

Uso turístico e educativo de sítios geológicos: estudo preliminar no baixo Rio Negro, Amazonas, Brasil

*Tourism and educational use of geological sites: preliminary study
in the lower Negro River region, Amazonas, Brazil*

Sérgio Ricardo Almada Silva¹ , Antônio Gilmar Honorato Souza¹ ,
Raimundo Humberto Cavalcante Lima² , Maria da Glória Motta Garcia³ 

¹Serviço Geológico do Brasil, Avenida André Araújo, 2.160, CEP: 69060-000, Manaus, AM, BR
(sergio.almada@cprm.gov.br; gilmar.souza@cprm.gov.br)

²Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Geociências, Manaus, AM, BR (humbertoclima@ufam.edu.br)

³Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, SP, BR (mgmgarcia@usp.br)

Recebido em 20 de novembro de 2022; aceito em 4 de maio de 2023.

Resumo

Uma das premissas básicas da geoconservação é a identificação de lugares de interesse geológico (LIGs) como medida primordial para estabelecer um diagnóstico do território a fim de identificar, avaliar e classificar os sítios geológicos de acordo com seu valor científico, risco de degradação e potenciais de uso turístico e educativo, entre outros. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar LIGs com potencial para serem utilizados na estratégia de valorização e conservação da geodiversidade, agregando valor ao turismo praticado no baixo Rio Negro, no estado do Amazonas. O diagnóstico preliminar da geodiversidade e o potencial geoturístico do arquipélago de Anavilhanas consistiram em procedimentos de seleção, identificação, descrição, cadastro e avaliação de LIGs, tendo como ferramenta o Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade (GEOSSIT), bem como atividades de campo para reconhecer as feições geológicas, dentre outras. Foram avaliados quatro LIGs: Pedra Sanduiche, Gruta do Madadá, Pedra do Gavião e Cachoeira do Guariba, selecionados pelo seu valor turístico e uso educativo. A análise dos critérios usados na avaliação quantitativa no GEOSSIT indica a necessidade de adaptar alguns parâmetros de avaliação para os LIGs da região amazônica em virtude das várias especificidades desse território. Evidencia-se, portanto, a importância de tais propósitos visando circunstanciar os parâmetros quanto às subjetividades e às ponderações do pesquisador ao avaliar e valorar o patrimônio geológico.

Palavras-chave: Geoturismo; Parque Nacional de Anavilhanas; Geoconservação; GEOSSIT.

Abstract

One of the basic premises of geoconservation indicates the identification of sites of geological interest (LIGs) as a primordial measure to establish a diagnosis of the territory, in order to identify, evaluate and classify the geological sites according to the scientific value, the risk of degradation and the potential for tourist and educational use, among others. In this context, the objective of this work was to identify potential LIGs that can be used in the strategy of valorization and conservation of geodiversity, adding value to the tourism practiced in the lower Rio Negro, in the state of Amazonas. The preliminary diagnosis of geodiversity and the geotourism potential of the Anavilhanas archipelago consisted of procedures for selection, identification, description, registration and evaluation of LIGs using GEOSSIT as a tool, field activities for recognition of geological features, among others. Four LIGs were evaluated: Pedra Sanduiche, Gruta do Madadá, Pedra do Gavião and Cachoeira do Guariba. Such sites were selected for their tourist value and educational use. The analysis of the criteria used in the quantitative evaluation in GEOSSIT indicates the need to adapt some evaluation parameters for the LIGs in the Amazon region, due to the various specificities of this territory. It is evident, therefore, the importance of such purposes in the sense of circumstantiating the parameters regarding the subjectivities and weightings of the researcher when evaluating and valuing the geological heritage.

Keywords: Geotourism; Anavilhanas National Park; Geoconservation; GEOSSIT.

INTRODUÇÃO

Uma das premissas básicas da geoconservação é o reconhecimento de lugares de interesse geológico (LIGs) como medida primordial para estabelecer um diagnóstico do território de estudo a fim de identificar, avaliar e classificá-lo de acordo com seu valor científico, risco de degradação e potenciais de uso turístico e educativo, entre outros (Sharples, 2002; Henriques et al., 2011; Brilha, 2016).

É com base nos dados obtidos nesses levantamentos que são traçadas as estratégias de conservação, proteção e uso. É importante, no entanto, que os objetivos do estudo sejam bem definidos, porque deles depende a organização de um plano de trabalho e a seleção dos critérios a serem utilizados.

Um dos usos principais dos sítios geológicos é o geoturismo, termo que surgiu nos anos 1990, quando as noções de ecoturismo estavam se consolidando diante das questões ambientais e consagrando a ideia de desenvolvimento sustentável. Hose (1995), em seu trabalho pioneiro, conceituou geoturismo como a provisão de serviços e facilidades interpretativas que permitam aos turistas conhecer e entender a geologia e a geomorfologia de um lugar. Com o tempo, abordagens mais amplas incluíram, além de informações geológicas, o benefício da população local e as práticas sustentáveis, como o turismo de base comunitária (Dowling e Newsome, 2006; Newsome e Dowling, 2010).

Detentor de grande extensão de terras, o Brasil conta com uma variedade de atrativos do ponto de vista da diversidade abiótica, imprimindo um cunho muito próprio e único a esses espaços, uma pluralidade de locais com potenciais diversos, por exemplo, turísticos, didáticos, científicos, culturais e estéticos. A geodiversidade do território brasileiro resulta de eventos que remontam ao Arqueano e vêm atuando continuamente e modelando a paisagem (Garcia et al., 2022). Essa geodiversidade está representada em ecossistemas distintos, como a caatinga, o cerrado e a floresta equatorial, que geram paisagens semiáridas e alagadas. É fundamental que, ao selecionar locais para atividades geoturísticas, sejam utilizados parâmetros capazes de avaliar, de forma efetiva, sua aplicabilidade para esse fim nesses diferentes cenários.

No estado do Amazonas, onde se insere a área de estudo, um dos primeiros trabalhos na temática da geoconservação foi publicado no livro do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), por Luzardo (2012), da proposta de geoparque Cachoeiras do Amazonas, no município de Presidente Figueiredo. Franzinelli e Igreja (2011) descrevem o geossítio Ponta das Lajes e Encontro das Águas (AM), incorporado à Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), com suas estruturas sedimentares, paleobiogênicas e neotectônicas. Esse estudo deu início ao processo de tombamento da área do Encontro das Águas dos rios Negro e Solimões, incluindo a Ponta das Lajes,

pela superintendência regional do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional (IPHAN).

O SGB/CPRM lançou o volume sobre a geodiversidade do estado (Maia e Marmo, 2010), um estudo baseado em unidades geoambientais, o qual pretende subsidiar políticas públicas de uso e ocupação do território. Lima e Garcia (2023) apresentaram uma abordagem preliminar sobre os serviços ecossistêmicos associados à geodiversidade no Parque Nacional de Anavilhanas e seu entorno.

