

AValiação DO POTENCIAL GEOTURÍSTICO DO GEOPARQUE DA QUARTA COLÔNIA (RS): UMA ABORDAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ASSESSMENT OF THE GEOTOURISM POTENTIAL OF THE QUARTA COLÔNIA GEOPARK (RS, BRAZIL): AN APPROACH TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOTURÍSTICO DEL GEOPARQUE QUARTA COLÔNIA (RS, BRASIL): UN ENFOQUE PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Martiele Wilhelm¹
Raquel Weiss²
Olavo Avalone Neto³
Luis Guilherme Aita Pippi⁴

RESUMO

Este artigo explora o papel do geoturismo no equilíbrio entre educação, conservação e desenvolvimento sustentável, destacando sua importância na Rede Global de Geoparques da UNESCO. A geodiversidade, base do geoturismo, inclui elementos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos que, integrados a aspectos ecológicos e culturais, oferecem oportunidades únicas para turismo sustentável. No Geoparque da Quarta Colônia, no Rio Grande do Sul, aplicou-se o método de avaliação geoturística de Kubalíková *et al.* (2021), que considera valores científicos, educacionais, agregados, turísticos e de conservação. A análise revelou que 70% dos geossítios possuem potencial geoturístico médio, com destaque para valores educacionais e agregados. Contudo, identificou-se a necessidade de investimentos em infraestrutura e proteção legal. A análise espacial e de *Clusters* forneceu diretrizes para um planejamento estratégico do geoturismo, enfatizando o equilíbrio entre uso turístico e

¹Mestra em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo. Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Servidora Pública Municipal. Cacequi. Rio Grande do Sul. Brasil. E-mail: wilhelm.martiele@acad.ufsm.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2557-0221>.

²Doutora em Arquitetura e Urbanismo. Professora Adjunta do Departamento de Urbanismo do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (PPGAUP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Porto Alegre. Rio Grande do Sul. Brasil. E-mail: raquel.w@ufrgs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7169-8803>.

³Doutor em Arquitetura e Urbanismo. Docente no Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Campus Cachoeira do Sul e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (PPGAUP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Cachoeira do Sul. Rio Grande do Sul. Brasil. E-mail: olavo.neto@ufsm.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2862-8399>.

⁴Ph.D. em Philosophy – Design Area da Arquitetura Paisagística. Professor Associado do Curso de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (PPGAUP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria. Rio Grande do Sul. Brasil. E-mail: luis.g.pippi@ufsm.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-4138>.

conservação, além de sugerir ações para potencializar a sustentabilidade e o impacto positivo do geoparque.

Palavras-chave: planejamento temático; análise espacial; avaliação geoturística; geossítios; Geoparque da UNESCO.

ABSTRACT

This article explores the role of geotourism in balancing education, conservation, and sustainable development, highlighting its importance within the UNESCO Global Geoparks Network. Geodiversity, the foundation of geotourism, includes geological, geomorphological, and hydrological elements that, when integrated with ecological and cultural aspects, offer unique opportunities for sustainable tourism. In the Quarta Colônia Geopark, located in Rio Grande do Sul, the geotourism evaluation method developed by Kubalíková *et al.* (2021) was applied, considering scientific, educational, added, touristic, and conservation values. The analysis revealed that 70% of the geosites have medium geotourism potential, with an emphasis on educational and added values. However, there was a recognized need for investment in infrastructure and legal protection. Spatial and *Cluster* analyses provided guidelines for strategic geotourism planning, emphasizing the balance between tourism use and conservation, as well as suggesting actions to enhance sustainability and the positive impact of the geopark.

Keywords: thematic planning; spatial analysis; geotourism assessment; geosites; UNESCO Geopark.

RESUMEN

Este artículo explora el papel del geoturismo en el equilibrio entre educación, conservación y desarrollo sostenible, destacando su importancia en la Red Global de Geoparques de la UNESCO. La geodiversidad, base del geoturismo, incluye elementos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos que, integrados con aspectos ecológicos y culturales, ofrecen oportunidades únicas para un turismo sostenible. En el Geoparque de la Cuarta Colônia, en Rio Grande do Sul, se aplicó el método de evaluación geoturística de Kubalíková *et al.* (2021), que considera valores científicos, educativos, agregados, turísticos y de conservación. El análisis reveló que el 70% de los geosítios tienen un potencial geoturístico medio, con énfasis en los valores educativos y agregados. Sin embargo, se identificó la necesidad de invertir en infraestructura y protección legal. El análisis espacial y de agrupación proporcionó directrices para la planificación estratégica del geoturismo, enfatizando el equilibrio entre el uso turístico y la conservación, además de sugerir acciones para potenciar la sostenibilidad y el impacto positivo del geoparque.

Palavras chave: planificación temática; análisis espacial; evaluación geoturística; geosítios; geoparque de la UNESCO.

Como citar este artigo: WILHELM, Martiele et al. Avaliação do potencial geoturístico do geoparque da Quarta Colônia (RS): uma abordagem para o desenvolvimento sustentável. **DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, v. 16, p. 195-221, 05 ago. 2026. Doi: <https://doi.org/10.24302/drd.v16.5777>.

Artigo recebido em: 04/01/2025; **Artigo aprovado em:** 12/05/2026; **Artigo publicado em:** 05/08/2026

1 INTRODUÇÃO

A geodiversidade refere-se à diversidade natural de características geológicas, como rochas, minerais e fósseis; geomorfológicas, incluindo formas de relevo e processos físicos; além de solos e aspectos hidrológicos. Esse conceito abrange os conjuntos, estruturas, sistemas e as contribuições dessas características para as paisagens (Kubalíková *et al.*, 2021). Embora haja discussões e algumas divergências sobre o tema, o conceito de geodiversidade é amplamente aceito pela comunidade científica. A geodiversidade constitui a base para o geoturismo, uma forma de turismo que se concentra na paisagem e na geologia (Farsani *et al.*, 2011), mas também nas características bióticas e culturais ligadas à natureza abiótica, com um forte enfoque na sustentabilidade (Kubalíková *et al.*, 2021; Drapela *et al.*, 2021).

O geoturismo une educação, conservação e desenvolvimento sustentável de maneira singular, tornando-se uma área vital de pesquisa e desenvolvimento (Farsani *et al.*, 2011). Apesar dos potenciais benefícios, a implementação de projetos de geoturismo enfrenta desafios significativos, como a necessidade de materiais interpretativos e a participação ativa da comunidade para assegurar um desenvolvimento sustentável (Cai *et al.*, 2024). Os Geoparques da Rede Global de Geoparques da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) são reconhecidos como uma estratégia eficaz para promover os recursos geológicos e sua diversidade, equilibrando aspectos ecológicos e econômicos por meio do turismo e incentivando a conservação da diversidade (Reinhart *et al.*, 2023). Dentro dos geoparques, a exploração da geodiversidade para fins turísticos ocorre em locais específicos, chamados geossítios (Brilha, 2016; Kubalíková *et al.*, 2021). Somados à atividade turística dos geoparques, também podem ser incluídos os sítios, que correspondem a locais de interesse complementar — histórico, cultural, arqueológico, ecológico ou paisagístico — associados à interpretação e valorização do território.

O objetivo deste artigo é demonstrar que a estrutura do geoparque pode fornecer um caminho claro para o planejamento temático do turismo a partir dos geossítios e sítios, destacando a importância das conexões entre geodiversidade, diversidade ecológica e cultural. Para isso, o estudo integra métodos de pontuação quantitativa com análise espacial, utilizando um método de avaliação geoturística de Kubalíková *et al.* (2021). Além disso, explora a correlação entre os valores e características utilizadas por esse método para avaliar a geodiversidade, o grau de proteção dos geossítios e sítios e sua adequação para o desenvolvimento do geoturismo. Com base nessa classificação, será aplicada a análise de agrupamento para elaborar diretrizes que equilibrem a proteção e o desenvolvimento sustentável do geoturismo no Geoparque da Quarta Colônia, no Rio Grande do Sul, Brasil.

Nesse sentido, o artigo contribui para suprir a lacuna na literatura ao integrar avaliação geoturística quantitativa e análise espacial em escala de geoparque, oferecendo uma abordagem aplicada ao contexto brasileiro e ampliando as bases para o planejamento sustentável do geoturismo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os geossítios representam partes da geosfera com relevância especial para compreender a história da Terra. Esses locais incluem objetos geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, litológicos, entre outros, que possuem valores científico, cultural, histórico, estético, social e

econômico, adquiridos por meio da percepção ou exploração humana. Alguns desses locais são classificados como geopatrimônio, reconhecidos por sua importância científica, enquanto outros, denominados geomorfossítios, destacam-se por suas características geomorfológicas. Além dos geossítios, a literatura também reconhece a relevância de sítios associados a atributos paisagísticos, culturais, educativos e turísticos, os quais contribuem para ampliar a interpretação territorial e a valorização da geodiversidade no contexto do geoturismo (Kubalíková *et al.*, 2021).

