala — sobretudo os relativos à diversidade interna, à institucionalização e à complexidade espacial — e discutiram-se adaptações de pesos e descritores, além de novos parâmetros capazes de representar o valor científico de geopatrimônios extensos e multifacetados.

RESULTADOS

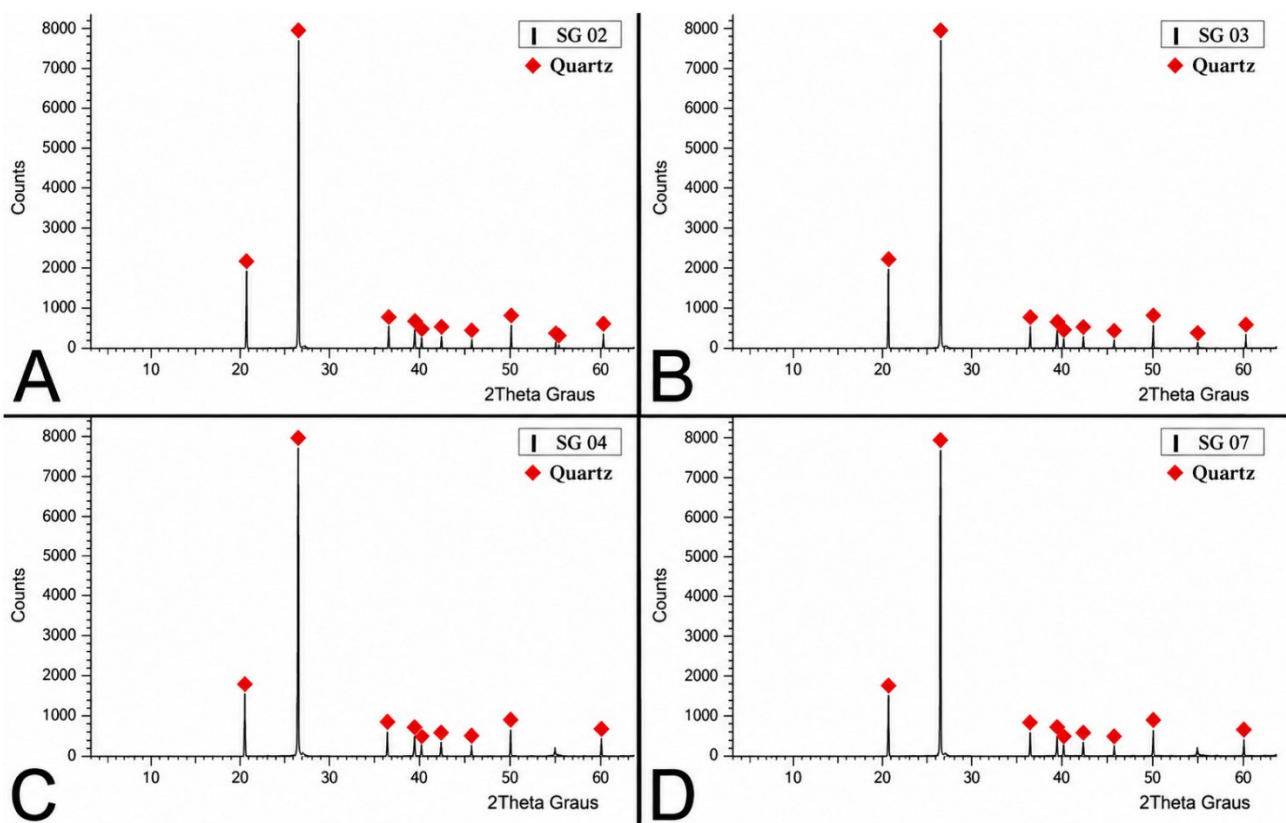
Os resultados de cada geopatrimônio seguem a mesma sequência — ocorrências análogas descritas na literatura, que balizam os critérios de representatividade e raridade; dados mineralógicos obtidos por DRX; e aplicação da ficha de Moura-Fé (2024), com a justificativa de cada pontuação —, o que permite avaliá-los sob os mesmos parâmetros e explicita onde a ficha responde de modo distinto a contextos igualmente cársticos, mas de gênese e escala diferentes.

Serra das Galés

Na literatura sobre geopatrimônios cársticos no Brasil, foram identificados relevos ruiformes análogos à Serra das Galés desenvolvidos em rochas não carbonáticas, em especial siliciclásticas, como os do Parque Estadual de Vila Velha (PR), da Serra dos Tapuias (BA), da Serra da Capivara (PI) e da Pedra do Castelo (PI).

Os difratogramas da Serra das Galés revelaram padrão mineralógico bastante uniforme (Figura 5): nas quatro amostras analisadas (SG02, SG03, SG04 e SG07; Figuras 5A a 5D), o quartzo foi o único mineral com picos consistentes, o que indica composição essencialmente silicática, típica de arenitos puros. Essa informação foi considerada na avaliação quantitativa, uma vez que o valor científico é aferido principalmente pela raridade, e não pela complexidade da composição mineralógica.

Figura 5 – Difratogramas das amostras coletadas na Serra das Galés. A, C e D) amostra coletada em morros testemunhos aleatórios ao redor da Pedra do Cálice. B) Amostra coletada na base da Pedra do Cálice



. Fonte: elaborado pelos autores com dados das análises.

Com base na literatura e nos dados mineralógicos, a ficha de Moura-Fé (2024) atribuiu à Serra das Galés VCI total de 73,75% (Quadro 2).

Quadro 2: Ficha de avaliação quantitativa do valor científico (VCI) para o geossítio da Serra das Galés.

Identificação do Geomorfossítio			
Nome:	Serra das Galés		
Código:	SG		
CRITÉRIO	PESOS	DESCRIÇÃO E PONTOS	TOTAL
Representatividade	30%	O geomorfossítio é o melhor exemplo na área de estudo para ilustrar formas ou processos. [4 pontos]	30%
Localidade-chave	20%	O geomorfossítio é utilizado pela ciência nacional e/ou está cadastrado no Geossit (Cadastro de sítios geológicos do Serviço Geológico do Brasil - SBG), na temática geomorfológica. [1 ponto]	5%
Conhecimento científico	5%	Existem artigos em revistas científicas nacionais sobre este geomorfossítio. [2 pontos]	2,5%
Integridade	15%	Os principais elementos geomorfológicos encontram-se muito bem conservados. [4 pontos]	15%
Diversidade Geomorfológica	5%	Geomorfossítio com 2 tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica. [1 ponto]	1,25%
Raridade	15%	O geomorfossítio é a única ocorrência deste tipo na área de estudo. [4 pontos]	15%
Limitações de uso	10%	É possível fazer trabalho de campo depois de superar as limitações. [2 pontos]	5%
Total (100%):			73,75%

Fonte: adaptado de Moura-Fé (2024) pelos autores.