O município de Novo Airão, foco deste trabalho, localiza-se na região do baixo Rio Negro, no estado do Amazonas, que inclui várias unidades de conservação, dentre estas os parques nacionais de Anavilhanas (PNA) e do Jaú (PNJ) e seu entorno. A região tem os elementos da geodiversidade vinculados a paisagens fluviais como principais atrativos, aos quais se associam locais de interesse arqueológico, histórico e cultural, além da própria Floresta Amazônica, de indiscutível interesse ecológico. A combinação desses elementos faz da região um dos principais destinos ecoturísticos do estado.

Apesar de existir um turismo já tradicional, pouco é informado acerca da formação da paisagem e do meio físico, além disso, a maioria dos transportes na região é feita por meio de barcos e, na época das cheias, parte dos afloramentos conhecidos fica submersa, constituindo-se um cenário singular e desafiador em termos de uso turístico. É importante fazer um diagnóstico de uso que leve em consideração todas essas nuances. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar locais de interesse geológico (LIGs) que possam ser usados para ampliar e diversificar o turismo na região, por meio do geoturismo, e avaliá-los quanto ao potencial de uso turístico e educativo, utilizando o Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade (aplicativo GEOSSIT) do Serviço Geológico do Brasil (Rocha et al., 2016). Com isso, buscou-se saber se os parâmetros adotados são adequados para o contexto estudado.

ÁREA DE ESTUDO

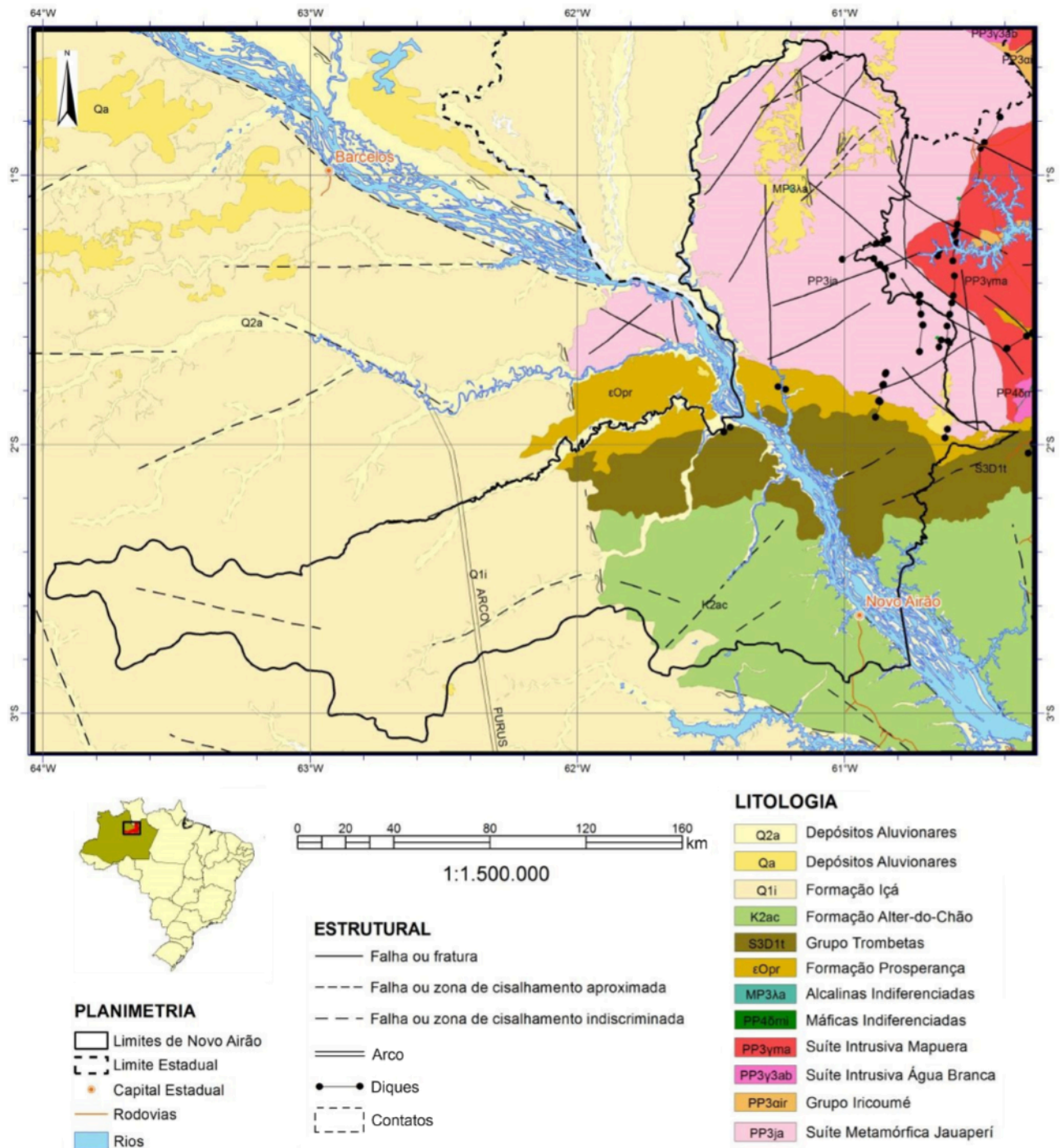
Novo Airão, com área de 37.776,20 km² e população estimada em 25.395 habitantes (IBGE, 2020), registra índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) de 0,57 (IBGE, 2010) e abriga suas importantes Unidades de Conservação, tais como os parques nacionais do Jaú e de Anavilhanas, administrados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), conhecidos destinos ecoturísticos abertos à visitação.

Diversas outras unidades de conservação, parques estaduais, áreas de preservação ambiental, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e a Terra Indígena Waimiri Atroari compõem o Mosaico de Áreas Protegidas do baixo Rio Negro. Essas áreas apresentam grande potencial geoturístico

pois, além de sua rica fauna e flora, sua rica geodiversidade compõe as unidades geológicas da borda norte da Bacia Sedimentar do Amazonas (Figura 1).