O uso de geossítios pode ser explorado para fins científicos, educacionais e turísticos, sendo o geoturismo uma experiência *in situ* que integra esses usos (Brilha *et al.*, 2018). O uso educacional é essencial para preparar novas gerações de geocientistas e para a comunicação científica (Santos *et al.*, 2020), enquanto, no turismo, aspectos estéticos e culturais dos geossítios frequentemente se destacam em relação aos valores científicos. Nesse contexto, a proteção contra a degradação torna-se indispensável, especialmente diante da carência de conhecimento sobre o patrimônio geológico e da ausência de inventários estruturados (Santos *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2020). Portanto, a consolidação de inventários sistemáticos representa o fundamento primário para estratégias de geoconservação, uma vez que viabiliza métodos de avaliação quantitativa capazes de mitigar subjetividades e direcionar a gestão e o monitoramento eficaz do patrimônio (Brilha, 2016; Mucivuna *et al.*, 2019).

Equilibrar o uso turístico e a conservação é uma questão central, já que o turismo pode ameaçar o geopatrimônio, especialmente diante de usos inadequados (Drapela *et al.*, 2021; Ferreira; Bernardy, 2018). Por outro lado, o turismo em regiões rurais, incluindo geoparques, desempenha um papel relevante no desenvolvimento regional, promovendo geração de renda e novas atividades econômicas (Farsani *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2013; Werka *et al.*, 2024). Nesse sentido, o geoturismo destaca-se como uma estratégia para articular desenvolvimento e conservação da geodiversidade.

O Geoparque da Quarta Colônia, localizado em uma região rural, enfrenta o desafio de equilibrar turismo, desenvolvimento regional e a salvaguarda das características de seus geossítios e sítios. Para a manutenção e renovação do selo da UNESCO, é necessário fomentar iniciativas que promovam esse equilíbrio. Assim, a presente pesquisa busca contribuir para esse processo por meio do fortalecimento do geoturismo.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como um estudo de caso exploratório, com abordagem quantitativa e espacial, aplicado ao Geoparque da Quarta Colônia (RS, Brasil). A avaliação de geossítios requer uma análise abrangente de múltiplos fatores que influenciam seu valor, contemplando não apenas sua relevância científica, mas também aspectos sociais, ameaças potenciais e exigências de conservação. Esses fatores estão frequentemente associados a interesses cênicos, socioeconômicos e culturais, conforme apontado por Suzuki e Takagi (2018). Diversos métodos foram desenvolvidos, aplicados, criticamente revisados, replicados e transformados em novas abordagens metodológicas. Exemplos notáveis incluem as contribuições de Pereira *et al.* (2007), Vujičić *et al.* (2011), Coratza *et al.* (2011), Fassoulas *et al.* (2012), Brilha (2016), Suzuki e Takagi (2018), Pralong (2005), Zouros (2007) e Bruschi *et al.* (2011), entre outros.

Para a avaliação de locais de interesse geoturístico, foram adotados critérios fundamentados no método proposto por Kubalíková *et al.* (2021). Esse método, que se baseia em elementos das metodologias de Pereira *et al.* (2009), Brilha (2016) e Reynard *et al.* (2016), atribui pontuações de 0 a 1 para cada critério, sem a aplicação de pesos diferenciais. O valor específico de cada geossítio é determinado como a média simples dos seguintes critérios:

- Valor Científico: Avalia a relevância do sítio para a pesquisa geológica e sua contribuição para o avanço do conhecimento científico, considerando a singularidade das formações geológicas e a riqueza informacional que o local oferece.
- Valor Educacional: Examina o potencial pedagógico do sítio, incluindo sua capacidade de ilustrar conceitos geológicos e processos naturais em contextos educativos e interpretativos.
- Valor Agregado: Analisa a relevância do sítio no contexto geoturístico, considerando sua integração com outras atrações e a capacidade de enriquecer a experiência geoturística.
- Valor Turístico: Mede a atratividade do sítio para visitantes, englobando aspectos como acessibilidade, infraestrutura turística e o potencial para atividades recreativas.
- Valor de Conservação: Considera a importância do sítio para a conservação de características geológicas e ecossistemas associados, enfatizando a necessidade de medidas protetivas para preservar sua integridade e estado natural.

O Quadro 01 apresenta a correspondência entre os valores atribuídos, parâmetros, critérios avaliados e o valor específico calculado para cada geossítio e sítio, oferecendo uma visão consolidada do processo de avaliação.

Quadro 1 – Critérios utilizados para a avaliação do potencial geoturístico

Método Kubálíková <i>et al.</i> (2021)		
Valor Científico (VS)		
(VS01) Integridade e status atuais do site de geodiversidade		
	0	más condições, local danificado;
	0,25	más condições, com possibilidade de recuperação;
	0,50	média;
	0,75	bom;
	1,00	excelentes condições.
(VS02) Raridade (singularidade)		
	0	O fenômeno no local não é raro;
	0,50	Vários sites semelhantes;
	1,00	O sítio é único na área de estudo;

(VS03) Diversidade interna das características das ciências da Terra (fenômenos)		
	0	Apenas um fenômeno;
	0,25	Dois fenômenos diferentes;
	0,50	Três fenômenos;
	0,75	Quatro fenômenos;
	1,00	Cinco ou mais fenômenos em um local;
(VS04) Conhecimento científico		
	0	Local é praticamente desconhecido pela comunidade geocientífica;
	0,50	Conhecido localmente; artigos em periódicos nacionais;
	1,00	Artigos científicos sobre o site em periódicos internacionais;
(VS05) Significado paleogeográfico		
	0	Importância nenhuma ou muito limitada (ex. para mapeamento geológico);
	0,50	Importância parcial para pesquisas em ciências da Terra;
	1,00	O sítio tem valor paleogeográfico ou é considerado localidade-chave;
Valor Educacional (VE)		
(VE01) Representatividade		
	0	O site não é representativo, difícil ver os fenômenos;
	0,50	Local parcialmente representativo com auxílio de materiais interpretativos;
	1,00	Ocorrência típica de fenômenos, alta representatividade;
(VE02) Potencial didático e interpretativo		
	0	Praticamente não é possível compreender e reconhecer os fenômenos;
	0,25	Possível de entender, mas com explicações dos profissionais;
	0,50	Adequado para estudantes ou público informado;
	0,75	Possível de compreensão com explicação de guia profissional;
	1,00	Fácil compreensão e reconhecimento dos fenômenos;
(VE03) Materiais interpretativos existentes		
	0	Sem materiais;
	0,25	Aspectos da geodiversidade mencionados, mas materiais de promoção focam em aspectos diferentes (ex. cultural);
	0,50	Materiais existentes sobre os aspectos da geodiversidade na web;
	0,75	Folhetos, material de apoio ex-situ;

	1,00	A geodiversidade do sítio é bem promovida in-situ (painéis informativos, percurso educativo);
Valor Agregado (VA)		
(VA01) Aspecto ecológico		
	0	A geodiversidade não tem relação importante com os aspectos ecológicos, não há ocorrência de aspectos ecológicos no local;
	0,50	Ocorrência de espécies protegidas ou outros fenômenos ecológicos;
	1,00	A geodiversidade apoia a ocorrência de espécies protegidas ou ecossistemas específicos;
(VA02) Aspecto estético		
	0	Não interessante (oculto);
	0,25	Parcialmente interessante (por exemplo, cores interessantes ou estrutura de recursos de geodiversidade);
	0,50	Interessante (contrastes de cores, estrutura interessante);
	0,75	Esteticamente valioso (ambiente interessante na paisagem circundante, contrastes de cores);
	1,00	Fascinante (grandes contrastes, cenário impressionante na paisagem circundante);
(VA03) Aspectos culturais		
	0	Nenhum aspecto cultural;
	0,25	1 aspecto cultural;
	0,50	2 aspectos culturais diferentes;
	0,75	3 aspectos culturais diferentes;
	1,00	4 e mais aspectos culturais diferentes;
Valor Turístico (VT)		
(VT01) Visibilidade		
	0	Nenhum ou muito limitado (com equipamento especial);
	0,25	Limitado;
	0,50	Observável de um ponto de vista e bem visível;
	0,75	As feições da geodiversidade são observáveis de dois pontos de vista diferentes e bem visíveis;
	1,00	Visibilidade muito boa, 3 e mais mirantes;
(VT02) Acessibilidade		
	0	Mais de 1 km tanto de um lugar de estacionamento como de uma paragem de transportes públicos;
	0,25	A menos de 1 km do local de estacionamento, mas a mais de 1 km da paragem de transportes públicos;