A área é o melhor exemplo, no Parque Estadual, para ilustrar a formação do relevo ruiforme, o que lhe conferiu pontuação máxima (4) em representatividade. Em localidade-chave, obteve 1 ponto, pois, embora seu cadastro no Geossit esteja em análise, não possui reconhecimentos institucionais adicionais. Em conhecimento científico, recebeu 2 pontos, dado o pequeno número de publicações nacionais, entre as quais um único artigo em inglês, publicado em periódico nacional. A integridade foi máxima, pois a área é pouco antropizada e sem sinais claros de degradação. Na diversidade geomorfológica, reconheceram-se dois tipos de formas de relevância científica — (i) as feições próprias do relevo ruiforme, como as concavidades da Pedra do Cálice e os condutos parcialmente erodidos, e (ii) as formas poligonais da Pedra da Tartaruga —, o que resultou em 1 ponto. A raridade foi máxima, por ser a única ocorrência com essas características na região, e as limitações de uso receberam 2 pontos.

Representatividade, integridade e raridade somaram, assim, 60% do total. O valor científico da Serra das Galés decorre sobretudo de sua representatividade geomorfológica e de

seu bom estado de conservação, sendo reduzido pela baixa diversidade de formas e pelo frágil reconhecimento institucional.

Ponte de Pedra

Geoformas similares à Ponte de Pedra ocorrem, no Brasil, em quartzitos do Parque Estadual do Ibitipoca (Corrêa Neto e Baptista Filho, 1997) e da região sudeste de Diamantina (Souza, 2014); na Chapada das Mesas, cuja gênese está associada a fluviocarstes em arenito (Martins, Salgado e Barreto, 2017); e na Formação Furnas, onde foram reportadas formas de dissolução e espeleotemas associados à dissolução de caulinita e illita (Melo *et al.*, 2015).

O leito do rio Ponte de Pedra é marcado por blocos angulosos colapsados (Figura 6), muito provavelmente originados do abatimento do teto de uma caverna originalmente mais longa, que expôs o canal. No interior da caverna, níveis com seixos rolados fixados nas paredes (Figura 7B) indicam um antigo nível fluvial. Apesar de pouco extensa e desenvolvida em arenito, a caverna é adornada por espeleotemas do tipo estalactite, estalagmite, coluna (Figura 7C) e escurrimto (Figura 7D), pois a existência de lentes carbonáticas e sua progressiva erosão permitem o desenvolvimento de feições características do carste tradicional.

Figura 6: Blocos colapsados ao longo do Rio Ponte de Pedra.

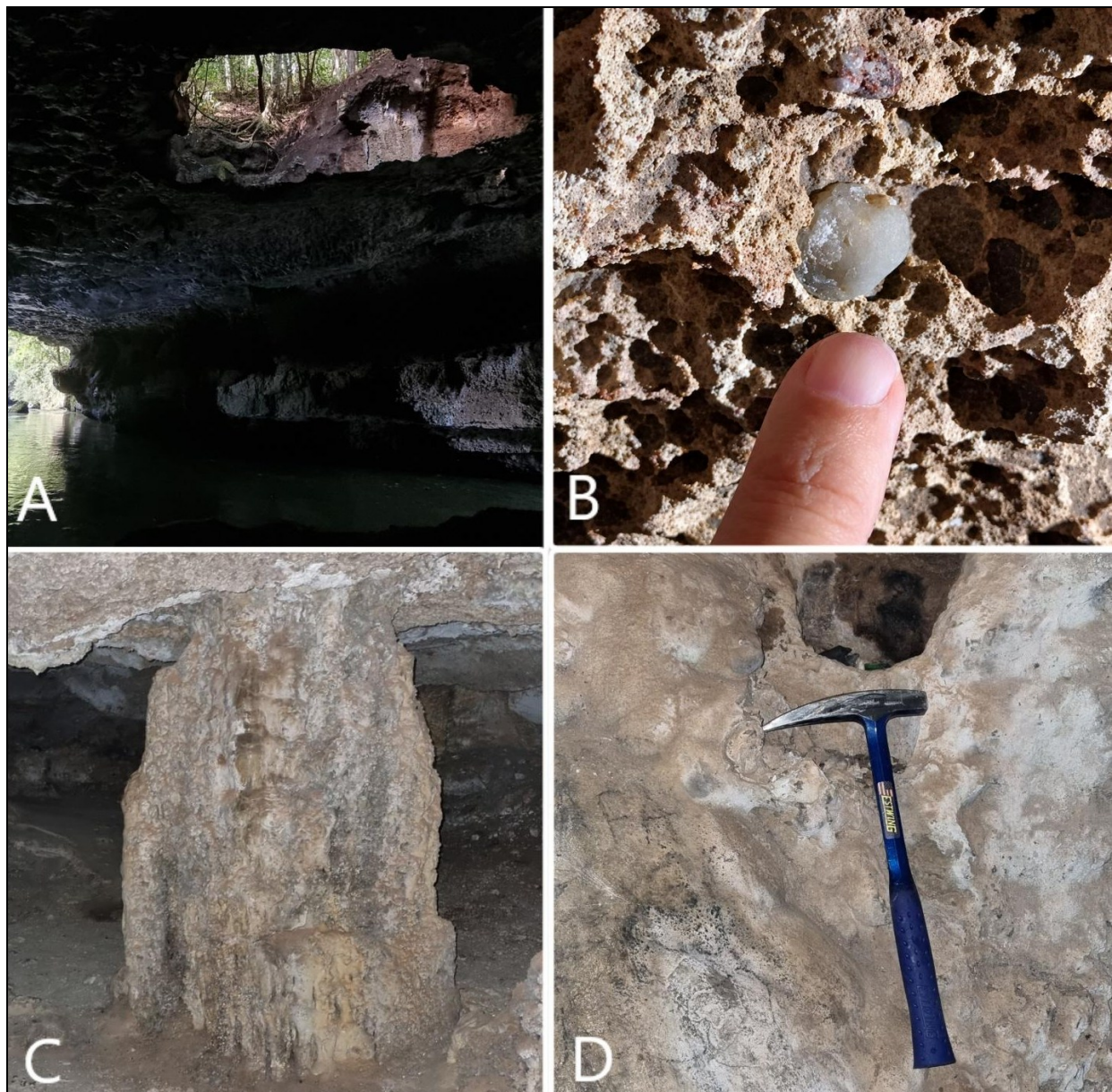


Fonte: acervo dos autores.

Os difratogramas das amostras da Ponte de Pedra (Figura 8) revelaram diferentes fases mineralógicas. A amostra PP01, do espeleotema de escurrimto na parede da caverna