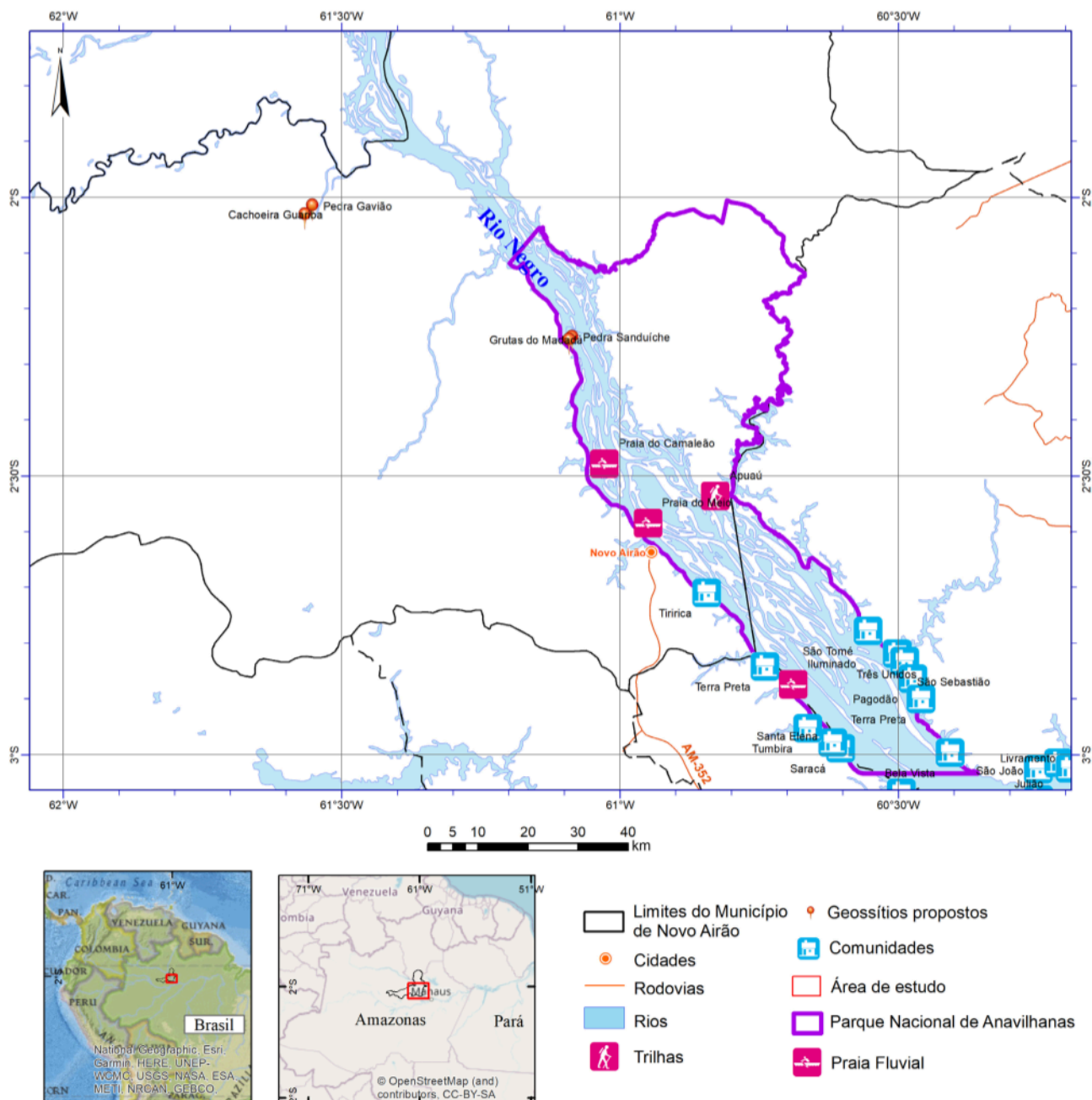
Inserido na Microrregião Geográfica do Rio Negro, área de estudo (Figura 2), Novo Airão situa-se a aproximadamente

200 km da cidade de Manaus, com acesso pelas rodovias AM-070 e AM-352, na margem direita do Rio Negro. Limita-se ao sul com os municípios de Codajás, Caapiranga, Iranduba e Manacapuru; a leste, com Manaus e Presidente Figueiredo; a oeste, com Barcelos; e ao norte, com o estado



Fonte: modificado de Reis et al. (2006).

Figura 1. Mapa geológico regional do município de Novo Airão e proximidades.



Fonte: modificado de Pardini (2010).

Figura 2. Mapa de localização da área de estudo e dos atrativos turísticos do município de Novo Airão.

de Roraima (município de Caracaraí). Está localizado, portanto, inteiramente no bioma Amazônia.

Próximo dos limites dos parques, existem mais de 50 comunidades ribeirinhas que mantêm seus modos de vida tradicionais, oferecendo oportunidades de contato com a cultura local e experiências de turismo de base comunitária. Nesse cenário, o Parque Nacional de Anavilhanas é o mais visitado da Amazônia, com mais de 30 mil turistas anuais estimados e grande potencial de aumento depois do

aprimoramento dos produtos e dos serviços oferecidos pelo parque (ICMBio, 2015), mostrando a necessidade de identificar os LIGs para o geoturismo na região.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A região situa-se na borda norte da Bacia do Amazonas, onde afloram rochas das formações Alter do Chão, Nhamundá,

Prosperança e Içá, além de depósitos cenozoicos e coberturas lateríticas. A norte, afloram rochas do embasamento classificadas como Suíte Metamórfica Jauaperi (Figura 1).

A Suíte Metamórfica Jauaperi (Faria e Luzardo, 2000) pertence à Província Tapajós-Parima e está inserida no Domínio tectonoestrutural Uatumbá-Anauá, representando a articulação e a história orogênica de metamorfismo e deformação na província (Santos, 2018; Santos et al., 2002). Os litotipos gnáissicos e metagranitoides registram metamorfismo na fácies xisto verde a anfibolito superior, com arcabouço estrutural de direção N-S a NE-SW. Na região, o Complexo Jauaperi é o embasamento da Bacia do Amazonas e apresenta relações de contato em não conformidade com a Formação Prosperança e a cobertura cenozoica da Formação Içá.

A Formação Prosperança (Paiva, 1929; Caputo et al., 1971) reúne arenitos, conglomerados e pelitos (Nogueira, 1999), com sua área-tipo no trecho entre os rios Jaú e Unini. Foram reconhecidas cinco associações de fácies sedimentares para a formação, que definem uma planície deltaica relacionada a um delta alongado com desembocadura em mar raso: distributário fluvial, desembocadura de baía, canal de crevasse, preenchimento de baía e *shoreface* com tempestitos (Barbosa e Nogueira, 2011).

A Formação Nhamundá (Breitbacht, 1957 *apud* Caputo, 1984) é a única representante do Grupo Trombetas na área de estudo (Grahm e Paris, 1992). Aflora na porção oeste da faixa sedimentar paleozoica, que constitui a borda norte da Bacia do Amazonas. A seção-tipo situa-se no rio homônimo, que separa os estados do Amazonas e do Pará. É constituída, principalmente, por arenitos finos a médios, com subordinada intercalação de folhelho, siltito e diamictito na proximidade do topo da seção. O ambiente de sedimentação é fluvial e litorâneo sob condições glaciais. Segundo Nogueira (1999) e Soares et al. (1999), a Formação Nhamundá revela características deposicionais de ambiente costeiro com avanço glacial no domínio da zona de *shoreface*.

