

UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA MENSURAÇÃO SERVIÇOS GEOSISTÊMICOS EM POTENCIAIS SÍTIOS DE GEODIVERSIDADE

Danielle Piuzana Mucida ¹
Bruno Moraes Corrêa ²
Marcelino Santos de Morais³

INTRODUÇÃO

A geologia é uma parte essencial do “capital natural” do planeta, representando o estoque de ativos naturais globais que sustentam a vida. Esses ativos fornecem inúmeros benefícios à sociedade, comumente denominados serviços ecossistêmicos (GRAY, 2019). A diversidade de espécies que prospera em um ecossistema está intrinsecamente ligada à variedade de solos, rochas e relevos presentes no ambiente, o que evidencia a interdependência entre biodiversidade e geodiversidade. No entanto, os estudos científicos têm tradicionalmente focado nos serviços ecossistêmicos bióticos, subestimando a importância dos serviços abióticos (GRAY, 2019). Essa visão limitada desconsidera o papel fundamental que os elementos geológicos desempenham na sustentação e na regulação dos ecossistemas, ressaltando a necessidade de uma abordagem mais holística e integrada na conservação do meio ambiente.

A biodiversidade e a geodiversidade são componentes essenciais do patrimônio natural, intimamente ligados aos serviços ecossistêmicos e geossistêmicos, respectivamente (GRAY, 2019; VAN REE et al., 2017). Os serviços ecossistêmicos representam benefícios cruciais fornecidos pelos ecossistemas, que incluem a manutenção, recuperação e melhoria das condições ambientais, impactando diretamente a qualidade de vida das pessoas. Por outro lado, os serviços geossistêmicos referem-se aos bens e serviços que contribuem para o bem-estar humano, originando-se especificamente da subsuperfície terrestre (VAN REE; VAN BEUKERING, 2016).

¹ Professora Associada pelo Curso de Geografia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM danielle.piuzana@ufvjm.edu.br;

² Estudante do curso de Geografia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM bruno.correa@ufvjm.edu.br;

³ Professor Adjunto pelo Curso de Geografia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM santos.marcelino@ufvjm.edu.br.

Brilha (2016) define um sítio de geodiversidade como local com limites bem definido, no qual existe ocorrências geológicas e geomorfológicas *in situ* com alto valor científico, educativo e turístico incluindo-os no patrimônio geológico. O valor e conceito de um sítio de geodiversidade pode variar de acordo com seu potencial para ciência, educação, cultura ou mesmo o turismo. Já o conceito de geossítio caracteriza-se por áreas que se destacam por apresentarem aspectos geológicos singulares, tendo então relevância científica, educacional e turística.

A região de Diamantina, Minas Gerais, encontra-se no setor meridional da Serra do Espinhaço. Apresenta diversos atrativos naturais caracterizados por afloramentos rochosos, paisagens com beleza cênica, ocorrências minerais, sítios arqueológicos e mineiros, muitos dos quais já foram estudados quanto à proposição ou potencial de geodiversidade (CHAVES, MENEGHETTI FILHO, 2002; FERREIRA et al. 2024; MOTTA NETO 2018, SILVA JUNIOR, 2018). Em contrapartida, a região apresenta impactos ambientais como queimadas, processos erosivos, assoreamento e poluição de corpos d'água, áreas degradadas por atividades agropecuárias e mineração, o que tem afetado negativamente a biodiversidade e a geodiversidade local e conseqüentemente, serviços geossistêmicos prestados à sociedade (MUCIDA et al., 2019).

Neste sentido, busca-se o levantamento de serviços geossistêmicos gerados em dois potenciais sítios de geodiversidade próximos à sede urbana de Diamantina. Trata-se de uma proposta de valorização da geoconservação a partir das especificidades regionais da Serra do Espinhaço Meridional e que elencará, para cada sítio analisado, os principais serviços prestados.