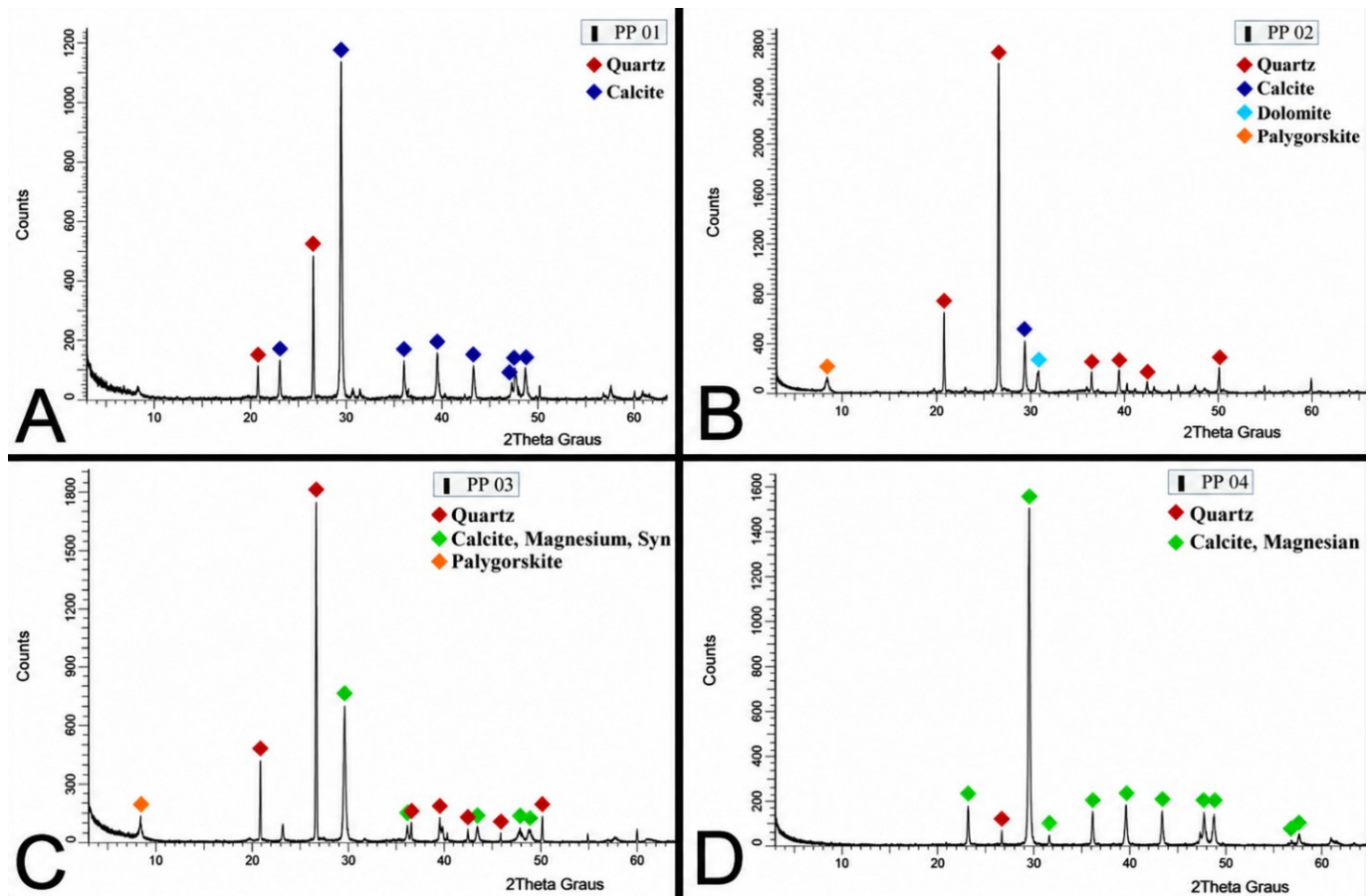
(Figura 8A), apresentou predominância de calcita, com picos secundários de quartzo; a PP02, do paleonível fluvial (Figura 8B), fases silicáticas (quartzo e palygorskita) e picos menores de carbonatos (dolomita e calcita); a PP03, do piso (Figura 8C), predominância de silicatos (quartzo e palygorskita) e picos significativos de calcita magnesiana; e a PP04, da estalagmite (Figura 8D), predominância de calcita magnesiana, com discreto pico de quartzo. Esses resultados permitem avaliar se a ficha de Moura-Fé (2024) considera as variações de composição entre geossítios de gênese distinta.

Figura 7: Geoformas no interior da Ponte de Pedra. A) Claraboia; B) Seixo rolado incrustado no teto da caverna; C) Coluna; D) Escorrimento na parede da caverna. O martelo geológico possui 30 cm e serve como escala.



Fonte: acervo dos autores.

Figura 8: Difratomogramas das amostras coletadas na Ponte de Pedra. A) Espeleotema do tipo escorrimento; B) Paleonível fluvial; C) Chão da caverna; D) Espeleotema do tipo estalagmite



Fonte: elaborado pelos autores com dados das análises.

Com base na bibliografia, nos registros de campo e na análise mineralógica, a ficha atribuiu à Ponte de Pedra VCI de 65% (Quadro 3). A integridade recebeu 2 pontos (7,5%): embora as geoformas estejam majoritariamente preservadas, a claraboia no topo da caverna tem origem antrópica e constitui traço marcante de degradação. A diversidade geomorfológica recebeu pontuação máxima (5%), dada a variedade de geoformas cársticas — o próprio fluvio-carste, espeleotemas como estalactites, estalagmites, coluna e escorrimentos, e seixos rolados incrustados nas paredes da caverna. A raridade também recebeu pontuação máxima (15%), por se tratar de exemplo único de fluvio-carste na região. Por fim, as limitações de uso receberam 2 pontos (5%), pois, tratando-se de Reserva Particular, a visitação deve ser combinada com o proprietário, única limitação identificada.

Quadro 3: Ficha de avaliação quantitativa do valor científico (VCi) para a Ponte de Pedra.

Identificação do Geomorfossítio			
Nome:	Ponte de Pedra		
Código:	PP		
CRITÉRIO	PESOS	DESCRIÇÃO E PONTOS	TOTAL
Representatividade	30%	O geomorfossítio é o melhor exemplo na área de estudo para ilustrar formas ou processos. [4 pontos]	30%
Localidade-chave	20%	Não se aplica a nenhum dos indicadores [0 ponto]	0
Conhecimento científico	5%	Existem artigos em revistas científicas nacionais sobre este geomorfossítio. [2 pontos]	2,5%
Integridade	15%	Geomorfossítio não tão bem preservado, mas os principais elementos geomorfológicos ainda estão conservados. [2 pontos]	7,5%
Diversidade Geomorfológica	5%	Geomorfossítio com mais de 3 tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica. [4 pontos]	5%
Raridade	15%	O geomorfossítio é a única ocorrência deste tipo na área de estudo. [4 pontos]	15%
Limitações de uso	10%	É possível fazer trabalho de campo depois de superar as limitações. [2 pontos]	5%
Total:			65%

Fonte: adaptado de Moura-Fé (2024) pelos autores.

Representatividade, diversidade geomorfológica e raridade somaram, assim, 50% do total, e a localidade-chave, que pesa 20%, não pontuou. O valor científico da Ponte de Pedra está, portanto, associado à variedade e à singularidade de suas formas cársticas, mas é limitado pela escassez de estudos e pela ausência de reconhecimento em inventários consolidados.

Síntese comparativa dos VCi obtidos com a ficha original

A ficha (Quadros 2 e 3) respondeu de forma distinta a unidades de natureza e escala diferentes: a Serra das Galés alcançou 73,75% e a Ponte de Pedra, 65%, diferença de 8,75 pontos percentuais. Ambas obtiveram pontuação máxima em representatividade e raridade e intermediária em conhecimento científico e limitações de uso. A Serra das Galés, porém, também foi máxima em integridade e pontuou em localidade-chave (1 ponto, pelo cadastro no Geossit), critério de peso 20% em que a Ponte de Pedra não pontuou; esta, por sua vez, recebeu 2 pontos em integridade, em razão das alterações antrópicas, e superou a Serra das Galés em diversidade geomorfológica (4 contra 1 ponto), critério que pesa apenas 5%.