A Formação Alter do Chão (Kistler, 1954; Daemon, 1975) pertence ao Grupo Javari (Eiras et al., 1994), reunindo clásticos fluvioacústicos que integram a Sequência Cretácea-Neógeno da Bacia do Amazonas, cuja evolução vincula-se à atividade orogênica andina. É constituída por grande variedade de arenitos e argilitos, com subordinada fração conglomerática, em sistema deposicional continental em discordância com as unidades paleozoicas. A unidade apresenta morfologia de superfícies tabulares e colinosas, em subsuperfície, sendo a sucessão inferior predominantemente arenosa e com ciclos de ambientes fluviais anastomosados com retrabalhamento eólico. Na base, em discordância com a Formação Andirá, ocorrem depósitos fluviais meandantes, nos quais aparecem depósitos residuais de canais e pelitos de preenchimento de meandro abandonado.

A Formação Içá ocupa uma área-tipo que se estende do rio Içá, desde a localidade de Boa União, até sua foz, no

Rio Solimões. Apresenta arenitos amarelo-avermelhados de finos a conglomeráticos, friáveis, com siltitos subordinados e argilitos de características eminentemente continentais depositados sob condições fluviais de elevada energia e clima árido. De acordo com Maia et al. (1977), a seção inferior da formação é constituída por siltitos e/ou argilitos maciços a finamente laminados, lenticulares, intercalados com arenitos estratificados. A seção superior está representada por arenitos conglomeráticos. Estratos cruzados acanalados de porte variado são comuns no seu interior.

Os depósitos cenozoicos da área do PNA compreendem basicamente as coberturas modernas e os depósitos aluviais ao longo do sistema fluvial da região. São constituídos por sedimentos arenosos e argilosos depositados em complexo sistema e formas fluviais.

Na região, são ainda descritas coberturas lateríticas desenvolvidas em ambiente de clima tropical durante o Cenozoico. Os lateritos mais jovens (Costa, 1991) marcam-se por horizonte ferroaluminoargiloso e são pouco evoluídos, menos profundos e desprovidos de horizonte bauxítico, identificados em áreas topograficamente mais baixas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho consistiu numa sistematização partindo de uma revisão bibliográfica de trabalhos publicados em revistas indexadas, além de dissertações e teses. Foram considerados, inclusive, afloramentos didáticos visitados por professores e pesquisadores que desenvolvem trabalhos geocientíficos na região. Foi investigada a legislação referente a áreas de conservação, em vista do reconhecimento do nível de proteção dos elementos da geodiversidade, os quais podem reforçar ou complementar o interesse.

A pesquisa compreendeu, como proposta metodológica, um levantamento de sítios geológicos seguido de avaliação quantitativa e classificação considerando a valorização dos ambientes estudados, tomando como base a proposta de Brilha (2005), Lima (2008), García-Cortés e Úrqui (2009), Pereira (2010) e García-Cortés et al. (2014).

Igualmente, verificaram-se iniciativas de inventários de sítios geológicos na região, Plano de Manejo dos Parnas envolvidos e de livros-guias de excursões turísticas locais. Ademais, visando ao entendimento do arcabouço geológico da área, levantaram-se informações sobre as características geológicas, para o que foram usados mapas geológicos, tais como Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas (Reis et al., 2006), Folha Novo Airão (Riker et al., 2014), Folha Rio Curiuai (Riker et al., 2016) e Folha Manaus (Faria et al., 2004), além das bases de dados do ICMBio, IBGE, Ministério do Meio Ambiente, Exército Brasileiro e Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Amazonas, além do emprego de imagens LANDSAT, SRTM, ASTER e GDEM.

Foram gerados mapas temáticos em PDF para uso no Avenza Maps, a fim de facilitar os trabalhos de campo e o reconhecimento das feições geológicas, paleontológicas e geomorfológicas. Com apoio do *software* de visualização de imagens de satélite GoogleEarth, foram obtidas as distâncias dos sítios em relação à zona urbana de Novo Airão.

A seleção dos sítios foi fundamentada no objetivo de identificação de LIG para atividades geoturísticas, que constou no levantamento de 30 locais e monumentos visitados regularmente por público externo ou com potencial atrativo de turistas e/ou que sejam utilizados frequentemente pelas comunidades ribeirinhas como áreas de lazer e balneários. Foram utilizados também lugares constantes no mapa de atrativos turísticos do município e informações do inventário preliminar constante em Silva e Lima (2019).

Foram identificados 15 locais de interesse e selecionados, numa abordagem preliminar, quatro LIGs: Pedra Sanduíche, Gruta do Madadá, Pedra do Gavião e Cachoeira do Guariba, cujo critério foi o atual valor turístico e educativo de uso das comunidades circunvizinhas e visitantes. Cada um dos sítios, visitados em campo, teve suas principais características e feições descritas e fotografadas, além de registrado seu contexto geológico e sua unidade geológica correspondente.

A avaliação quantitativa, desenvolvida pelo SGB/CPRM, constituiu-se numa etapa posterior à do levantamento, na qual se atribuíram pontuações específicas a critérios preestabelecidos no aplicativo *on-line* GEOSSIT. O resultado forneceu a verificação numérica dos valores referentes ao potencial de uso educacional e turístico dos LIGs selecionados anteriormente, tendo em vista que a proposta da pesquisa é valorizar as paisagens fluviais do Rio Negro no PNA e arredores como atrativos geoturísticos e educacionais. Cada LIG foi avaliado quantitativamente usando os critérios de vulnerabilidade, acessibilidade, limitações de uso, dentre outros, e respectivos pesos, como potencial de uso educativo e turístico (Tabela 1).

Para cada critério, atribuiu-se uma nota correspondente à situação do sítio, que foi multiplicada automaticamente pelo sistema por um peso específico. A próxima etapa foi a da classificação, a qual foi executada também pelo sistema, indicando sua pontuação e relevância final para cada parâmetro (Tabela 2).

RESULTADOS

Com as informações levantadas durante as pesquisas bibliográficas, foi elaborado um mapa de atrativos geoturísticos (Figura 2) compilados do Mapa Turístico do Parque Nacional de Anavilhanas e Áreas Adjacentes, elaborado por Pardini (2010). A Figura 2 apresenta os atrativos turísticos reconhecidos no entorno do Parque Nacional de Anavilhanas e ao longo do Rio Negro, até o Rio Jaú.

Identificação dos lugares de interesse geológico

Pedra Sanduíche

Esse sítio localiza-se a 44 km a norte do município de Novo Airão, às margens do Rio Negro, em área de fácil acesso por meio de barco do tipo lancha. A formação rochosa inclusive é sinalizada por uma placa turística dentro da Área de Proteção Ambiental Margem Direita do Rio Negro, setor Puduari-Solimões.