MATERIAIS E MÉTODO

Área de estudo

O município de Diamantina localiza-se na mesorregião do Vale do Jequitinhonha e possui área total de aproximadamente 3.981 km². A sede municipal se encontra nas coordenadas geográficas 18' 25° Sul e 43' 60° Oeste, a 1.113 metros de altitude. O clima da região é predominante mesotérmico (Cwb), segundo a classificação de Köppen. Localizada no limite Norte da Serra do Espinhaço Meridional, a região possui uma morfologia caracterizada por planaltos elevados interrompidos por escarpas quartzíticas (SAADI, 1995). A sede urbana caracteriza-se por rochas metassedimentares da Formação São João da Chapada, Sopa Brumadinho e Galho do Miguel, Supergrupo Espinhaço, (CHEMALE JR. et al., 2012). O solo mais comum é o Neossolo Litólico, associado às

rochas quartzíticas (FRANÇA et al. 2018) e presença localizada de Organossolos. O bioma Cerrado é o mais predominante na região (FRANÇA et al., 2018).

Foram escolhidos dois sítios inventariados e quantificados quanto à geodiversidade na região: Turfeira Pau de Fruta e Gruta do Salitre, cujos detalhes encontram nos trabalhos de Ferreira et al. (2023; 2024). A Turfeira Pau-de-Fruta localiza-se a cerca de 6 quilômetros da sede municipal de Diamantina e ocupa uma área de 81,75 hectares, localizada à margem esquerda da rodovia BR-387. A turfeira encontra-se sobre rochas da Formação Sopa Brumadinho e Galho do Miguel, caracterizada por Organossolos Háplicos (CAMPOS et al., 2017). Nos arredores há um abrigo conhecido como Casa de Pedra, com sítios arqueológicos pré-históricos. A turfeira apresentou valor científico de 315 (relevância nacional como geossítio), uso educacional com valor final 220 e turístico, valor final 225 (FERREIRA et al. 2023). O valor final do risco de degradação foi médio, com valor final 210, associado à proximidade com a rodovia MGT 367 (FERREIRA et al. 2023).

A Gruta do Salitre localiza-se a partir da sede urbana de Diamantina em direção ao distrito de Extração, Km 9. Possui três compartimentos: um cânion, uma dolina e uma cavidade. Sua gênese e desenvolvimento vincula-se aos quartzitos e lentes de conglomerado diamantífero da Formação Sopa-Brumadinho (BAGGIO et al., 2012). Na área externa, ou exocarste, os quartzitos apresentam feições ruiformes se destacam na paisagem. O acesso à cavidade se dá por um cânion de aproximadamente 125 m de altura por 10 a 15m de largura, conectado a uma dolina de colapso, feições que apresentam traços da herança morfotectônica do Espinhaço. Quanto ao valor científico apresentou pontuação de 310 pontos, enquadrando-se na categoria de interesse internacional. O geossítio apresenta os valores educacional e turístico, alcançando a pontuação de 290 e 250, respectivamente e apresentou um baixo risco de degradação, com nota 160 (FERREIRA et al. 2024).

Metodologia: Quantificação dos Serviços Geossistêmicos dos potenciais sítios de Geodiversidade

Os sítios foram categorizados de acordo com os serviços geossistêmicos considerando serviços de Regulação, Suporte, Provisionamento, Cultural e de Conhecimento, os quais apresentam 26 subcategorias (GRAY, 2011). As subcategorias mais relevantes são: disponibilidade de água, minerais (energéticos), sedimentos (como serviços de provisionamento), capacidade de armazenamento, formação do solo, habitat

biológico (como suporte às funções do ecossistema) e processos físicos e ciclos bioquímicos (como serviços de regulação) (VAN REE et al., 2017).