Pela metodologia original, portanto, a Serra das Galés destacou-se em conservação e reconhecimento institucional, e a Ponte de Pedra — geopatrimônio constituído por um geossítio dominante, a caverna atravessada pelo rio —, em diversidade e complexidade geomorfológica.

DISCUSSÕES

A comparação demonstra que a ficha de Moura-Fé (2024), adaptada de Brilha (2016), Sellier (2010) e Reynard *et al.* (2016), embora operacionalmente eficiente, apresenta limitações diante da geodiversidade brasileira, de alta singularidade litológica e morfológica, mas ainda pouco estudada e protegida. A diferença entre os VCi reflete mais os pesos dos critérios institucionais e de integridade do que a raridade e a relevância científica efetiva: a ficha quantifica satisfatoriamente geossítios bem delimitados, mas perde precisão em geopatrimônios extensos, compostos por vários geossítios, como a Serra das Galés.

Comparação com a literatura e com análise mineralógica

Os dados de DRX confirmam que a Serra das Galés é composta quase integralmente por arenito quartzoso, sem minerais mais solúveis, como os carbonatos, o que indica que seu relevo ruiforme resulta de intemperismo físico e arenização. Essa característica a diferencia dos exemplos cársticos clássicos e a aproxima de formas siliciclásticas como as de Vila Velha (PR), da Serra dos Tapuias (BA) e de Bungle Bungle (Austrália) (Wray, 1997; Young, 2010; Melo *et al.*, 2011; Meira e Santos, 2014). Morfologicamente, o conjunto enquadra-se nos relevos ruiformes e rock cities, cuja gênese combina controle litoestrutural, intemperismo diferencial e remoção seletiva de grãos, com ocorrências nos Sudetos, na Bacia Cretácea da Boêmia, no Saara e na Austrália (Young, Wray e Young, 2009; Migoñ, Duszyński e Goudie, 2017). A Serra das Galés é, assim, um representante regional expressivo de uma classe morfológica amplamente distribuída, e não uma ocorrência singular em escala global.

Na Formação Furnas, onde se situa o Parque Estadual de Vila Velha, foram identificadas feições de dissolução em macro e microescala associadas principalmente à caulinita, à illita e ao quartzo, com corrosão de grãos e de cimentos argilosos e desenvolvimento de espeleotemas e incrustações de sílica e óxidos de ferro (Melo *et al.*, 2015), processos semelhantes aos descritos em carstes siliciclásticos sob arenização (Wray, 1997; Andreychouk *et al.*, 2009). A uniformidade mineralógica da Serra das Galés também aponta para gênese por arenização (Martini, 1979; Wray, 1997; Sauro, 2014), mas sem preservação de espeleotemas.

A semelhança morfológica com a Pedra da Taça, no Parque Estadual de Vila Velha (Melo *et al.*, 2011; Pontes *et al.*, 2022) — cartão-postal de Ponta Grossa, de morfologia similar à da Pedra do Cálice —, e com as torres areníticas da Serra da Capivara (Silva e Maia, 2024) reforça que a Serra das Galés integra um conjunto de relevos ruiformes incomuns, porém

distribuídos pelo Brasil. Sua nota elevada ($V_{Ci} = 73,75\%$) expressa bem sua importância regional, mas não necessariamente uma singularidade nacional.

Na Serra dos Tapuias (BA), as feições ruiformes em arenito correspondem a blocos isolados na paisagem, com cavernas originadas pela abertura de dutos e registros arqueológicos, como pinturas rupestres (Meira e Santos, 2014; Meira e Nascimento, 2015), elementos ausentes na Serra das Galés, cujo valor reside sobretudo na excepcionalidade das geoformas.

Na Bacia do Parnaíba, no Piauí, a Serra da Capivara, na Formação Serra Grande, resulta de carstificação condicionada por estruturas tectônicas reativadas associadas ao Lineamento Transbrasiliano, constituindo um carste não tradicional característico, com torres, pináculos e quedas d'água (Silva e Maia, 2024). Na mesma bacia, a Pedra do Castelo, na Formação Cabeças, exhibe processos de carstificação aparentes, como vugs e alvéolos na rocha corroída (Maia, 2023). A Serra das Galés compartilha algumas dessas características, mas com déficit de geoformas de dissolução recente mais expressivas, restritas a paleocondutos parcialmente destruídos.

Em contrapartida, a Ponte de Pedra apresenta feições fluviocársticas com espeleotemas carbonáticos desenvolvidos em arenito, caso extremamente raro. Nos principais campos de carste em arenito e quartzito, como os tepuis venezuelanos e a Gran Sabana, os espeleotemas são predominantemente silicosos, compostos por opala e sílica amorfa precipitadas a partir da própria dissolução do quartzo (Aubrecht *et al.*, 2011; Sauro, 2014; Wray e Sauro, 2017). Na Ponte de Pedra, ao contrário, os depósitos secundários são carbonáticos, embora a rocha encaixante seja essencialmente arenítica, combinação de processos raramente reportada.

Estudos de dissolução em ambientes siliciclásticos (Corrêa Neto e Baptista Filho, 1997; Souza, 2014; Melo *et al.*, 2015) indicam a presença de lentes carbonáticas associadas ao fraturamento e à lixiviação de feldspatos e micas, o que favorece o desenvolvimento de cavidades e de depósitos secundários de carbonato. Na Formação Furnas, a dissolução da cimentação argilosa (caulinita e illita) pode gerar espeleotemas por precipitação, ainda que não carbonáticos (Melo *et al.*, 2015). Na Ponte de Pedra, por sua vez, as lentes carbonáticas acentuam a dissolução e permitem a formação de espeleotemas que, como indicam os dados de DRX, são característicos do carste clássico, associado a calcários, dolomitos e calcários magnesianos, mas ocorrem em arenitos.

A morfogênese da Chapada das Mesas, também em litologia majoritariamente arenítica, aponta um geopatrimônio de origem cárstica e poligenética, cujas taxas de denudação indicam um sistema subterrâneo exposto após o colapso do teto de cavernas (Martins, Salgado e

Barreto, 2017). Essa hipótese é compatível com a exposição da Ponte de Pedra, evidenciada pelos blocos colapsados angulosos ao longo do leito do rio. Nesse contexto, a permanência da ponte natural depende da geometria do arco remanescente, que condiciona a distribuição das tensões gravitacionais e, conseqüentemente, sua estabilidade (Moore *et al.*, 2020).

Comparação entre os VCI dos geopatrimônios

A ficha revelou comportamentos contrastantes entre os dois geopatrimônios. Na Serra das Galés, principal exemplo regional de relevos ruiniformes com formas reconhecíveis por pareidolia (Ferreira, Lima e Candeiro, 2025), essa característica amplia o interesse científico, paisagístico e interpretativo (Queiroz *et al.*, 2025) e contribuiu para a pontuação máxima em representatividade e raridade — raridade regional, porém, e não nacional, já que formas semelhantes são reportadas em outros estados. A integridade também foi máxima, pois as formas estão protegidas em unidade de conservação. Aplicada a uma área extensa com múltiplos geossítios, contudo, a ficha produziu um VCI artificialmente elevado e pouco sensível a variações internas, ao tratar o geopatrimônio como unidade homogênea, e não como soma qualificada de seus geossítios.