O nome Pedra Sanduíche (Figura 3) deve-se ao seu formato, que lembra o de um sanduíche, sendo as porções superior e inferior (os “pães”) constituídas por arenito branco fino friável (Figura 3A) e a central (o “recheio”) formada por arenito intensamente bioturbado, muito mais friável e facilmente desagregado, como visto na Figura 3B.

A rocha na geoforma natural é diretamente afetada por processos hidrológicos que desbastam a parte central, pois esta fica submersa durante o período de cheia do Rio Negro e, por ser intensamente bioturbada, é mais frágil que suas porções superior e inferior, e a moldam com a forma característica.

Geologicamente, está inserida no contexto da Bacia Sedimentar do Amazonas, onde afloram rochas paleozoicas da Formação Nhamundá, Grupo Trombetas, constituída principalmente por quartzo-arenitos brancos finos, com pouco silte, apresentando como estrutura sedimentar uma laminação planoparalela. Os estratos apresentam geometria em camadas tabulares medindo 5 cm, agrupadas em conjuntos com 50 cm.

Além disso, as descontinuidades que marcam os limites dos *sets* estão preenchidas com óxidos de ferro. O ambiente de deposição foi provavelmente marinho raso, em razão da laminação planoparalela. O conjunto central apresenta intensa bioturbação, com abundante presença de traços fósseis, possivelmente, *skolithos*.

O principal atrativo do local é sua geomorfologia, pois ilustra elementos ou processos erosivos formadores da paisagem; o segundo é o turismo, por sua expressão cênica e seu valor estético, como observado na Figura 3C.

Gruta do Madadá

A Gruta do Madadá (Figura 4A) está localizada a 44 km a norte do município de Novo Airão, em trajeto feito de barco e trilha com cerca de 1.300 metros em plena floresta. Encontra-se dentro da Área de Proteção Ambiental Margem Direita do Rio Negro, setor Puduari-Solimões.

Inserido no contexto da Bacia Sedimentar do Amazonas, nesse sítio afloram rochas paleozoicas da Formação Nhamundá do Grupo Trombetas, constituídas, principalmente, por quartzo-arenitos brancos finos a muito finos, com pouco silte. Apresentando como estruturas sedimentares estratificações cruzadas acanaladas (Figura 4B), *swaley* com topo e base de camada ondulada e *hummocky*,

Tabela 1. Valores finais da avaliação quantitativa do potencial de uso educativo e turístico e do risco de degradação pelo método GEOSSIT.

Variáveis	Potencial valor educativo (PVE)	Potencial valor turístico (PVT)	Gruta do Madadá	Pedra do Gavião	Cachoeira do Guariba
Vulnerabilidade	10	10	4	4	4
Acessibilidade	10	10	4	1	1
Limitações de uso	5	5	1	2	2
Segurança	10	10	3	1	1
Logística	5	5	1	1	1
Densidade populacional	5	5	2	3	3
Associação com outros valores	5	5	2	1	1
Beleza cênica	5	15	1	1	1
Singularidade	5	10	3		4
Condição de observação	10	5	2	4	4
Potencial didático	20	0	3	3	3
Diversidade geológica	10	0	3	4	4
Potencial para divulgação	0	10	2	2	2
Nível econômico	0	5	4	1	1
Proximidade de zonas recreativas	0	5	0	0	0
Total do potencial valor educativo (PVE)			215	250	250
Total do potencial valor turístico (PVT)			215	190	190
Classificação (relevância)			Nacional	Nacional	Nacional
Risco de degradação	Ponderação	Pedra Sanduiche	Gruta do Madadá	Pedra do Gavião	Cachoeira do Guariba
Deterioração de elementos geológicos	35	2	1	1	1
Proximidade de áreas/atividades com potencial para degradação	20	2	2	1	1
Proteção legal	10	1	1	0	1
Acessibilidade	20	0	0	0	0
Densidade populacional	15	0	0	0	0
Risco de degradação		120 (baixo)	85 (baixo)	30 (baixo)	45 (baixo)

com truncamento de estratos de baixo ângulo e formato de olho característico, essas rochas, provavelmente, relacionam-se a um ambiente marinho intermediário sujeito a ondas de tempestade, além de laminação planoparalela com *sets* de, aproximadamente, 50 cm e geometria planoparalela, provavelmente, relacionados a um ambiente marinho raso.

Posteriormente à deposição, as rochas que formaram a gruta foram submetidas a intenso evento oxidante, que permitiu aos óxidos de ferro migrar por meio dos planos de estratificação, marcando uma pseudoestratificação e planos de fraturas, formando pseudodiques. Foram identificadas estruturas arredondadas concêntricas marcadas por óxido de ferro litificado, que podem ser de origem concrecionária.

As formações apresentam fraturas com direções 110° e 170°, que servem como condutores para a ação do intemperismo e controlam a direção da gruta. Como consequência desse fraturamento, ocorre ainda queda de blocos e desprendimento do teto da gruta, o qual é formado por um arenito silicificado, e no plano de fraqueza formado pela camada bioturbada, registra-se a erosão e o desprendimento de blocos.

Tabela 2. Critérios apresentados em cada parâmetro avaliado pelo GEOSSIT.

Critérios utilizados para quantificar o potencial de uso educativo e turístico	Critérios utilizados para quantificar o risco de degradação
Vulnerabilidade	Deterioração de elementos geológicos
Acessibilidade	Proximidade de áreas/atividades com potencial para causar degradação
Limitações de uso	Proteção legal
Segurança	Acessibilidade
Logística	Densidade populacional
Densidade populacional	
Associação com outros valores	
Beleza cênica	
Singularidade	
Condição de observação	
Potencial didático	
Diversidade geológica	
Potencial para divulgação	
Nível econômico	
Proximidade de zonas recreativas	

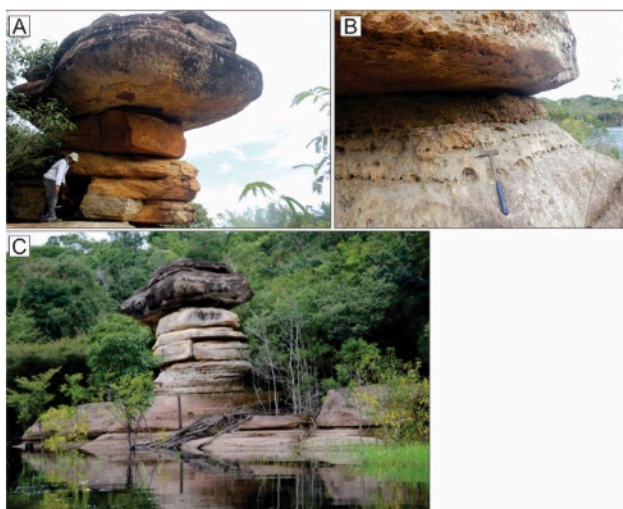


Figura 3. (A) Porção superior da Pedra Sanduíche, que se equilibra sobre um recheio formado por arenito intensamente bioturbado, constitui-se interessante relevo ruiforme; (B) A porção central é um nível de arenito com 25 cm intensamente bioturbado, sendo essa bioturbação uma zona de fraqueza, o que favorece os processos de desagregação da rocha; (C) Pedra Sanduíche com vista frontal de dentro do Rio Negro. Fotos: nov./2022.