	0,50	A paragem de transportes públicos e/ou lugar de estacionamento na distância 0,5 e 1 km;
	0,75	Paragem de transportes públicos e/ou lugar de estacionamento a menos de 0,5 km;
	1,00	Paragem de transportes públicos e/ou lugar de estacionamento a não mais de 200 m do geossítio;
(VT03) Segurança		
	0	Fenômenos de perigo comprovados ou persistentes (quedas de rochas, deslizamentos de terra) que possam colocar em risco os visitantes, acesso por conta e risco;
	0,25	Fenômenos de perigo existentes, mas limitados, que podem colocar os visitantes em perigo;
	0,50	Fenômenos de perigo hipotéticos, mas se as regras de segurança forem respeitadas, o local é bastante seguro para os visitantes;
	0,75	O site é bastante seguro;
	1,00	Local é seguro para todos, a movimentação no local não pode ser perigosa;
(VT04) Infraestrutura e instalações turísticas		
	0	Sem instalações;
	0,25	Muito limitado (caminhos não sinalizados);
	0,50	Caminhos turísticos que levam ao local (ou próximo a ele);
	0,75	Caminhos turísticos sinalizados, abrigos turísticos, bancos;
	1,00	Infraestrutura completa (caminhos, abrigos, eventualmente algumas barracas com bebidas e comidas ou produtos locais);
Valor de Conservação (VC)		
(VC01) Ameaças atuais (vulnerabilidade)		
	0	Processos existentes e em curso que levam à destruição do sítio sem planos de recuperação;
	0,25	Local atualmente ameaçado por atividades antrópicas, mas há planos para diminuir esse impacto;
	0,50	Ameaças potenciais que podem colocar o local em perigo, mas são gerenciadas ou são possíveis de diminuir caso ocorram;
	0,75	Baixos riscos antrópicos, ameaças naturais existentes e bem geridas;
	1,00	O local não está ameaçado por processos naturais ou atividades humanas;
(VC02) Proteção legislativa		
	0	Sem proteção legal, não na base de dados de geossítios do Serviço Geológico;
	0,25	Incluído no Banco de Dados, monitoramento contínuo do site, mas sem proteção legal;
	0,50	Categoria Elemento Importante da Paisagem;
	0,75	Categoria Monumento/Reserva Natural
	1,00	Categoria Monumento/Reserva Natural Nacional

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Após a atribuição de pesos a cada subcritério e o cálculo da média simples para a obtenção das pontuações dos valores considerados (científico, educacional, agregado, turístico e de conservação), foi realizada uma análise de correlação entre os cinco valores. Adicionalmente, efetuou-se uma análise de correlação entre os subcritérios de cada valor. O estudo abrangeu 23 localidades do Geoparque da Quarta Colônia, resultando em 23 medições para cada valor e seus respectivos subcritérios.

Para mensurar as correlações, utilizou-se o coeficiente de correlação de *Pearson*, calculado com base no produto das diferenças entre as pontuações das variáveis e suas respectivas médias. As análises foram realizadas utilizando a linguagem *Python*, no ambiente *Google Colaboratory*, com suporte do software livre *JASP* (versão 0.18.3). Foram empregadas as bibliotecas *Pandas*, *NumPy*, *Matplotlib.pyplot*, *Seaborn* e *Scipy.stats* para a execução das análises estatísticas e de visualização de dados.

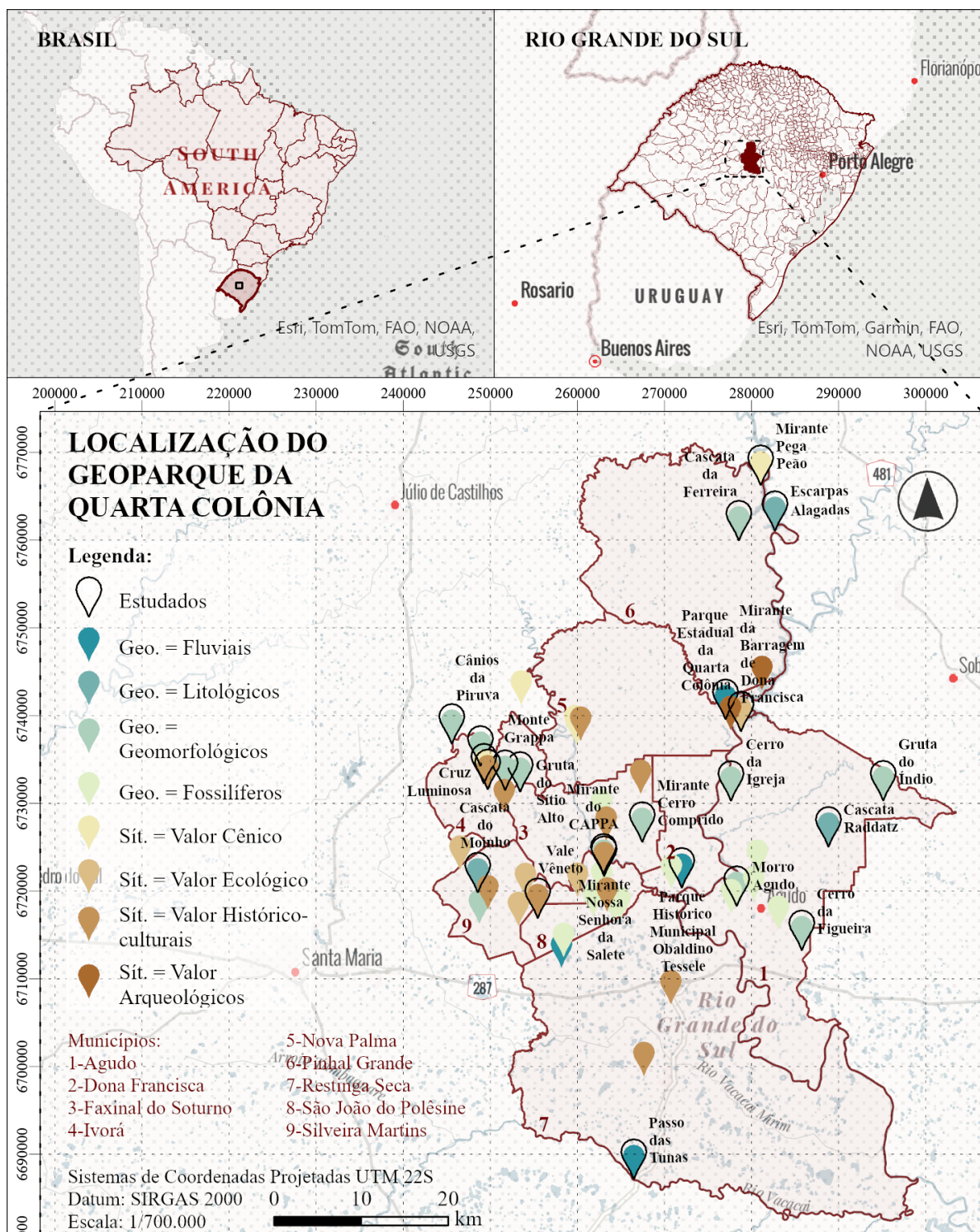
Adicionalmente, foi conduzida uma análise de agrupamentos, utilizando as bibliotecas *sklearn.Cluster* e *scipy.Cluster.hierarchy*. A análise hierárquica de agrupamentos foi implementada com o método de combinação *ward*, que minimiza a variância dentro dos *Clusters* durante o processo de fusão, e a métrica *euclidean*, empregada para calcular distâncias no espaço multidimensional. Essa abordagem resultou na formação de quatro *Clusters*.

Posteriormente, os resultados dessa análise hierárquica foram comparados com uma análise de *Clusters* realizada nos softwares *GeoDa* e *ArcGIS Pro*. Nessa comparação, foi utilizado o algoritmo *K-Means*, que busca minimizar a variância intra*Cluster* e maximizar a variância inter*Cluster*, com a definição de quatro *Clusters*. A comparação considerou a localização espacial dos pontos em relação aos valores atribuídos, proporcionando uma avaliação abrangente da consistência e das diferenças entre os métodos de agrupamento.

4 A REGIÃO/GEOPARQUE DA QUARTA COLÔNIA

O Geoparque da Quarta Colônia (Figura 1), localizado no centro do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, foi reconhecido como um dos 18 novos geoparques mundiais em 2023. Até 2024, a Rede Global de Geoparques conta com 213 locais em 48 países, concentrados principalmente na Europa e na Ásia. O Brasil possui 6 geoparques entre os 10 existentes na América do Sul e 18 em todo o continente americano.

Figura 1 – Localização do Geoparque Quarta Colônia e identificação dos geossítios e sítios alvos de estudo.



Legenda: Geo= geossítios; Sit= sítios
Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Abrangendo nove pequenos municípios, o geoparque cobre uma área de 2.923 km² e apresenta 54 locais divididos em 23 sítios e 31 geossítios. Os geossítios possuem valores litológico/sedimentológico, fossilífero, geomorfológico e fluvial/hidrológico, enquanto os sítios se destacam por valores ecológicos, cênicos, histórico-culturais e arqueológicos. A área

é marcada pela transição geomorfológica entre o Planalto Meridional Brasileiro e a Depressão Periférica Sul-Riograndense, situada entre os biomas Mata Atlântica e Pampa, e é banhada pela bacia do rio Jacuí, destacando sua importância estratégica e ambiental.