Por meio da metodologia participativa, aplicou-se um formulário a atores acadêmicos especialistas nos contextos locais dos sítios (BURKHARD et al. 2009; TEEB, 2018). Para a turfeira Pau de Fruta consultou-se um pedólogo para a Gruta do Salitre foram consultados geólogo e geomorfólogo. Os principais serviços geossistêmicos foram elencados por categoria e atribuídos pesos por grau de relevância/importância em cada unidade sítio. Os valores de importância de categorias de serviços constituíram a matriz com os pesos atribuídos a cada serviço prestado, em uma escala de 1 a 5, no qual 1: muito baixa relevância, 2: baixa relevância, 3: média relevância, 4: muito relevante, 5: muito alta relevância e NS: não se aplica. A oferta geral de Serviços Geossistêmicos resultou da soma de cada subclasse.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais serviços geossistêmicos foram elencados por categoria conforme Gray (2011) e atribuídos pesos por grau de relevância/importância em cada sítio. A síntese das pontuações encontra-se na Tabela 1.

A turfeira Pau de Fruta, quanto aos serviços de provisão, obteve pontuação máxima no quesito de abastecimento de água (nota 5) (Tabela 1). A turfeira atua como reservatório natural de água, armazenando grandes volumes que são gradualmente liberados para alimentar o abastecimento de Diamantina. Além disso, funciona como nascente do Córrego das Pedras, contribuindo para a manutenção dos fluxos de água na região (CAMPOS et al., 2012; FONSECA et al., 2018). Dados de área e volume da turfeira foram obtidos por Campos et al. (2012) que estimaram cerca de 730.000 m³ de volume, sendo que cerca de 83% deste valor é ocupado por água, ou seja, cerca de 630.000 m³. A função socioambiental de turfeiras ressalta sua relevância crítica na promoção da sustentabilidade hídrica local, tornando imperativo seu cuidado e conservação. Esses ecossistemas desempenham um papel fundamental na garantia de água de alta qualidade e na preservação dos serviços de provisão da região (SILVA et al. 2023). Além disso, ainda como um Serviço de Provisão, os materiais encontrados em turfeiras, pelo excesso de matéria orgânica, podem ser usados como material industrial (fertilizantes).

Quanto aos Serviços de Regulação, as turfeiras possuem alta relevância em processos atmosféricos, terrestres, controle de inundações e qualidade e quantidade de água. Já nos Serviços Culturais, as turfeiras são importantes fornecedoras de qualidade ambiental, no

desenvolvimento cultural e científico, entendimento de paleoambientes, processos físicos e monitoramento e previsão ambiental. Quanto aos Serviços de Suporte, tem alta relevância nos processos de formação de solos, muito alta relevância em provisão de habitat, e média relevância na paisagem cultural. Segundo HORAK et al. (2015) houve mudanças de vegetação pelos estudos de grãos de pólen obtidos na turfeira Pau de Fruta desde o início do Holoceno, com episódios de avanço da vegetação campestre sobre a vegetação arbórea e vice-versa.

Tabela 1: Pontuações obtidas para serviços geossistêmicos de provisão, regulação, culturais e suporte com subclasses. Adaptado de Gray (2011)

Serviços geossistêmicos/subclasses		Turfeira Pau de fruta	Gruta do Salitre
Provisão	Alimento/ Água	5	3
	Nutrientes e minerais para o crescimento saudável	NS	1
	Combustível	NS	5
	Material de construção	NS	5
	Material industrial (fertilizantes, fármacos, metais)	3	5
	Produtos ornamentais (rochas, gemas)	NS	5
	Média	4	4
Regulação	Processos atmosféricos e oceânicos (ciclo hidrológico, circulação, química atmosférica)	5	5
	Processos terrestres (ciclo da rocha, ciclo do carbono)	5	5
	Controle de inundação	5	5
	Qualidade e quantidade de água (estoque de águas em aquíferos, lagos, reservatórios)	5	5
	Média	5	5
Cultural e Conhecimento	Qualidade ambiental	5	5
	Geoturismo e recreação	3	5
	Sentidos cultural, espiritual e histórico	4	5
	Inspiração artística	2	5
	Desenvolvimento cultural-científico	5	5
	História da Terra (evolução da vida, extinções, paleoambientes)	5	5
	Entendimento dos processos físicos	5	5
	História da ciência	5	5
	Educação e emprego	5	5
	Monitoramento e previsão ambiental	2	5
Média	4,1	5	
Suporte	Processos pedológicos	4	NS
	Provisão de habitat (ex: cavernas, penhasco)	5	5
	Paisagem cultural como plataforma de atividade humana	3	5
	Média	4	5
Oferta geral de serviços geossistêmicos		4,3	4,7