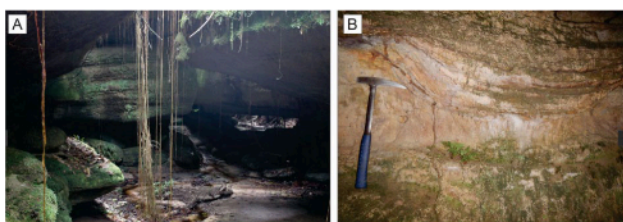


Figura 4. (A) Aspecto da Gruta do Madadá, composta de arenitos da Formação Nhamundá; (B) Estratificação cruzada acanalada em vista frontal. Óxidos de ferro preenchem os planos de estratificação. Fotos: nov./2022.

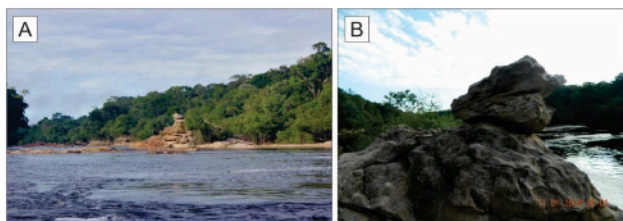


Figura 5. (A) Vista do Rio Carabinani e ao fundo a Pedra do Gavião; (B) Detalhe da Pedra do Gavião mostrando, na parte superior do afloramento, sets com laminação planoparalela recobringo um arenito de aspecto maciço. Imagens de nov./2022.

O principal interesse da Gruta do Madadá é o geomorfológico, por ser constituído pela formação de relevo pseudocárstico de arenitos da Formação Nhamundá. Como interesses secundários, podem ser citados o estratigráfico e o sedimentológico, uma vez que é possível visualizar os processos de deposição da Formação Nhamundá em ambiente marinho sujeito à ação de tempestades; o tectônico, pois a ação de esforços distensivos gerou o fraturamento que se utilizou de guia para percolação de fluidos; e geoquímico, pela percolação e precipitação de óxidos de ferro nos planos de estratificação e fraturamento.

Pedra do Gavião

A Pedra do Gavião (Figura 5A) encontra-se no Parque Nacional do Jaú, com acesso fluvial por meio de lancha partindo do porto de Novo Airão, percorrendo 103 km em direção ao norte, até a foz do Rio Jaú, onde está instalada uma das bases do ICMBio no PNA. Partindo da base, percorrem-se mais 15 km subindo pelo Rio Jaú, até a foz do Rio Carabinani, mais 12 km subindo pelo Rio Carabinani.

Com afloramento que se sobressai no leito do Rio Carabinani, a Pedra do Gavião é esculpida em arenitos de finos a médios da Formação Nhamundá pelo turbilhonamento do Rio Carabinani nos meses de cheia máxima. No período de vazante, o local mostra feição de relevo residual, controlado por fratura, onde aflora a geoforma. Com 8 m de altura por 10 m de largura, na sua parte mais alta, equilibra-se uma rocha com formato da cabeça de um gavião (Figura 5B).

O pacote rochoso da Formação Nhamundá apresenta, nesse afloramento, diversas estruturas sedimentares, tais como paleocanais, intercalações de lentes de arenito com diferentes granulometrias, alternância de camadas com laminação planoparalela e estratificação cruzada acanalada. A Pedra do Gavião é afetada por um sistema de fratura em par conjugado, e tanto as fraturas como alguns planos de estratificação estão preenchidos por uma camada de óxi-hidróxidos de ferro.

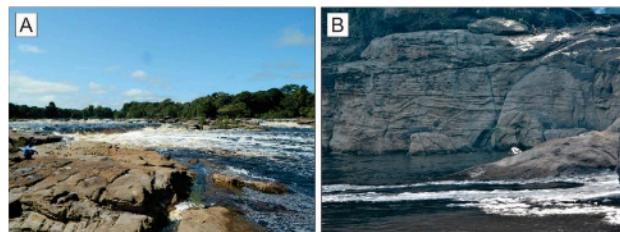


Figura 6. (A) Cachoeira do Guariba, no Rio Carabinani, mostrando as corredeiras com fraturas subverticais preenchidas por óxido de ferro; (B) Estruturas sedimentares em tempestito da Formação Nhamundá com plano de estratificação preenchido por óxido de ferro. Fotos: out./2020.

A Pedra do Gavião apresenta também estruturas sedimentares, tais como estratificações cruzadas acanaladas, gradando para intercalações de estratificações cruzadas com diferentes direções de paleocorrentes, intercalações de níveis com grânulos e seixos e, na parte superior, laminação planoparalela.

Esse conjunto de estruturas sugere que as rochas da Formação Nhamundá, nesse ponto, foram depositadas em ambiente transicional, provavelmente, deltaico com influência fluvial e sujeito à ação de ondas de tempestade, gradando posteriormente para um ambiente marinho mais raso, talvez uma praia, permitido a deposição dos arenitos com laminação planoparalela.

Apresenta como interesse principal do local o sedimentológico e o estratigráfico, pois é possível verificar importantes estruturas e feições deposicionais da Formação Nhamundá. Como secundários, os interesses são o hidrogeológico e o geomorfológico, pois em virtude da atuação do intemperismo, foram verificadas diversas feições erosionais, tais como grutas (características da Formação Nhamundá), e feições de dissolução.

Cachoeira do Guariba

O sítio Cachoeira do Guariba localiza-se dentro dos limites do Parque Nacional do Jaú. Partindo do porto de Novo Airão, segue-se de lancha em direção ao norte e percorrem-se 103 km até a foz do Rio Jaú, onde está instalada a base do ICMBio. Partindo da base, percorrem-se mais 15 km pelo Rio Jaú, subindo até a foz do Rio Carabinani, e 14,5 km subindo pelo Rio Carabinani, chegando-se ao local da Cachoeira do Guariba (Figura 6A). A cachoeira no Rio Carabinani tem cerca de 160 metros de largura e 2 metros de altura na época de vazante, ou seja, de novembro a janeiro.

É constituída litologicamente por quartzo arenito fino branco, friável e pertencente à Formação Nhamundá do Grupo Trombetas. Como estrutura sedimentar, a rocha apresenta estratificações cruzadas de grande porte, provavelmente relacionadas à influência de ondas de tempestade (Figura 6) em ambiente marinho, cuja profundidade varia de rasa a intermediária, provavelmente em ambiente deltaico. Uma fina camada de óxido de ferro preenche os planos de estratificação e as fraturas verticais (Figura 6B). Esse sistema de fraturas, aparentemente, controla a direção da cachoeira.