O nome "Quarta Colônia" faz referência ao quarto núcleo de colonização italiana no estado, iniciado em 1877, complementando os imigrantes alemães estabelecidos desde 1855. Antes disso, a região foi habitada por povos indígenas Guaranis e Kaingang, que deixaram vestígios arqueológicos relevantes. Além disso, fósseis de dinossauros com mais de 230 milhões de anos conferem ao território importância paleontológica internacional.

Embora os geossítios fossilíferos tenham alta relevância científica, eles são destinados exclusivamente à pesquisa, com visitas organizadas pelo CAPPa da Universidade Federal de Santa Maria, seguindo metodologias específicas de avaliação descritas na literatura como de Mampel *et al.*, 2009. Assim, dos 31 geossítios, 11 fossilíferos foram excluídos das análises, e 17 geossítios e 6 sítios foram selecionados para avaliação, priorizando locais conhecidos pelos autores. Esses esforços buscam contribuir para a geoconservação, o desenvolvimento de projetos geoturísticos e a revalidação do selo de geoparque.

5 AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS GEOSSÍTIOS E SÍTIOS

5.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

A Tabela 1 apresenta os resultados da avaliação dos 17 geossítios e 6 sítios, destacando os valores obtidos em relação aos cinco critérios: Valor Científico (VS), Valor Educacional (VE), Valor Agregado (VA), Valor Turístico (VT) e Valor de Conservação (VC), bem como o Valor Geoturístico Total, calculado como a média desses cinco valores. Estes resultados permitem uma visão detalhada da avaliação de cada geossítio e sítio, identificando tanto os pontos fortes quanto as áreas que demandam atenção, além de fornecerem subsídios para o desenvolvimento de atividades geoturísticas.

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos 17 geossítios e 6 sítios avaliados conforme as faixas de valores atribuídos, permitindo observar a concentração das pontuações nos diferentes critérios analisados. Verifica-se que mais de 70% dos locais apresentaram classificação média no Valor Geoturístico Total, com destaque para os Valores Educacionais e Agregados, que se mostraram predominantemente acima da média.

Observa-se que o Valor Científico (VS) apresentou uma distribuição concentrada em pontuações baixas, com apenas 4,35% dos locais classificados acima da média (índice superior a 0,59), enquanto o Valor Educacional (VE) apresentou predominância de pontuações acima da média. O Valor Agregado (VA), que abrange os aspectos ecológicos, estéticos e culturais, mostrou que a maioria dos locais se situa na faixa intermediária de pontuação (entre 0,20 e 0,79). No critério Valor Turístico (VT), mais de 82% dos sítios e geossítios receberam pontuação média ou superior, destacando-se principalmente nos critérios de visibilidade e segurança. E em relação ao Valor de Conservação (VC), a maioria dos geossítios e sítios obteve pontuação média.

Tabela 1 – Resultados obtidos em cada local em relação aos 5 valores.

Nome	Valor Científico (VS)	Valor Educacional (VE)	Valor Agregado (VA)	Valor Turístico (VT)	Valor de Conservação (VC)	Valor Geoturístico Total
Mirante Paga Peão	0,65	0,42	0,58	0,25	0,13	0,41
Cruz Luminosa	0,45	0,50	0,67	0,50	0,38	0,50
Parque Estadual da Quarta Colônia	0,60	0,75	0,50	0,25	0,63	0,55
Centro Histórico de Ivorá	0,20	0,75	0,25	0,69	0,50	0,48
Mirante Nossa Senhora da Salete	0,20	0,75	0,33	0,75	0,50	0,51
Vale Vêneto	0,20	0,75	0,42	0,75	0,38	0,50
Parque Hist.Mun. Obaldino Tessele	0,55	0,75	0,58	0,75	0,25	0,58
Passo das Tunas	0,45	0,58	0,67	0,81	0,25	0,55
Mirante da Barragem de Dona Francisca	0,25	0,50	0,33	0,63	0,25	0,39
Parque Mun.Natural Monte Grappa	0,45	0,42	0,83	0,63	0,50	0,57
Cascata Cara de Índio	0,30	1,00	0,50	0,56	0,38	0,55
Cerro da Figueira	0,30	0,75	0,67	0,63	0,25	0,52
Morro Agudo	0,50	0,75	0,83	0,44	0,38	0,58
Gruta do Sítio Alto	0,35	0,75	0,67	0,81	0,50	0,62
Cerro da Igreja	0,10	0,58	0,58	0,19	0,50	0,39
Cânions da Piruva	0,40	0,83	0,58	0,44	0,38	0,53
Mirante Cerro Comprido	0,50	0,67	0,75	0,88	0,50	0,66
Mirante do CAPPÁ	0,45	0,50	0,58	0,56	0,38	0,49
Gruta do Índio	0,20	0,58	0,33	0,25	0,25	0,32
Cascata da Ferreira	0,35	0,67	0,42	0,50	0,38	0,46
Escarpas Alagadas	0,55	0,75	0,67	0,63	0,50	0,62
Cascata Raddatz	0,40	1,00	0,42	0,44	0,38	0,53
Cascata do Moinho	0,30	0,67	0,42	0,56	0,38	0,46

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Tabela 2 – Distribuição dos 23 locais estudados por tipo de valor atribuído.

	Valor Científico	Valor Educacional	Valor Agregado	Valor Turístico	Valor de Conservação	Valor Geoturístico Total
0,00 - 0,19 (baixo índice)	21,74%	-	-	4,35%	4,35%	-
0,20 - 0,39	34,78%	-	17,39%	13,04%	60,87%	13,04%
0,40 - 0,59	39,13%	34,78%	47,83%	34,78%	30,43%	73,91%
0,60 - 0,79	4,35%	52,17%	26,09%	34,78%	4,35%	13,04%
0,80 - 1,00 (alto índice)	-	13,04%	8,70%	13,04%	-	-

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

5.2 IMPLICAÇÕES PARA O GEOTURISMO

O desempenho limitado do Valor Científico (VS) pode ser atribuído à reduzida raridade dos geossítios na área de estudo, com poucos locais de caráter extraordinário, bem como ao reconhecimento científico restrito, uma vez que muitas dessas áreas são conhecidas apenas no contexto local, estadual ou nacional, carecendo de maior visibilidade internacional.

A proeminência do Valor Educacional (VE) deve-se à relevância dos locais avaliados para atividades educativas, consideradas essenciais ao geoturismo sustentável. Já o Valor Agregado (VA) indica que os geossítios e sítios possuem potencial significativo, embora ainda exista margem para ampliação desse atributo. Esse valor é particularmente importante para o desenvolvimento de atividades geoturísticas, pois ele relaciona a geodiversidade com a biodiversidade e a cultura local. O Valor Agregado pode ser ampliado a partir do engajamento comunitário e do incentivo a práticas de valorização cultural e apropriação social do patrimônio.

A considerável pontuação do Valor Turístico (VT) merece ressalvas, pois há limitações no aspecto da acessibilidade, especialmente devido à falta de transporte público nas áreas rurais onde se localizam a maioria dos geossítios, representando um desafio para o fácil acesso aos locais. Apesar dessas limitações, os locais avaliados são amplamente utilizados para lazer e recreação, em parte devido à falta de alternativas como parques e praças nos municípios. A infraestrutura existente foca principalmente na segurança, com a população local frequentemente se organizando para suprir a ausência de serviços turísticos adequados. Além disso, a visibilidade proporcionada pela topografia desses locais favorece a atração de visitantes, que podem desfrutar de uma ampla visão da região do geoparque, tanto in situ quanto a partir de pontos externos.

Em relação ao Valor de Conservação (VC), os resultados sugerem baixa vulnerabilidade dos geossítios e sítios avaliados. Entretanto, a ausência de instrumentos formais de proteção legal limitou a obtenção de pontuações mais elevadas nesse critério. Embora a maioria dos geossítios e sítios não esteja diretamente ameaçada por processos naturais ou ações antrópicas intensas, a ausência de instrumentos legais de proteção representa uma limitação importante para garantir sua conservação em longo prazo.

De modo geral, a distribuição dos valores na Tabela 2 mostra que, embora nenhum geossítio ou sítio tenha sido classificado nas faixas extremas (mais baixa ou mais alta), a maioria dos geossítios apresenta potencial significativo para o desenvolvimento de atividades geoturísticas, particularmente no que se refere à educação e à conexão com aspectos ecológicos e culturais.

Os resultados indicam que os geossítios e sítios analisados possuem potencial para o desenvolvimento do geoturismo, com destaque para os aspectos educacionais e agregados. Entretanto, a consolidação desse potencial depende de investimentos em acessibilidade, fortalecimento dos instrumentos de proteção legal e ampliação das ações de geoconservação. As análises evidenciam a necessidade de planejamento estratégico voltado às especificidades de cada local, buscando qualificar as práticas geoturísticas e fortalecer a preservação do patrimônio em longo prazo.