A integridade também obteve pontuação máxima, pois as formas estão preservadas e protegidas em unidade de conservação. Contudo, aplicada a uma área extensa e composta por múltiplos geossítios, a ficha produziu um VCI artificialmente elevado e pouco sensível a variações internas, pois trata o geopatrimônio como unidade homogênea, e não como soma qualificada de seus geossítios.

Na Ponte de Pedra ocorre o inverso: o método penalizou a área pelo menor reconhecimento institucional, pelo menor volume bibliográfico e pelo cadastramento restrito, embora sua excepcionalidade e raridade sejam evidentes e sua diversidade geomorfológica, abundante e atípica. Além de relevante para o geoturismo, pela interação entre suas formas características e o acesso relativamente facilitado (Ferreira, Lima e Candeiro, 2020), o sítio tem potencial ímpar para ampliar a compreensão dos processos cársticos em rochas não carbonáticas, pois espeleotemas carbonáticos em litologias areníticas são globalmente muito raros — e o valor científico está justamente ligado à sustentação do conhecimento presente e futuro sobre os geossistemas (Brilha, 2016).

Os critérios em que a Ponte de Pedra obteve pontuação máxima (representatividade, diversidade geomorfológica e raridade) somam 50% do valor final e reforçam a excepcionalidade de suas feições, pois há poucas publicações que descrevem fluviocarstes com lentes carbonáticas em escala global. A nota 2 em integridade deve-se à claraboia aberta

artificialmente no topo da forma, que modifica a distribuição de tensões no arco e tende a reduzir sua estabilidade a longo prazo (Moore *et al.*, 2020), somando-se aos impactos antrópicos recorrentes em ambientes cársticos, para os quais há protocolos consolidados de tipificação e mensuração (van Beynen e Townsend, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2014), e à pressão da visitação, cujo efeito sobre o microclima interno já foi documentado em cavernas turísticas brasileiras (Gomes *et al.*, 2021). Esse quadro, que acelera a exposição do fluviocarste, evidencia a necessidade de ações de geoconservação.

Pesquisas em geodiversidade e geopatrimônio podem ser geograficamente enviesadas, pois muitas regiões carecem de estudos e inventários detalhados (Ibáñez; Brevik; Cerdà, 2019). Como os protocolos pontuam o conhecimento científico acumulado, esse viés é reintroduzido na própria métrica e penaliza as áreas subestudadas, limitação já reconhecida na literatura (Brilha, 2016; Reynard e Brilha, 2018). A diferença de 8,75 pontos percentuais entre os VCI revela, assim, uma tendência que privilegia critérios institucionais em detrimento de atributos intrínsecos, como originalidade genética, raridade geomorfológica e potencial para avanços teóricos: com a diversidade geomorfológica valendo 5% e a localidade-chave, 20%, a ficha valoriza geossítios já inventariados e desvaloriza os pouco estudados, ainda que geomorfologicamente excepcionais.

Reconhece-se o mérito de Moura-Fé (2024) ao sistematizar parâmetros aplicáveis a geossítios no contexto nacional. Transposta para geopatrimônios, contudo, a ficha perde acurácia e pode obscurecer áreas cuja relevância científica não acompanha o volume de publicações ou o grau de institucionalização, como mostra o valor inferior obtido pela Ponte de Pedra, feição singular em gênese, composição e processos.

Proposta de ficha adaptada para geopatrimônios

Aplicada a geopatrimônios, a ficha de Moura-Fé (2024), voltada a feições pontuais, exigiu incorporar a complexidade interna, a distribuição espacial e a multiplicidade de geoformas. Incluiu-se também a classe de 3 pontos, ausente no original, para atenuar os saltos bruscos entre classes, sobretudo nos critérios de maior peso.

Os sete critérios foram revisados e seus pesos, redistribuídos. A representatividade, associada à capacidade de contribuir para a compreensão dos processos geomorfológicos (Reynard *et al.*, 2016), mostrou-se adequada a geossítios e a geopatrimônios e manteve peso elevado. A localidade-chave foi mantida com peso reduzido, pois o caráter institucional poderia superestimar o valor científico em detrimento de critérios intrínsecos.

O “conhecimento científico”, que apenas refletia a produção existente, foi reformulado como “potencial científico”, valorizando áreas pouco estudadas, mas com ampla capacidade de contribuir para o conhecimento geomorfológico. A integridade passou a contemplar diferentes unidades internas do geopatrimônio; o peso da diversidade geomorfológica foi aumentado, por ampliar as possibilidades de abordagem; a raridade ganhou gradação entre os âmbitos local e nacional; e as limitações de uso foram ajustadas à acessibilidade e às restrições em escala mais ampla.

A redistribuição manteve o total de 100%, mas elevou o peso conjunto dos critérios intrínsecos e do potencial científico (representatividade, potencial científico, integridade, diversidade geomorfológica e raridade) de 70% para 85%, reduzindo o dos critérios institucionais e de uso de 30% para 15%. Essa decisão alinha-se à literatura de geoconservação (Williams, 2008; Brilha, 2016; Reynard e Brilha, 2018), segundo a qual o valor científico deve refletir sobretudo atributos intrínsecos, ao passo que o reconhecimento formal e o uso turístico variam em escalas temporais mais curtas e dependem de contextos políticos e institucionais.

Quadro 4: Proposta de ficha de avaliação do geopatrimônio.

Identificação do Geopatrimônio	
Nome:	
Código:	
Critérios	Parâmetros
Representatividade	Capacidade de um geopatrimônio de ilustrar elementos ou processos geomorfológicos das unidades de relevo e contextos geomorfológicos associados.
Localidade-chave	Importância institucional pré-existente atribuída ao geopatrimônio. Mede o grau de notoriedade do sítio na literatura científica
Potencial científico	Capacidade do geopatrimônio de gerar pesquisas e conhecimento, medida pela existência de estudos, publicações e discussões possíveis.
Integridade	Grau de preservação dos elementos geomorfológicos principais, considerando impactos naturais e antrópicos.
Diversidade Geomorfológica	Variedade de formas, estruturas e processos geomorfológicos presentes no geopatrimônio.
Raridade	Ocorrência incomum de formas, estruturas ou processos geomorfológicos que possuem baixa representatividade regional, nacional ou global.
Limitações de uso	Conjunto de fatores que restringem ou dificultam atividades de pesquisa, ensino ou visitação, incluindo acessibilidade, fragilidade do terreno, risco físico, presença de áreas privadas ou restrições legais.
Critérios / Indicadores	
A - REPRESENTATIVIDADE	
Melhor exemplo para ilustrar processos ou geoformas em âmbito regional/nacional .	☐ 4 pontos
Bom exemplo para ilustrar formas ou processos em âmbito nacional e regional .	☐ 3 pontos
O geopatrimônio é um bom exemplo para ilustrar formas ou processos em âmbito regional , com relevância científica conhecida.	☐ 2 pontos
Representatividade parcial, limitada ou pouco expressiva .	☐ 1 ponto
Não se aplica nenhum dos indicadores	☐ 0 ponto
B – LOCALIDADE-CHAVE	
Inserido em Geoparque UNESCO ou reconhecido por redes internacionais	☐ 4 pontos