A Cachoeira do Guariba expõe como interesses o estratigráfico, o geomorfológico e o hidrológico, em que é possível observar importantes estruturas erosivas elaboradas

pelo Rio Carabinani e algumas feições deposicionais da Formação Nhamundá. Como interesse secundário, ocorre o cênico, mostrando a beleza da geoforma decorrente da atuação do intemperismo, e o sedimentológico/científico, com estruturas sedimentares em tempestitos, caracterizando um ambiente climático diferente do atual.

Avaliação quantitativa

A Tabela 3 e a Figura 7 apresentam os resultados (ponderados) do potencial de uso educativo e turístico e do risco de degradação dos sítios da região, e os classifica como de relevância nacional. De modo geral, a Pedra Sanduíche se destaca dos demais por sua vulnerabilidade, associação com outros valores, condições de observação e proximidade de zonas recreativas, estes últimos, quando analisado o potencial turístico. Vale destacar que tais itens apresentam pesos significativos na ponderação final, correspondendo a aproximadamente 40%.

O sítio Gruta do Madadá se destaca nos quesitos vulnerabilidade, acessibilidade e nível econômico, cuja soma é igual ao potencial educativo e turístico. Pedra do Gavião e Cachoeira do Guariba, por sua vez, apresentam valores similares em todos os itens analisados, destacando-se dos demais, principalmente pela diversidade geológica e pelo potencial didático, sendo o somatório do potencial valor educativo (PVE) superior ao dos outros dois sítios.

Quanto à degradação, observa-se na Tabela 3, depois dos cálculos de ponderação, que em todos os sítios é baixo esse risco, principalmente pelo fato de estarem longe de áreas urbanizadas e pela dificuldade de acesso. O cálculo do risco de degradação dos sítios estudados seria útil para identificar a vulnerabilidade desses locais e quais necessitam

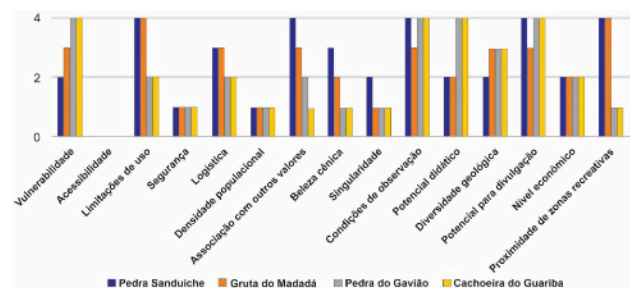


Figura 7. Valoração dos parâmetros para uso educativo e turístico dos LIGs estudados.

Tabela 3. Valores atribuídos para cada parâmetro avaliativo e possíveis classificações.

Parâmetro	Nota	Classificação
Potencial de uso educativo e turístico	0 a 4	Relevância regional-local / nacional / internacional
Risco de degradação	0 a 4	Baixo / médio / alto / médio

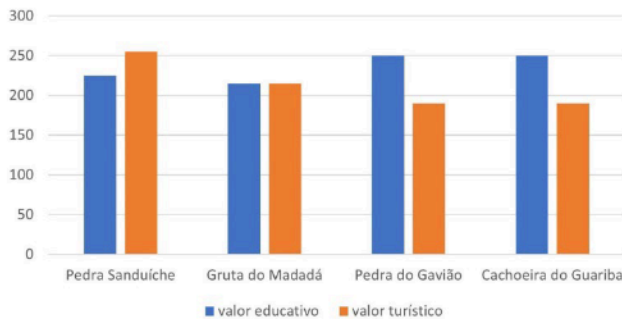


Figura 8. Avaliação quantitativa com dados gerados pelo aplicativo GEOSSIT exibindo os valores do potencial de uso educativo e turístico para os LIGs estudados.

mais urgentemente de intervenções, mas esse não é o caso dos monumentos analisados.

Na mesma Tabela 3, observam-se valores com baixo risco de degradação, porque os LIGs se localizam em áreas protegidas e são utilizados em atividades de baixa degradação. Essas condições minimizam os riscos de degradação aos quais os sítios estão sujeitos. Somente a Pedra Sanduíche atingiu valor superior (120 pontos), justamente por ser o sítio mais próximo de Novo Airão, estar localizado na margem do Rio Negro e ser o mais visitado, portanto em situação potencial de degradação, se comparado com os demais.

A Figura 7 apresenta um gráfico que correlaciona os parâmetros de potencial de uso educativo e turístico dos sítios e permite compará-los considerando os diversos parâmetros analisados e mostrados na Tabela 1.

Na Figura 8, um gráfico revela os valores referentes ao potencial uso educativo e turístico para os LIGs analisados. Observa-se que os destaques estão relacionados ao potencial uso turístico para a Pedra Sanduíche (255 pontos) e Gruta do Madadá (215 pontos), uma vez que já são considerados atrativos turísticos, por isso são favorecidos, recebendo pontuações mais elevadas em alguns dos critérios relacionados à beleza cênica, proximidade com zonas recreativas e associação com outros valores. Por outro lado, a Pedra do Gavião e a Cachoeira do Guariba se destacaram no uso educativo, ambos totalizando 250 pontos.

Com relação ao uso educativo, os quatro LIGs foram considerados adequados para visitantes do ensino médio e superior com relevância nacional, destacando-se a Pedra do Gavião e a Cachoeira do Guariba, por sua diversidade geológica.

DISCUSSÃO

A aplicação dos critérios de avaliação quantitativa do GEOSSIT permitiu delinear um quadro preliminar das características dos LIGs selecionados. Em relação à Pedra Sanduíche, a vulnerabilidade à ação antrópica é baixa,

ocasionada apenas pelo trânsito de turistas. Quanto à acessibilidade, o sítio é alcançado apenas de barco, fator que dificulta o acesso de pessoas idosas ou com problemas de locomoção. Não existem limitações ao uso por estudantes e turistas, mas faz-se necessário um estudo de capacidade de carga para definir a quantidade de visitantes ao mesmo tempo sem que haja ameaça aos elementos naturais.

O local não apresenta nenhuma estrutura além de uma placa indicativa do atrativo turístico. Quanto à associação com outros valores, ocorrem próximos outros atrativos, como as ilhas com sua biodiversidade e a Gruta do Madadá. As condições de observação são muito boas, pois a pedra localiza-se na margem do Rio Negro e não está coberta por vegetação. Porém, o afloramento fica submerso durante o período das cheias. Por sua beleza cênica, a pedra consta no mapa de atrativos turísticos e nos roteiros organizados por agências de viagens do município de Novo Airão e do estado do Amazonas. Algumas agências internacionais e nacionais são conveniadas com as estaduais.