6 CORRELAÇÃO E REGRESSÃO DOS SUBCRITÉRIOS E DOS VALORES

A análise de correlação e regressão entre os subcritérios e os valores geoturísticos oferece uma compreensão detalhada das relações entre os diferentes fatores que influenciam a avaliação dos geossítios. Para isso, foi realizada uma correlação entre os critérios de cada valor e entre os valores, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, com o objetivo de identificar as relações mais significativas e os potenciais preditores para a avaliação geoturística. A seguir, são apresentadas as correlações mais significativas, tanto positivas quanto negativas, que revelam interações importantes para o desenvolvimento do geoturismo na área estudada.

6.1 CORRELAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS DO VALOR CIENTÍFICO (VS)

A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação dos subcritérios do Valor Científico (VS), analisados para identificar as relações entre as variáveis que compõem esse valor. Os resultados revelaram algumas correlações significativas, sendo as mais notáveis aquelas entre os seguintes subcritérios:

Tabela 3 – Correlação dos subcritérios do Valor Científico

Subcritérios	VS01	VS02	VS03	VS04	VS05
VS01	1				
VS02	-0.141	1			
VS03	-0.380	0.379	1		
VS04	-0.147	0.407	0.114	1	
VS05	-0.125	0.639**	0.405	0.412	1

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

- VS01 (Integridade e Status Atual do Site) e VS05 (Significado Paleogeográfico): correlação positiva significativa foi observada entre esses subcritérios ($r = 0.639$, $p < 0.01$).
- VS02 (Raridade) e VS05 (Significado Paleogeográfico): correlação positiva moderada ($r = 0.405$, $p < 0.05$).
- VS03 (Diversidade Interna das Características das Ciências da Terra) e VS05 (Significado Paleogeográfico): correlação positiva moderada ($r = 0.412$, $p < 0.05$).

Outras correlações entre os subcritérios, como VS01 com VS02 ($r = -0.141$), e VS04 com VS03 ($r = 0.114$), não apresentaram significância estatística relevante.

A forte associação observada entre a integridade (VS01) e o significado paleogeográfico (VS05) ($r = 0.639$, $p < 0.01$) sugere que sítios com maior integridade e status preservados tendem a ter um maior significado paleogeográfico. Isso implica que os sítios bem preservados, com pouca intervenção humana, possuem um valor significativo na compreensão dos processos geológicos ao longo do tempo. Paralelamente, a correlação positiva da raridade (VS02) e significado paleogeográfico (VS05) ($r = 0.405$, $p < 0.05$) indica que sítios raros podem apresentar também um alto significado paleogeográfico, reforçando a importância de sítios raros para a preservação de registros geológicos valiosos. Assim como a correlação positiva entre diversidade interna (VS03) e significado paleogeográfico (VS05) ($r = 0.412$, $p < 0.05$) sugere que sítios com uma maior diversidade geológica interna podem ter um valor paleogeográfico relevante, reforçando sua importância para os estudos científicos.

Em contrapartida, a ausência de significância estatística de VS01 com VS02 ($r = -0.141$), e VS04 com VS03 ($r = 0.114$), sugerem que tais atributos operam de forma independente, não influenciando o valor científico. Esses resultados indicam que o Valor Científico dos geossítios é fortemente influenciado pela integridade e preservação dos sítios, bem como pelo seu significado paleogeográfico, refletindo a importância da conservação em longo prazo e do estudo detalhado dos processos geológicos para a avaliação científica desses locais.

6.2 CORRELAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS DO VALOR EDUCACIONAL (VE)

A Tabela 4 apresenta a matriz de correlação dos subcritérios do Valor Educacional (VE). As correlações observadas entre os subcritérios mostram que, em geral, as relações entre esses elementos não são muito fortes. As correlações mais relevantes são:

Tabela 4 – Correlação dos subcritérios do Valor Educacional.

Subcritérios	VE01	VE02	VE03
VE01	1		
VE02	0.009	1	
VE03	-0.118	-0.196	1

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

- VE01 (Representatividade) e VE02 (Potencial Didático): não há correlação significativa.
- VE01 (Representatividade) e VE03 (Materiais Interpretativos): correlação negativa.
- VE02 (Potencial Didático) e VE03 (Materiais Interpretativos): correlação negativa.

As correlações indicam, respectivamente: que um sítio representativo não necessariamente possui alto potencial didático; que sítios representativos nem sempre têm materiais interpretativos adequados; e que o potencial didático não depende diretamente dos materiais disponíveis, indicando que outros fatores influenciam a eficácia educativa. Assim, há indícios que, para melhorar o valor educacional, é necessário desenvolver materiais interpretativos e considerar o contexto educativo de cada local.

6.3 CORRELAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS DO VALOR AGREGADO (VA)

A Tabela 5 mostra as correlações entre os subcritérios do Valor Agregado (VA):

Tabela 5 – Correlação dos subcritérios do Valor Agregado

Subcritérios	VA01	VA02	VA03
VA01	1		
VA02	0.487**	1	
VA03	-0.327	-0.409	1

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

- VA01 (Aspecto Ecológico) e VA02 (Aspecto Estético): existe uma correlação positiva significativa ($r = 0.487$, $p < 0.01$).
- VA01 (Aspecto Ecológico) e VA03 (Aspectos Culturais): correlação negativa ($r = -0.327$).
- VA02 (Aspecto Estético) e VA03 (Aspectos Culturais): correlação negativa ($r = -0.409$).

As correlações sugerem, respectivamente: que locais com aspectos ecológicos relevantes tendem a apresentar também características estéticas atrativas; que locais com maior relevância ecológica podem ter menos aspectos culturais associados; e que locais com características estéticas notáveis podem ter menos aspectos culturais vinculados a eles. Esses resultados destacam que os aspectos ecológicos e estéticos podem ser interligados, mas os aspectos culturais frequentemente não acompanham esses dois primeiros em termos de correlação.

6.4 CORRELAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS DO VALOR TURÍSTICO (VT)

A Tabela 6 apresenta as correlações entre os subcritérios do Valor Turístico (VT):

- VT01 (Visibilidade) e VT02 (Acessibilidade): correlação negativa ($r = -0.283$).
- VT02 (Acessibilidade) e VT03 (Segurança): existe uma correlação positiva significativa ($r = 0.702$, $p < 0.001$).
- VT03 (Segurança) e VT04 (Infraestrutura e Instalações Turísticas): correlação positiva significativa ($r = 0.665$, $p < 0.001$).

Tabela 6 – Correlação dos critérios do Valor Turístico

Variáveis	VT01	VT02	VT03	VT04
VT01	1			
VT02	-0.283	1		
VT03	-0.220	0.702***	1	
VT04	-0.093	0.375	0.665***	1

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

As correlações indicam, respectivamente: que locais com maior visibilidade não necessariamente têm melhor acessibilidade; que locais com boa acessibilidade tendem a apresentar melhor segurança para os visitantes; que locais com boa segurança possuem uma infraestrutura turística mais desenvolvida. Esses resultados refletem uma relação estreita entre segurança e infraestrutura turística, enquanto a visibilidade e a acessibilidade não estão fortemente correlacionadas.

6.5 CORRELAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS DO VALOR DE CONSERVAÇÃO (VC)

A Tabela 7 apresenta a correlação entre os subcritérios do Valor de Conservação (VC): VC01 (Ameaças atuais - Vulnerabilidade) e VC02 (Proteção legislativa), a correlação negativa ($r = -0.250$) sugere que locais com maior vulnerabilidade, ou seja, com mais ameaças atuais, tendem a ter menor proteção legislativa. Esse resultado destaca a necessidade de aumentar a proteção legislativa em locais mais vulneráveis, a fim de preservar e conservar melhor esses geossítios.

Tabela 7 – Correlação dos subcritérios do Valor de Conservação

Variáveis	VC01	VC02
VC01	1	
VC02	-0.250	1

$p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

6.6 CORRELAÇÃO DOS VALORES GEOSTURÍSTICOS

A Tabela 8 apresenta as correlações entre os critérios dos diferentes valores avaliados, fornecendo uma visão abrangente das interações entre os diferentes aspectos do geossítio. Entre os valores utilizados para a avaliação do potencial geoturístico, apenas o par Valor Científico (VS) e Valor Agregado (VA) apresentou uma correlação significativa ($r = 0.569$, $p < 0.01$). Esse resultado sugere que locais com maior relevância científica tendem também a apresentar valores ecológicos, culturais ou históricos mais expressivos. Entretanto, essa relação demanda análises mais aprofundadas, a fim de verificar a consistência dessa associação e compreender a influência de cada fator no contexto geoturístico.

Tabela 8 – Correlação entre os Valores

Variáveis	VS	VE	VA	VT	VC
VS	1				
VE	-0.130	1			
VA	0.569**	-0.207	1		
VT	-0.036	0.135	0.125	1	
VC	-0.078	0.253	0.071	0.086	1

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Em contraste, nenhuma correlação estatisticamente significativa foi identificada entre os outros pares de valores. Isso pode indicar que, apesar da inter-relação entre aspectos científicos, educacionais, turísticos e de conservação, esses valores não se influenciam diretamente, sugerindo que as ações para o desenvolvimento do geoturismo precisam ser abordadas de maneira mais específica para cada critério.