Fonte: Autores, 2024

A Gruta do Salitre obteve nota máxima em vários atributos. Pode ser considerada de grande relevância, principalmente quanto aos Serviços de Regulação, Culturais e Conhecimento, Suporte. Apresentou a média oferta geral serviços geossistêmicos mais alta, 4,7 (Tab. 1). Quanto aos serviços culturais, a Gruta do Salitre é visitada para diversos fins como, por exemplo, observação e lazer na natureza, prática de esportes como escalada e *boulder*, eventos musicais, aulas em campo para diferentes níveis de ensino e pesquisas científicas em diferentes áreas de conhecimento (MOURA; ALT, 2015). Trabalhos já publicados voltados à formação da gruta discutem como o relevo cárstico em quartzito (HORN et al., 2013; SOUZA, SALGADO, 2014, 2015). Há estudos desde a década de 1970 (FERRREIRA et al. 2024), além de estudos sobre uso público das cavernas (MOURA; ALT, 2015) e sua biodiversidade (BARATA; APOLINÁRIO, 2012), que são relevantes quanto ao desenvolvimento cultural-científico, história da Terra, entendimento de processos físicos e provisão de habitats.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de estimativa dos serviços geossistêmicos (provisão, regulação, cultural e conhecimento) foi realizada em potenciais sítios de geodiversidade na região de Diamantina Gruta do Salitre e Turfeira Pau de Fruta por meio da metodologia participativa. Os resultados indicaram uma oferta geral de serviços geossistêmicos com relevância significativa, atribuindo à Turfeira Pau de Fruta um peso de 4,3 e à Gruta do Salitre um peso de 4,7.

A Turfeira Pau de Fruta destacou-se especialmente nos serviços de provisão, principalmente pela água armazenada em Organossolos, que é essencial para o abastecimento da sede urbana de Diamantina. Em contrapartida, a Gruta do Salitre apresentou maior relevância nos serviços culturais e de conhecimento, com ênfase no geoturismo e recreação, além de seu valor cultural, espiritual, histórico e como fonte de inspiração artística.

Palavras-chave: Capital Natural; Serviço Cultural, Gruta do Salitre; Provisão; Turfeira.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos o suporte logístico ao LandLab – MULTIFLOR/UFVJM e ao Projeto GAIA/UFVJM. DPM agradece à FAPEMIG pelo apoio financeiro do Projeto APQ 00185-22. BMC agradece o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Bolsa PIBIC-FAPEMIG-UFVJM).

REFERÊNCIAS

- BAGGIO, H.; RODRIGUES, F. C.; TRINDADE, W. Morfologia cárstica do maciço quartzítico da Gruta do Salitre, Diamantina–MG. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 43, p. 102-113, 2012.
- BARATA, R.A.; APOLINÁRIO, E. C. Sandflies (Diptera: Psychodidae) from caves of the quartzite Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, n. 8, v. 07, p. 1016-1020, 2012.
- 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.
- BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.
- BURKHARD, B. et al. Landscapes ‘Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. **Landscape Online**, v.15, p.1-22. 2009.
- CAMPOS, J. R. R. et al. Influence of the structural framework on peat bog distribution in the tropical highlands of Minas Gerais, Brazil. **Catena**, v. 156, p. 228- 236, 2017.
- CAMPOS, J. R. R. et al. Mapping, organic matter mass and water volume of a peatland in Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 723-732, 2012.
- CHAVES, M. L. S., MENEGHETTI FILHO, I. Conglomerado Diamantífero Sopa, Região de Diamantina, MG: Marco histórico da mineração do diamante no Brasil. In: SCHOBENHAUS, C. et al. (Eds). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM. v. 1, 2002. Pp. 517 - 527.
- CHEMALE JR. F. et al. Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). **Geonomos**, v.19, n.2, p.173-41, 2012.
- FERREIRA, M. P. et al. Sítios De Geodiversidade e Seus Respetivos Serviços Geossistêmicos em Diamantina, Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Territorium Terram**, v. 6, n. 8, p. 2023.
- FERREIRA, M. P. et al. Potencial de geodiversidade no Caminho Saint Hilaire (Cashi), Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. **Caderno de Geografia**, v. 34, n 76, p. 203-236, 2024.
- FONSECA, S. F. et al. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na identificação de usos da terra no entorno das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional. **Ra'e Ga**, Curitiba, v. 43, p. 124-139. 2018.
- FOX, N. et al. Incorporating geodiversity in ecosystem service decisions. **Ecosystems and People**, v.16, n. 1, p. 151-159, 2020.
- FRANÇA, L. C. J. et al. Delimitação automática e quantificação das Áreas de Preservação Permanente de encosta para o município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil. **Revista Espinhaço**, v. 7, n. 2: p.60-71. 2018.
- GRAY, M. Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 7, n. 4, p. 226-236, 2019.