Utilizado regularmente pela ciência internacional.	[] 3 pontos		
Reconhecido pela ciência nacional/registrado em bases oficiais como o Geossit.	[] 2 pontos		
Há trabalhos que o citam como geopatrimônio, mas sem reconhecimento consolidado.	[] 1 ponto		
Não se aplica nenhum dos indicadores	[] 0 ponto		
C – POTENCIAL CIENTÍFICO			
O geopatrimônio é dotado de alta singularidade, baixa quantidade de estudos e possui elevado potencial de gerar novas pesquisas.	[] 4 pontos		
Pesquisas iniciais, com amplo campo para desdobramentos científicos.	[] 3 pontos		
Área com volume razoável de estudos, com potencial moderado para expansão conceitual.	[] 2 pontos		
Extensa literatura consolidada, grande parte dos processos já bem compreendidos.	[] 1 ponto		
Campo saturado, sem lacunas científicas relevantes identificadas.	[] 0 ponto		
D – INTEGRIDADE			
Os principais elementos geomorfológicos encontram-se muito bem conservados.	[] 4 pontos		
Geopatrimônio bem conservado, com poucas alterações.	[] 3 pontos		
Impactos significativos, mas elementos principais ainda reconhecíveis	[] 2 pontos		
Geopatrimônio com alteração acentuada e evidente degradação	[] 1 ponto		
Não se aplica nenhum dos indicadores	[] 0 ponto		
E – DIVERSIDADE GEOMORFOLÓGICA			
O geopatrimônio é dotado de 4 ou mais tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica	[] 4 pontos		
O geopatrimônio é dotado de 3 tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica.	[] 3 pontos		
O geopatrimônio é dotado de 2 tipos de formas geomorfológicas distintas com relevância científica.	[] 2 pontos		
O geopatrimônio é dotado de apenas 1 tipo de forma geomorfológica predominante.	[] 1 ponto		
Não se aplica nenhum dos indicadores.	[] 0 ponto		
F – RARIDADE			
O geopatrimônio apresenta geossítios ou processos geomorfológicos de raridade ímpar, inéditos ou muito pouco reportados na literatura científica.	[] 4 pontos		
Existem poucos exemplos conhecidos no Brasil ou na região, com ocorrência limitada e relevância científica reconhecida, mesmo que não inédita.	[] 3 pontos		
O geopatrimônio é incomum regionalmente, porém há equivalentes documentados em outras áreas do país.	[] 2 pontos		
A raridade é moderada, a feição existe em diversos contextos, mas há algum grau de valor local.	[] 1 ponto		
O geopatrimônio apresenta feições comuns, amplamente distribuídas e sem caráter raro.	[] 0 ponto		
G – LIMITAÇÕES DE USO			
O geopatrimônio não tem limitações (permissões legais, barreiras físicas etc.) para a realização de trabalho de campo, incluindo amostragem.	[] 4 pontos		
O geopatrimônio permite uma pesquisa possível, com restrições controláveis	[] 3 pontos		
Pesquisa limitada, com demanda de autorização demasiadamente burocrática ou risco operacional.	[] 2 pontos		
O geopatrimônio possui acesso muito restrito, quase inviável.	[] 1 ponto		
Não se aplica nenhum dos indicadores	[] 0 ponto		
CRITÉRIO	SOMA	PESOS	TOTAL
A – Representatividade		X Peso: 30%	
B – Localidade-chave		X Peso: 10%	
C – Potencial científico		X Peso: 20%	
D – Integridade		X Peso: 10%	
E – Diversidade Geomorfológica		X Peso: 10%	
F – Raridade		X Peso: 15%	
G – Limitações de uso		X Peso: 5%	
		Total (100%):	

Fonte: Moura-Fé, 2024. Adaptação: os autores, 2026.

A aplicação da ficha revisada aos dois geopatrimônios testou operacionalmente os novos critérios e pesos e corrigiu as limitações do método original — a subvalorização da raridade e da diversidade geomorfológica e a supervalorização da institucionalização —, alterando a hierarquização de seus atributos científicos (Quadro 5).

Quadro 5: Comparação dos Valores Científicos na Serra das Galés e Ponte de Pedra conforme nova proposta de avaliação.

CRITÉRIO	PESOS	VCi Serra das Galés	VCi Ponte de Pedra
Representatividade	30%	15%	30%
Localidade-chave	10%	5%	2,5%
Potencial científico	20%	15%	20%
Integridade	10%	10%	7,5%
Diversidade Geomorfológica	10%	7,5%	10%
Raridade	15%	7,5%	15%
Limitações de uso	5%	3,75%	3,75%
	Total:	63,75%	88,75%

Fonte: Moura-Fé, 2024. Adaptação: os autores, 2026.

O VCi da Serra das Galés passou a 63,75%, com maior contribuição da diversidade geomorfológica e do potencial de pesquisa, o que reduz a influência do reconhecimento institucional sobre o valor final. Já a Ponte de Pedra, cujo valor científico havia sido subestimado na primeira análise, passou a 88,75%, com expressivo incremento decorrente sobretudo dos altos valores de raridade geomorfológica. A mudança demonstra que a ficha original tendia a privilegiar geopatrimônios já consolidados, enquanto a reformulação passa a evidenciar também o valor de geoformas singulares ou ainda pouco estudadas.

Essa diferenciação tem implicações diretas para a gestão territorial e a geoconservação em Paraúna. Ao priorizar a raridade, a diversidade de geoformas e o potencial de pesquisa sobre o simples reconhecimento formal, a ficha proposta oferece um instrumento mais sensível para definir prioridades em inventários, planos de manejo, criação ou ampliação de unidades de conservação e iniciativas de geoturismo, o que, em contextos de disputa territorial e pressão antrópica crescente, como o Cerrado goiano, ajuda a fundamentar políticas públicas e ações locais de proteção do geopatrimônio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstram que aplicar diretamente a geopatrimônios uma ficha concebida para geossítios pode gerar distorções, sobretudo em unidades com múltiplas feições e elevada complexidade interna. A Serra das Galés, com relevos ruiformes típicos do carste não

tradicional, é símbolo identitário do município, mas semelhante a outros exemplos da literatura nacional. A Ponte de Pedra, por sua vez, é um fluviocarste que não se enquadra perfeitamente nem no carste tradicional nem no não tradicional e constitui raríssimo exemplo de fluviocarste em arenito com espeleotemas carbonáticos, o que lhe confere maior relevância científica — embora a ficha original lhe tenha atribuído valor inferior ao esperado.

A reformulação proposta redistribuiu pesos e detalhou critérios para tornar a avaliação mais sensível à singularidade geomorfológica, sobretudo em contextos brasileiros pouco estudados ou carentes de institucionalização, e sua reaplicação conferiu maior peso às características intrínsecas dos geopatrimônios, ampliando a capacidade da ferramenta para avaliar geopatrimônios cársticos não tradicionais pouco convencionais.

A metodologia reformulada contribui, assim, para aprimorar o inventário e o diagnóstico do patrimônio geológico e geomorfológico brasileiro, subsidiando manejo, reconhecimento institucional e políticas de geoconservação, cuja efetividade aumenta quando associadas à divulgação e à educação patrimonial junto às comunidades e aos gestores das unidades de conservação. Espera-se que o trabalho amplie as discussões sobre os geopatrimônios do Centro-Oeste brasileiro e estimule novas metodologias de inventariação quantitativa adequadas a diferentes escalas e estudos comparativos voltados à conservação da geodiversidade regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento dos projetos 303047/2021-6, 303388/2024-2 e 306667/2022-3, bem como à Universidade Federal de Goiás (UFG) pela estrutura e suporte institucional, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UFG pelo apoio acadêmico e científico ao desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas Bolsas de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 10 set. 2026.

ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y.; EZHOV, Y.; LYSÉNIN, G. **Karst in the Earth's crust: its distribution and principal types**. Sosnowiec: University of Silesia; Simferopol: Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009.

AUBRECHT, R.; LÁNCZOS, T.; GRADZIŃSKI, M.; ŠMÍDA, B.; SCHLÖGL, J.; GAŽÁK, V.; BREČKO, J.; VLČEK, L. Sandstone caves on Venezuelan tepuis: return to pseudokarst? **Geomorphology**, Amsterdã, v. 132, n. 3-4, p. 351-365, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.05.023>. Acesso em: 10 set. 2026.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga: Palimage, 2005. 190 p.

BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, Berlim, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>. Acesso em: 10 set. 2026.

CORRÊA NETO, A. V.; BAPTISTA FILHO, J. Espeleogênese em quartzitos da Serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 75-87, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.11137/1997_0_75-87. Acesso em: 10 set. 2026.

CPRM. **Mapa geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CPRM, 2008. Escala: 1:500.000.

DE WAELE, J.; GUTIÉRREZ, F. **Karst hydrogeology, geomorphology and caves**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2022.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru** (Ks, Brasil). 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FERREIRA, B. M.; CANDEIRO, C. R. A. Sítio de geodiversidade Ponte de Pedra em Paraúna, Goiás, Brasil: caracterização física e a utilização na geoeducação. In: CARNEIRO, V. A. (org.). **Geodiversidade: envolver e experimentar**. Anápolis: [Edição dos autores], 2022. p. 120-133.

FERREIRA, B. M.; LIMA, C. V.; CANDEIRO, C. R. A. Geodiversity geological and geomorphological of the municipality of Paraúna, central-southern Goiás state, Brazil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, n. 1, p. 1-14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-47312>. Acesso em: 10 set. 2026.

FERREIRA, B. M.; LIMA, C. V.; CANDEIRO, C. R. A. Geoturismo em Paraúna, Goiás, Brasil. **Terrae Didactica**, Campinas, v. 21, e025001, p. 1-13, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/td.v21i00.8678474>. Acesso em: 10 set. 2026.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst hydrogeology and geomorphology**. Chichester: John Wiley & Sons, 2007. 562 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118684986>. Acesso em: 10 set. 2026.

GOIÁS. Sistema Estadual de Geoinformação – SIEG. **Base de dados geoespaciais do Estado de Goiás**. Goiânia: SIEG, [s. d.]. Disponível em: <https://www.sieg.go.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2026.

- GOMES, M.; SANTOS, D. J.; RUCHKYS, U. A.; TRAVASSOS, L. E. P. Microclimatic characterization of tourist caves in Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Minas Gerais, Brazil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 33, e58420, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-58420>. Acesso em: 10 set. 2026.
- GRANDGIRARD, V. L'évaluation des géotopes. **Geologia Insubrica**, Lugano, v. 4, n. 1, p. 59-66, 1999.
- GRAY, M. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. 434 p.
- GUTIÉRREZ, F.; PARISE, M.; DE WAELE, J.; JOURDE, H. A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst. **Earth-Science Reviews**, Amsterdã, v.138, p. 61-88, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.08.002>. Acesso em: 10 set. 2026.
- HAMILTON-SMITH, E. Karst and World Heritage status. **Acta Carsologica**, Liubliana, v. 36, n. 2, p. 291-302, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.3986/ac.v36i2.198>. Acesso em: 10 set. 2026.
- HOSE, T. A. European 'geotourism': geological interpretation and geoconservation promotion for tourists. In: BARETTINO, D.; WIMBLEDON, W. A. P.; GALLEGÓ, E. (ed.). **Geological heritage**: its conservation and management. Madri: Instituto Tecnológico Geominero de España, 2000. p. 127-146.
- IBÁÑEZ, J.-J.; BREVIK, E. C.; CERDÀ, A. Geodiversity and geoheritage: detecting scientific and geographic biases and gaps through a bibliometric study. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 659, p. 1032-1044, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.443>. Acesso em: 10 set. 2026.
- KLIMCHOUK, A. The karst paradigm: change, trends and perspectives. **Acta Carsologica**, Liubliana, v. 44, n. 3, p. 289-313, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3986/ac.v44i3.2996>. Acesso em: 10 set. 2026.
- LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 27, n. 3, p. 169-172, 2006. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/3982>. Acesso em: 10 set. 2026.
- LOBO, H. A. S.; BOGGIANI, P. C. Cavernas como patrimônio geológico. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 70, n. 1, p. 190-199, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/geo.v70i0.31698>. Acesso em: 10 set. 2026.
- LOBO, H. A. S.; VERÍSSIMO, C. U. V.; SALLUN FILHO, W.; FIGUEIREDO, L. A. V.; RASTEIRO, M. A. Potencial geoturístico da paisagem cárstica. **Global Tourism**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 1-20, 2007.
- LOWE, D. J. **The origin of limestone caverns**: an inception horizon hypothesis. 1992. 512 f. Tese (Doutorado) – Manchester Metropolitan University, Manchester, 1992.
- MAIA, R. P. Aspectos morfoestruturais do carste em arenitos no Nordeste brasileiro: o caso de Castelo do Piauí. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 1-18, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i3.2249>. Acesso em: 10 set. 2026.

MARTINI, J. E. J. Karst in Black Reef quartzite near Kaapsehoop, eastern Transvaal. **Annals of the Geological Survey of South Africa**, Pretória, v. 13, p. 115-128, 1979.

MARTINS, F. P.; SALGADO, A. A. R.; BARRETO, H. N. Morfogênese da Chapada das Mesas (Maranhão–Tocantins): paisagem cárstica e poligenética. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 563-577, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1180>. Acesso em: 10 set. 2026.

MAZZUCATO, E.; MUCIVUNA, V. C.; BACCI, D. de L. C.; GARCIA, M. da G. M. Patrimônio geomorfológico brasileiro: análise das publicações sobre inventários de geomorfossítios. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 1-21, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2433>. Acesso em: 10 set. 2026.

MEIRA, S. A.; NASCIMENTO, M. A. L. Valores de geodiversidade da Serra dos Tapuias – Riachão das Neves, Bahia. **Entre-Lugar**, Dourados, ano 6, n. 12, p. 171-188, 2015. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/entre-lugar/article/view/5984>. Acesso em: 10 ago. 2026.

MEIRA, S. A.; SANTOS, G. B. Potencialidades educativas de aspectos geomorfológicos da Serra dos Tapuias – Bahia. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. especial 4, v. 10, n. 1, p. 142-146, 2014. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1635>. Acesso em: 10 ago. 2026.

MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; CHINELATTO, A. L.; GIANNINI, P. C. F.; PONTES, H. S.; CHINELATTO, A. S. A.; ATENCIO, D. Kaolinite, illite and quartz dissolution in the karstification of Paleozoic sandstones of the Furnas Formation, Paraná Basin, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdã, v. 63, p. 20-35, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.06.011>. Acesso em: 10 set. 2026.

MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; FIGURIM, I.; BAGATIM, H. Q.; GIANNINI, P. C. F. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. **Espeleo-Tema**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 81-97, 2011. Disponível em: https://ead.uepg.br/geocultura/200001098-e90a3ea025/Melo%20et%20al%202011%20espeleo-tema_v22_n1.pdf. Acesso em: 16 jun. 2026.

MIGÓN, P.; DUSZYŃSKI, F.; GOUDIE, A. Rock cities and ruiniform relief: forms – processes – terminology. **Earth-Science Reviews**, Amsterdã, v. 171, p. 78-104, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.05.012>. Acesso em: 10 set. 2026.

MOORE, J. R.; GEIMER, P. R.; FINNEGAN, R.; BODTKER, J. Between a beam and catenary: influence of geometry on gravitational stresses and stability of natural rock arches. **Geomorphology**, Amsterdã, v. 364, art. 107244, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107244>. Acesso em: 10 set. 2026.

MOREIRA, H. G. B.; CAMINHAS, F. G.; BUENO, G. T.; ZANCOPÉ, M. H. Distribuição dos solos e pedogênese em uma topossequência com vereda no Parque Estadual de Paraúna – Goiás (GO). *Revista Mirante*, Anápolis, v. 17, n. 1, p. 179-194, 2024. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/15386>. Acesso em: 16 set. 2026.

MOURA-FÉ, M. M. Inventário do patrimônio geomorfológico: método de seleção, avaliação e classificação de geomorfossítios e sítios geomorfológicos. **Physis Terrae – Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, Braga, v. 6, n. 1, p. 1-23, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.21814/physisterrae.5938>. Acesso em: 10 set. 2026.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, U. A.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo**: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 82 p.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, S. C. Patrimônio geomorfológico: conceitos e aplicações. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 73-86, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2014.2434>. Acesso em: 10 set. 2026.

PEREIRA, P.; PEREIRA, D. Í.; ALVES, M. I. C. Avaliação do patrimônio geomorfológico: proposta de metodologia. **Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**, Lisboa, v. 5, p. 235-247, 2007. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/7406>. Acesso em: 16 ago. 2026.

PEREIRA, P.; PEREIRA, D. Methodological guidelines for geomorphosite assessment. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, Paris, v. 16, n. 2, p. 215-222, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.7942>. Acesso em: 10 set. 2026.

PEREIRA, R. G. F. A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia – Brasil)**. 2010. 318 f. Tese (Doutorado em Ciências – Geologia) – Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 2010. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/10879>. Acesso em: 16 set. 2026.

PILÓ, L. B. Geomorfologia cárstica (revisão de literatura). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbq.v1i1.73>. Acesso em: 10 set. 2026.

PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; MASSUQUETO, L. L. Características litofaciológicas e aspectos genéticos de feições cársticas da Formação Furnas e Arenito Vila Velha no município de Ponta Grossa (Paraná, Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-19, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbq.v23i1.2085>. Acesso em: 10 set. 2026.

QUEIROZ, L. S.; DINIZ, M. T. M.; MEDEIROS, J. F.; PEREIRA, P.; ARAÚJO, I. G. D.; TERTO, M. L. O. A methodological contribution to assess rock landform geomorphosites related with pareidolia: a case study in Northeast Brazil. **Geomorphology**, Amsterdã, v. 485, art. 109858, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.109858>. Acesso em: 10 set. 2026.

REYNARD, E. Geosite. In: GOUDIE, A. S. (ed.). **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Routledge, 2004. p. 440.

REYNARD, E.; BRILHA, J. (ed.). **Geoheritage**: assessment, protection and management. Amsterdã: Elsevier, 2018.

REYNARD, E.; CORATZA, P.; REGOLINI-BISSIG, G. (ed.). **Geomorphosites**. Munique: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2009. 240 p.

REYNARD, E.; PERRET, A.; BUSSARD, J.; GRANGIER, L.; MARTIN, S. Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. **Geoheritage**, Berlim, v. 8, n. 1, p. 43-60, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0>. Acesso em: 10 set. 2026.

SANTOS, G. L. B.; MAIA, R. P.; TRAVASSOS, L. E. P.; SOUZA, A. S. V. Origin and evolution of solutional features on granitic inselbergs. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 1-17, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2469>. Acesso em: 10 set. 2026.

SAURO, F. Structural and lithological guidance on speleogenesis in quartz-sandstone: evidence of the arenisation process. **Geomorphology**, Amsterdã, v. 226, p. 106-123, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.033>. Acesso em: 10 set. 2026.

SELLIER, D. L'analyse intégrée du relief et la sélection déductive des géomorphosites: application à la Charente-Maritime (France). **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, Paris, v. 16, n. 2, p. 199-214, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.7931>. Acesso em: 10 set. 2026.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. 3. ed. Hobart: Tasmanian Parks & Wildlife Service, 2002.

SILVA, M. B.; MAIA, R. P. Morphostructural aspects of the sandstone karst in Northeastern Brazil: example from Serra da Capivara – PI. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 1-20, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2392>. Acesso em: 10 set. 2026.

SOUZA, F. C. R. **Caracterização de feições cársticas desenvolvidas em quartzitos na região sudeste de Diamantina/MG**. 2014. 229 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/IGCC-9HZNW7>. Acesso em: 16 mar. 2026.

TIMO, M. B.; TRAVASSOS, L. E. P. **Geopatrimônio e geoturismo na paisagem cárstica**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2022. 101 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/388875299_GEOPATRIMONIO_E_GEOTURISMO_NA_PAISAGEM_CARSTICA. Acesso em: 5 ago. 2026.

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de carstologia e geomorfologia cárstica**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2019. 242 p. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/publicacoes/cecav_principiosdecarstologia.pdf. Acesso em: 10 fev. 2026.

VAN BEYNEN, P.; TOWNSEND, K. A disturbance index for karst environments. **Environmental Management**, Nova York, v. 36, n. 1, p. 101-116, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0265-9>. Acesso em: 10 set. 2026.

WILLIAMS, P. W. **World Heritage caves and karst: a thematic study**. Gland: IUCN, 2008. 57 p. (IUCN World Heritage Studies, 2). Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2008-037.pdf>. Acesso em: 16 set. 2026.

WRAY, R. A. L. A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones. **Earth-Science Reviews**, Amsterdã, v. 42, n. 3, p. 137-160, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(96\)00056-6](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(96)00056-6). Acesso em: 10 set. 2026.

WRAY, R. A. L.; SAURO, F. An updated global review of solutional weathering processes and forms in quartz sandstones and quartzites. **Earth-Science Reviews**, Amsterdã, v.171, p. 520-557, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.008>. Acesso em: 10 set. 2026.

YOUNG, R. W. Bungle Bungle: tower karst in sandstone. In: MIGOÑ, P. (ed.). **Geomorphological landscapes of the world**. Dordrecht: Springer, 2010. p. 333-340. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-90-481-3055-9_34. Acesso em: 10 set. 2026.

YOUNG, R. W.; WRAY, R. A. L.; YOUNG, A. R. M. **Sandstone landforms**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Artigo recebido em: 15/07/2026
Artigo aceito em: 30/09/2026