Do ponto de vista científico-turístico, essa ausência de correlação entre certos valores pode ser interessante, pois oferece oportunidades para o planejamento do uso dos geossítios e sítios sem o risco de uma exploração descontrolada que poderia levar à descaracterização dos locais. Contudo, é desfavorável para as correlações entre Valor Científico e Valor de Conservação, o que é um resultado esperado devido ao número reduzido de cadastros no Serviço Geológico Nacional, o que exige a implementação de medidas urgentes para a proteção e monitoramento desses locais.

Além disso, a correlação entre os valores educacionais e valores turísticos também apresenta um grande potencial, mas ainda precisa ser mais explorada. A interação entre esses dois valores é crucial para o desenvolvimento de atividades geoturísticas sustentáveis, pois a educação ambiental é um pilar do geoturismo sustentável, e o turismo bem planejado pode ser uma ferramenta importante para promover a conscientização e a preservação dos geossítios.

As correlações reveladas pela análise oferecem uma base robusta para o planejamento geoturístico, sublinhando a importância de equilibrar a conservação dos geossítios com seu potencial de uso turístico. Contudo, a ausência de correlações em áreas cruciais, como entre o valor científico e a conservação, aponta para lacunas que precisam ser investigadas mais a

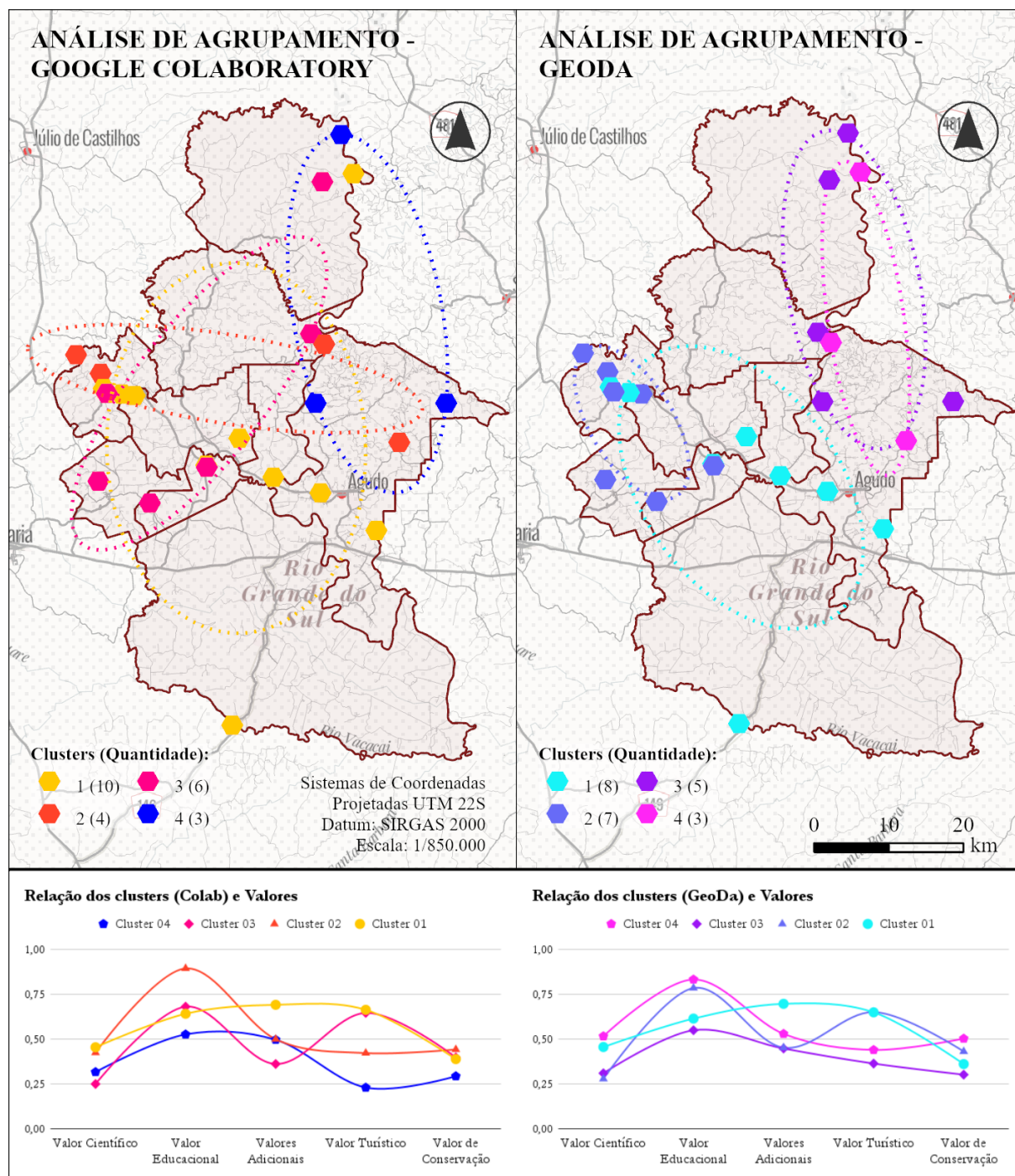
fundo, principalmente no que se refere à implementação de proteções legais adequadas. Além disso, a interação entre valores educacionais e turísticos, que ainda precisa ser mais explorada, mostra grande potencial para o desenvolvimento de práticas geoturísticas sustentáveis.

Por fim, os resultados apontam para a necessidade de um planejamento mais detalhado e específico, que considere as características únicas de cada geossítio e sítio, visando evitar a exploração descontrolada e garantindo uma abordagem equilibrada entre conservação, educação e valorização turística.

7 ANÁLISE COMPARATIVA DOS AGRUPAMENTOS DE GEOSSÍTIOS: COLAB X GEODA

A análise de Cluster realizada com o Google Colaboratory e o software GeoDa resultou em quatro agrupamentos. A localização geográfica dos geossítios foi considerada apenas na análise realizada com o software GeoDa, que possui uma interface capaz de integrar a geolocalização na geração dos agrupamentos. A Figura 2 ilustra os Clusters gerados por ambos os métodos, destacando as semelhanças e disparidades entre os resultados espacialmente e graficamente em função dos valores da avaliação. O Quadro 2 resume as principais características de cada Cluster, permitindo uma comparação direta entre os métodos.

Figura 2 – Resultados da análise de agrupamentos



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Quadro 2 – Caracterização e exemplificação dos *Clusters*

Colab	GeoDa
Cluster 01 – Geoturismo Sustentável (n = 10)	Cluster 01 – Potencial Geoturístico e Educacional (n = 08)
Resultado: O <i>Cluster</i> 01 se caracteriza por geossítios e sítios com um bom potencial educacional, agregado e turístico, com uma média de 0,64 a 0,69 nesses critérios. Discussão: Os valores sugerem que esses locais são adequados para geoturismo e atividades educativas. No entanto, o Valor Científico é moderado, e o Valor de Conservação é relativamente baixo, indicando que, embora esses geossítios possuam grande atratividade turística e educacional, podem necessitar de atenção para melhorar sua preservação e suas condições científicas.	Resultado: O <i>Cluster</i> 01, segundo a análise realizada no GeoDa, se caracteriza por geossítios e sítios com bom valor educacional e agregado, com destaque para o potencial de atividades educativas e culturais. O Valor Turístico é significativo, com alguns geossítios possuindo grande atratividade para o turismo. O Valor Científico é moderado, e o Valor de Conservação é relativamente baixo. Discussão: Há espaço para melhorias em termos de infraestrutura e promoção turística e que esses locais podem necessitar de estratégias de preservação e gestão mais eficazes para garantir sua sustentabilidade a longo prazo.
Cruz Luminosa, Parque Obaldino Tessele, Passo das Tunas, Parque Municipal Natural Monte Grappa, Cerro da Figueira, Morro Agudo, Gruta do Sítio Alto, Mirante Cerro Comprido, Mirante do CAPP, Escarpas Alagadas	Cruz Luminosa, Parque Obaldino Tessele, Passo das Tunas, Parque Municipal Natural Monte Grappa, Cerro da Figueira, Morro Agudo, Mirante Cerro Comprido, Mirante do CAPP
Cluster 02 – Educação e Conservação Potencial (n = 04)	Cluster 02 – Turismo Educacional e Sustentável (n = 07)
Resultado: O <i>Cluster</i> 02 se destaca principalmente pelo seu potencial educacional, com altos valores para esse critério. Discussão: Há indicação de um forte apelo para atividades pedagógicas, de conscientização ambiental e geociências. Além disso, o Valor Científico e Valor Agregado são moderados, sugerindo que esses locais têm algum interesse científico, mas não são os principais centros de pesquisa. O Valor Turístico e o Valor de Conservação são relativamente baixos, o que sugere que esses locais ainda podem precisar de mais desenvolvimento e proteção para atrair turistas e garantir sua sustentabilidade a longo prazo.	Resultado: O <i>Cluster</i> 02 é caracterizado por um alto valor educacional e turístico, o que o torna adequado para programas de educação ambiental e geoturismo. Discussão: Apesar do valor científico ser baixo, os geossítios deste <i>Cluster</i> têm um bom apelo para o turismo e a conscientização ambiental. O valor agregado é razoável, indicando que esses locais têm alguma relevância cultural ou paisagística, mas sem se destacarem de maneira única. A conservação é uma área que necessita de maior foco para garantir a preservação desses locais, especialmente considerando o aumento do turismo.
Parque Estadual da Quarta Colônia, Cascata Cara de Índio, Cânions da Piruva, Cascata Raddatz	Centro Histórico de Ivorá, Mirante Nossa Senhora da Salette, Vale Vêneto, Cascata Cara de Índio, Gruta do Sítio Alto, Cânions da Piruva, Cascata do Moinho
Cluster 03 – Turismo e Educação com Potencial de Conservação (n = 06)	Cluster 03 – Geossítios e Sítios com Potencial Turístico (n = 05)
Resultado: O <i>Cluster</i> 03 é caracterizado por um valor educacional razoável, com alguma atratividade turística, mas com baixo valor científico e agregado. Discussão: Embora esses geossítios e sítios não sejam de grande relevância científica, eles têm um potencial importante para atividades educacionais e turísticas. A conservação também é uma área que precisa ser aprimorada, uma vez que o valor de conservação está em um nível moderado.	Resultado: O <i>Cluster</i> 03 apresenta valores moderados a baixos em todas as categorias analisadas. O valor científico e o valor turístico são os mais baixos. O valor educacional é moderado e o valor agregado também não é significativo. Discussão: Há limitada relevância para a pesquisa e atratividade reduzida para os turistas. Em contrapartida, sugere potencial para uso em atividades educativas. A conservação é uma área de preocupação, com um valor baixo, indicando que