GRAY, M. Other nature: geodiversity and geosystem services. **Environmental Conservation**, v. 38, n.3, p. 271-274. 2011.

HORAK-TERRA, I. et al. Holocene climate change in central–eastern Brazil reconstructed using pollen and geochemical records of Pau de Fruta mire (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 437, p. 117-131, 2015.

HORN, A. H. et al. The salitre cave karst in the quartzite rocks of Diamantina, Minas Gerais, Brazil. **Romanian Journal of Mineral Deposits, Bucharest: Geological Institute of Romania**, n. 2, v. 85, p. 16-22, 2013.

MOTTA NETO, J. A. Patrimônio Geomineiro em Diamantina (MG). **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 70-83, 2018.

MOURA, V.; ALT, L. Caves and Public Use in the Southern Espinhaço Mountain Range, Brazil. In: National Cave And Karst Management Symposium, 21, 2015, Kentucky, EUA. **Program and Abstracts: 21st National Cave and Karst Management Symposium**, Kentucky: WKU, 2015. p. 92-95.

MUCIDA, D. P. et al. A degradação ambiental em narrativas de naturalistas do século XIX para a reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 57, p.465-495, 2019.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, U.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico**. Rio de Janeiro: edição SBGeo, 2008.

SAADI A. A. Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos** v.3, n.1, p.41-63, 1995.

SILVA, A. C.; RECH, A. R.; TASSINARI, D. **Peatlands of Southern Espinhaço Mountain Range, Brazil: Ecosystem Services, Biotic Interactions and Paleoenvironments**. 1a ed. Editora Appris, 2023.

SILVA JÚNIOR, A. N. **Geodiversidade e Patrimônio Geológico da porção centro-suldo Município de Diamantina-MG**. 2018. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geociências –Patrimônio Geopaleontológico) - Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

SOUZA, F. C. R., SALGADO, A. A. R. Análise qualitativa da composição química de espeleotemas precipitados em cavidades em rochas siliciclásticas na região sudeste de Diamantina /mg. **Revista Geografias**, n.1, v. 11, p. 60-83, 2015.

TEEB - THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. **A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade para Formuladores de Políticas Locais e Regionais**. 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/143-economiados-ecossistemas-e-da-biodiversidade>. Acesso em: 8 set. 2023.

TSCHUDI, J. J. von. **Viagens através da América do Sul**. Belo Horizonte: Coleção Mineiriana, Fundação João Pinheiro, vol.2, 2006. 341 p.

VAN REE, C. D. F., VAN BEUKERING, P. J. H. Geosystem services: A concept in support of sustainable development of the subsurface. **Ecosystem Services**, v. 20, p.30-36, 2016.



**Simpósio Brasileiro
de Geografia Física Aplicada**

IV Encontro Lusofroamericano de Geografia Física e Ambiente

VAN REE, C. D. F., VAN BEUKERING, P. J. H., BOEKESTIJN, J. Geosystem services:
A hidden link in ecosystem management. **Ecosystem Services**, v. 26, A, p. 58-69. 2017