	esses geossítios podem precisar de esforços mais eficazes para garantir sua preservação.
Centro Histórico de Ivorá, Mirante Nossa Senhora da Salete, Vale Vêneto, Mirante da Barragem de Dona Francisca, Cascata da Ferreira, Cascata do Moinho	Mirante Paga Peão, Mirante da Barragem de Dona Francisca, Cerro da Igreja, Gruta do Índio, Cascata da Ferreira
Cluster 04 – Baixo Potencial Turístico e Científico (n = 03)	Cluster 04 – Geossítios e Sítio com Alto Potencial Educacional e Modesto Potencial Turístico (n = 03)
Resultado: O <i>Cluster</i> 04 apresenta valores baixos a moderados nas diferentes categorias, destacando-se especialmente pelo baixo valor turístico e pela baixa pontuação em conservação. Discussão: Há indicação de que os geossítios desse <i>Cluster</i> têm um potencial limitado para o turismo e podem estar vulneráveis à degradação, com uma necessidade de estratégias de conservação mais eficazes. O valor educacional é moderado, sugerindo um uso possível em contextos locais de ensino, mas esses geossítios não são de grande relevância científica ou cultural.	Resultado: O <i>Cluster</i> 04 revela um grupo de geossítios com potencial significativo em termos educacionais, mas com valores mais baixos nas dimensões turísticas e de conservação. Discussão: Os valores indicam a importância para atividades educativas, oferecendo um grande valor para a conscientização geológica e ambiental, mas apresentam restrições quanto à atratividade turística e podem estar enfrentando desafios de conservação. O valor científico é moderado, sugerindo que esses locais são de algum interesse para pesquisas, mas sem grande destaque no contexto global.
Mirante Paga Peão, Cerro da Igreja, Gruta do Índio	Parque Estadual da Quarta Colônia, Escarpas Alagadas, Cascata Raddatz

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A análise dos *Clusters* revela que, apesar das semelhanças no perfil de valorização dos geossítios entre os dois métodos (*Colab* e *GeoDa*), existem diferenças importantes que podem influenciar as estratégias de planejamento geoturístico.

- *Cluster* 01: Ambos os métodos destacam este *Cluster* como o mais promissor para o desenvolvimento de um roteiro geoturístico, com forte apelo para o turismo e alta valorização educacional. Os locais como o Parque Obaldino Tessele e o Morro Agudo têm grande potencial para o turismo de massa e atividades educativas.
- *Cluster* 02: No *Colab*, este *Cluster* destaca-se pelo foco em conservação e educação, com valor científico e educacional mais elevados. No entanto, a atratividade turística é limitada, sugerindo um foco em ecoturismo e programas de conscientização ambiental. No *GeoDa*, esse *Cluster* também destaca o potencial educacional e turístico, mas com maior ênfase na preservação, com a necessidade de aprimorar estratégias de conservação para garantir a sustentabilidade.

- *Cluster 03*: No Colab, este *Cluster* mostra bons valores educacionais e turísticos, mas com foco limitado na conservação e pesquisa científica. No GeoDa, esse *Cluster* apresenta valores mais baixos em todas as categorias, sendo mais adequado para atividades culturais e naturais, com uma ênfase maior na preservação e gestão.
- *Cluster 04*: Ambos os métodos mostram este *Cluster* com foco em atividades educacionais e de conservação, mas com limitada atratividade turística. Esses locais são adequados para nichos específicos, como turismo educacional e de preservação ambiental, mas necessitam de estratégias de conservação mais eficazes.

Dentre os quatro *Clusters*, o *Cluster 01* parece ser o mais viável para um desenvolvimento geoturístico abrangente. Além disso, a unificação dos exemplares do *Cluster 04* das duas análises, combinando os exemplares dos *Clusters 03* (GeoDa) e *02* (Colab), pode resultar em um modelo mais integrado e eficiente. Para os *Clusters 02* (GeoDa) e *03* (Colab), é recomendável uma análise mais aprofundada de outros sítios do geoparque não contemplados nesta análise, o que pode resultar em uma maior harmonia e em um turismo temático mais inclusivo.

Embora a classificação dos *Clusters* forneça uma base sólida para o desenvolvimento de atividades geoturísticas, é importante ressaltar que cada geossítio deve ser tratado de forma individualizada, respeitando suas características únicas. A utilização da análise de *Clusters* deve ser vista como uma diretriz inicial, e ajustes periódicos devem ser realizados para refletir mudanças no perfil de cada local ao longo do tempo, com foco no seu desenvolvimento sustentável e na adaptação às necessidades do público e da conservação.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou a importância da integração de métodos quantitativos e análise espacial no planejamento geoturístico, utilizando o Geoparque da Quarta Colônia como área de estudo. A aplicação dos métodos de pontuação geoturística e a análise de agrupamentos forneceram uma base sólida para identificar áreas prioritárias para o desenvolvimento do geoturismo, integrando aspectos de geodiversidade, ecologia e cultura da região.

Os resultados indicaram que os *Clusters* gerados pelos dois softwares utilizados (*Google Colaboratory* e *GeoDa*) oferecem perspectivas valiosas para a formulação de estratégias de desenvolvimento sustentável do geoturismo. Locais com alta atratividade turística e educacional foram destacados como ideais para integrar um roteiro geoturístico de alta valorização, enquanto outras áreas, mais focadas na preservação e educação, mostraram relevância para o fortalecimento da educação geológica e da conservação da geodiversidade, embora com menor atratividade para o turismo de massa.

No entanto, algumas limitações metodológicas foram observadas. A aplicação do método evidenciou a necessidade de adaptações à realidade regional, especialmente devido à ausência de infraestrutura de transporte público em zonas urbanas e rurais municipais, um dos critérios avaliados. Essa falta de acessibilidade impactou significativamente os resultados, uma vez que o transporte é um fator essencial para o desenvolvimento do geoturismo. Além disso,

a seleção de geossítios e sítios de geodiversidade influenciou os resultados, já que os sítios com menor valor científico obtiveram pontuações mais baixas, o que gerou desconexões nos agrupamentos.

Para abordar essas questões, recomenda-se realizar avaliações separadas para geossítios e sítios de geodiversidade, quando for o caso, sendo estes últimos uma possibilidade complementar para roteiros geoturísticos baseados nos agrupamentos de geossítios. Alternativamente, a avaliação poderia ser aplicada em roteiros já estabelecidos, permitindo potencializar o geoturismo e promovendo melhorias na infraestrutura e na divulgação do território.

Além disso, sugere-se incorporar novos fatores à avaliação que não foram considerados no método de Kubáliková *et al.* (2021), mas que são abordados por outros autores. Esses fatores incluem: valor paisagístico detalhado (pontos de vista, contraste de cores, elevação), como proposto por Pralong (2005); valor de proteção específico (número adequado de visitantes), segundo Vujicic *et al.* (2011); integração de valores ecológicos e econômicos, bem como o enfoque na fragilidade e intensidade de uso turístico, conforme Fassoulas *et al.* (2012); valor educacional e turístico com mais subcategorias, como segurança, logística e proximidade, além de uma análise aprofundada do risco de degradação e densidade populacional, conforme sugerido por Brilha (2016); valor turístico com subcategorias emocionais e estéticas, além da proximidade de outras atrações, e uma ênfase na informação multilíngue e na sustentabilidade, conforme Suzuki e Takagi (2018).

A inclusão de fatores como os citados pode enriquecer as análises, aprimorar a precisão dos resultados e oferecer uma base mais sólida para a formulação de estratégias voltadas ao geoturismo sustentável. Nesse contexto, é fundamental considerar as características regionais como ponto de partida. A interação desses fatores com as condições ambientais, culturais e socioeconômicas locais deve ser avaliada cuidadosamente, ajustando os pesos e as categorias de acordo com as prioridades regionais identificadas.

A análise revelou também que, embora a maioria dos geossítios avaliados apresente valores geoturísticos médios, há uma diferença significativa entre os critérios analisados, como o valor científico e educacional. O valor científico, com frequência abaixo da média, reflete a escassez de sítios raros e de difícil acesso, como os fósseis, enquanto o valor educacional, predominantemente acima da média, destaca o grande potencial dos geossítios e sítios analisados para o fortalecimento da educação geológica e geoturismo sustentável.

Ademais, a pesquisa ressaltou que, embora a infraestrutura turística do Geoparque da Quarta Colônia seja adequada, ainda há necessidade de aprimoramento nas áreas de geoconservação, engajamento comunitário e, principalmente, nas proteções legislativas. A conscientização da comunidade local e dos visitantes é fundamental para garantir o sucesso do geoturismo e a preservação dos geossítios, principalmente no que tange à educação e à conscientização ambiental.

A análise espacial revelou que os resultados dos agrupamentos podem apoiar a criação de percursos e itinerários temáticos, conectando as diferentes áreas do geoparque de maneira harmônica e sustentável. Para tanto, é necessário um planejamento integrado, levando em consideração as particularidades de cada geossítio, visando equilibrar a proteção e a promoção do geoturismo. A implementação de um plano robusto de geoconservação e a valorização dos

sítios educacionais podem promover a visibilidade internacional do geoparque, além de beneficiar a economia local.

Finalmente, o estudo sugere que a garantia do sucesso contínuo do Geoparque da Quarta Colônia depende do acompanhamento e da reavaliação periódica dos geossítios e da infraestrutura existente. A implementação de estratégias de fomento ao geoturismo deve ser acompanhada de medidas para corrigir deficiências estruturais e legais, fortalecendo a sustentabilidade e o desenvolvimento do geoparque a longo prazo. O futuro do geoturismo na região exige colaboração entre as autoridades locais, as comunidades e os visitantes, garantindo a valorização integrada do patrimônio geológico, cultural e paisagístico da região.

AGRADECIMENTOS E INFORMAÇÕES

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio de concessão de bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. G. et al. Análise do potencial turístico do distrito de Itaitu (Jacobina-BA) e seus reflexos para o desenvolvimento local. **DRd - Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 3, n. 1, p. 196–215, 2013. Doi: 10.24302/drd.v3i1.262.
- BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119–134, 2016. Doi: 10.1007/s12371-014-0139-3.
- BRILHA, J. et al. Geodiversity: an integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science & Policy*, v. 86, p. 19–28, 2018. DOI: 10.1016/j.envsci.2018.05.001.
- BRUSCHI, V. M. et al. A statistical approach to the validation and optimisation of geoheritage assessment procedures. **Geoheritage**, v. 3, p. 131–149, 2011. Doi: 10.1007/s12371-011-0038-9.
- CAI, Y. et al. The importance of interpretation in promoting geotourism to the Daigu landform. **Geoheritage**, v. 16, p. 66, 2024. Doi: 10.1007/s12371-024-00950-0.
- CORATZA, P. et al. Recognition and assessment of geomorphosites in Malta at the Il-Majjistral Nature and History Park. **Geoheritage**, v. 3, p. 175–185, 2011. Doi: 10.1007/s12371-011-0034-0.
- DRÁPELA, E. et al. Motivation and preferences of visitors in the Bohemian Paradise UNESCO Global Geopark. **Geosciences**, v. 11, n. 3, p. 116, 2021. Doi: 10.3390/geosciences11030116.

FARSANI, N. T.; COELHO, C.; COSTA, C. Geotourism and geoparks as novel strategies for socio-economic development in rural areas. **International Journal of Tourism Research**, v. 13, n. 1, p. 68–81, 2011. Doi: 10.1002/jtr.800.

FASSOULAS, C. et al. Quantitative assessment of geotopes as an effective tool for geoheritage management. **Geoheritage**, v. 4, p. 177–193, 2012. Doi: 10.1007/s12371-011-0046-9.

FERREIRA, A. S.; BERNARDY, R. J. Estudo e proposições para desenvolvimento estratégico do turismo no município de Itá (SC). **DRd - Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 8, n. 1, p. 70–89, 2018. Doi: 10.24302/drd.v8i1.1710.

KUBALÍKOVÁ, L. et al. Urban geotourism development and geoconservation: is it possible to find a balance? **Environmental Science & Policy**, v. 121, p. 1–10, 2021. Doi: 10.1016/j.envsci.2021.03.016.

LIMA, F. F.; BRILHA, J.; SALAMUNI, E. Inventorying geological heritage in large territories: a methodological proposal applied to Brazil. **Geoheritage**, v. 2, n. 3, p. 91–99, 2010. Doi: 10.1007/s12371-010-0014-9.

MAMPEL, L. et al. An integrated system of heritage management applied to dinosaur sites in Teruel (Aragón, Spain). **Geoheritage**, v. 1, p. 53–73, 2009. Doi: 10.1007/s12371-009-0005-x.

MUCIVUNA, V. C.; REYNARD, E.; GARCIA, M. G. M. Geomorphosites assessment methods: comparative analysis and typology. **Geoheritage**, v. 11, p. 1799–1815, 2019. Doi: 10.1007/s12371-019-00394-x.

PEREIRA, P.; PEREIRA, D. I.; ALVES, M. I. C. **Avaliação do património geomorfológico: proposta de metodologia**. Lisboa: Associação Portuguesa de Geomorfólogos, 2007. (Publicações da APGeom, v. 5, p. 235–247). Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7406>. Acesso em: jun. 2024.

PEREIRA, P.; PEREIRA, D. I.; ALVES, M. I. C. The geomorphological heritage approach in protected areas: geoconservation vs. geotourism in Portuguese natural parks. **Memoria Descrittiva della Carta Geologica d'Italia**, v. 87, p. 135–144, 2009. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/18224>. Acesso em: jun. 2024.

PRALONG, J.-P. A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. **Géomorphologie**, v. 11, n. 3, 2005. Doi: 10.4000/geomorphologie.350.

REINHART, H. et al. Assessment of geological diversity, geosites, and geotourism potencies at Menoreh Mountain. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 11, n. 3, p. 385–406, 2023. Doi: 10.1016/j.ijgeop.2023.05.005.

REYNARD, E. et al. Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. **Geoheritage**, v. 8, p. 43–60, 2016. Doi: 10.1007/s12371-015-0153-0.

SANTOS, D. S. et al. Methodological proposal for the inventory and assessment of geomorphosites. **Environmental Management**, v. 66, p. 476–497, 2020. Doi: 10.1007/s00267-020-01324-2.

SANTOS, D. S. et al. The specificities of geomorphosites and their influence on assessment procedures. **Geoheritage**, v. 11, p. 2045–2064, 2019. Doi: 10.1007/s12371-019-00411-z.

SCHWERZ, J. P. **Patrimônio e planejamento**: aproximações a partir da paisagem de Agudo (RS). 2017. Dissertação (Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SISTO, M.; DI LISIO, A.; RUSSO, F. Geosite assessment as a tool for the promotion and conservation of Irpinia landscape geoheritage. **Resources**, v. 11, p. 97, 2022. Doi: 10.3390/resources11100097.

SUZUKI, D. A.; TAKAGI, H. Evaluation of geosite for sustainable planning and management in geotourism. **Geoheritage**, v. 10, p. 123–135, 2018. Doi: 10.1007/s12371-017-0225-4.

VUJIČIĆ, M. D. et al. Preliminary geosite assessment model (GAM). **Acta Geographica Slovenica**, v. 51, n. 2, p. 361–376, 2011. Doi: 10.3986/AGS51303.

WERKA, G. et al. Turismo rural e de pesca como estratégia de desenvolvimento local. **DRd - Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 14, p. 172–189, 2024. Doi: 10.24302/drd.v14.4845.

ZOUROS, N. C. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece. **Geographica Helvetica**, v. 62, p. 169–180, 2007. Doi: 10.5194/gh-62-169-2007.