Quanto à Gruta do Madadá, um bom representante dos processos de erosão diferencial, apesar de não existirem estudos científicos do local, verificam-se várias estruturas sedimentares importantes para esclarecer os processos deposicionais da Formação Nhamundá, mostrando seu valor educativo.

Os elementos da geodiversidade estão bem preservados, apesar de parcialmente encobertos pela vegetação e de não haver restrição de acesso, embora o sítio se encontre numa propriedade particular. A trilha de 800 metros, necessária para chegar ao sítio, pode ser uma barreira para pessoas com dificuldade de locomoção. O parâmetro acessibilidade recebeu nota mínima, pois não existe sinalização, a trilha não é bem marcada, é um pouco acidentada e a possibilidade de se perder sem um guia é alta.

O sítio apresenta grande valor turístico por ser um ponto reconhecido pelo setor turístico como atrativo natural. Não existem limitações de uso e, apesar de se situar numa área privada, não há cercas nem controle de acesso. Quanto à segurança, a trilha não é sinalizada, não existe acesso à comunicação (a área não é coberta por telefonia móvel) e os serviços de socorro mais próximos estão em Novo Airão, a 44 km de distância. No aspecto cênico, a gruta apresenta grande beleza, mas de feição relativamente comum na região. Os afloramentos e a gruta estão parcialmente cobertos pela Floresta Amazônica, portanto, o local é um pouco escuro, o que impede observar alguns elementos da sua geodiversidade. Conforme narrado pelos guias, o local é muito visitado por ornitólogos interessados nas diversas espécies de aves que habitam aquele trecho da floresta.

O sítio Pedra do Gavião também é um bom local para ilustrar estruturas sedimentares da Formação Nhamundá, principalmente os tempestitos em ambiente marinho transicional.

É reconhecido e utilizado pelos guias como um dos atrativos naturais do Parque do Jaú. Os elementos geológicos estão bem preservados, porém a “Pedra” fica submersa durante a estação de cheia do Rio Carabinani. Barbosa e Nogueira (2011) estudaram afloramentos da Formação Prosperança no Rio Carabinani, ao norte desse local, indicando um potencial educativo e turístico para o sítio com interesses sedimentológico, hidrogeológico e geomorfológico. Como a Pedra do Gavião localiza-se dentro de Parque Nacional, é necessário autorização do ICMBio para acessar o local em caso de pesquisas científicas.

A área é acessível apenas por via fluvial, porém, como se localiza no leito do rio, o acesso é relativamente fácil. Quanto ao potencial de uso educativo e turístico, as condições de observação dos elementos da geodiversidade são muito boas, entretanto, durante a estação cheia, fica submersa, sem condições de observação.

Na Tabela 3, vê-se que o atrativo possui valor turístico de 190, com interesse apenas regional e local, não apresenta nenhuma estrutura de segurança nem sinal de telefonia móvel e o serviço de emergência mais próximo está a mais de 130 km de distância, por isso, na avaliação, o parâmetro condições de observação de elementos da geodiversidade recebeu nota baixa. Existem outros interesses envolvidos, como o ecológico, uma vez que abriga aves, macacos, felinos, árvores etc. O parque é bastante visitado por quem deseja contato com a fauna e a flora amazônicas. O elemento geomorfológico e os processos geológicos associados são facilmente reconhecidos por pessoas de todos os níveis culturais.

O último atrativo avaliado neste estudo é a Cachoeira do Guariba, que exibe feições erosionais da Formação Nhamundá, porém ainda não foram realizados estudos geológicos exatamente nesse local, apenas o de Barbosa e Nogueira (2011), mais ao norte, no Rio Carabinani. Em relação ao potencial de uso e risco de degradação, os elementos da geodiversidade, muito bem preservados, estão protegidos da deterioração por atividade antrópica. É acessível apenas por barco, porém para visitar a cachoeira, é necessário pernoitar no parque por causa da grande distância de centro urbano, o que pode desestimular a visita. Contudo, podem ser realizadas atividades turísticas e acadêmicas, pois a boa condição de observação do sítio apresenta alguns elementos geológicos passíveis de serem assimilados pelos discentes em todos os níveis de ensino.

Sem nenhuma estrutura de segurança nem sinal de telefonia móvel e com serviço de emergência mais próximo localizado a mais de 130 km de distância, esse parâmetro recebeu nota 1. Existem vários outros interesses ecológicos (aves, macacos, felinos, árvores etc.). Nesse setor, o parque é bastante visitado por pessoas que desejam contato com a fauna e a flora amazônicas, principalmente turistas estrangeiros, conforme relatado pelos barqueiros. O elemento

geológico (cachoeira) é facilmente reconhecido por pessoas de todos os níveis culturais. O valor potencial de uso turístico de 190 mostra interesse regional/local.

CONCLUSÕES

O diagnóstico e a avaliação quantitativa preliminar dos LIGs selecionados revelam a rica geodiversidade da região, que pode ser facilmente reconhecida e acessada por meio da visita a locais tradicionalmente utilizados para turismo. O uso de técnicas de interpretação ambiental para orientar adequadamente e fornecer informações apropriadas pode permitir aos visitantes conhecer e entender as paisagens locais.

O uso do aplicativo GEOSSIT para valoração dos sítios mostrou-se satisfatória, embora alguns critérios necessitem de adaptação para se adequar às especificidades da área pesquisada, principalmente quanto aos itens acessibilidade, nível econômico, proximidade de zonas recreativas e logística.

De maneira geral, os valores numéricos referentes aos potenciais turístico e educativo foram altos para os LIGs selecionados, isso traz perspectivas importantes quanto ao uso desses locais para incrementar e ser um diferencial no turismo praticado atualmente.

Além dos aspectos geológicos, a região conta com vários elementos associados, tais como o ecológico e o cultural, particularmente o arqueológico. As estratégias de geoconservação na área devem, portanto, levar em consideração uma abordagem interdisciplinar, que enriquecerá ainda mais o conhecimento científico do lugar.

A região é marcada também por uma dinâmica sazonal importante, com períodos de cheia e vazante muito bem definidos. Alguns dos locais avaliados são consideravelmente afetados por esses fenômenos naturais, por essa razão, é necessário encontrar alternativas que possam ser utilizadas em épocas de cheia, quando o Rio Negro atinge alto nível, inundando, principalmente, a Pedra do Gavião e a Cachoeira do Guariba, impossibilitando a visita.

Estudos desse tipo têm sido esparsos na região amazônica e podem contribuir com a identificação e a avaliação da geodiversidade do baixo Rio Negro. O uso desse conhecimento em estratégias de desenvolvimento local pode beneficiar as comunidades ribeirinhas e contribuir para manter a região como importante local de interesse turístico e educativo.

AGRADECIMENTOS

Parte da pesquisa foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Amazonas/FAPEAM,

no Projeto “Potencial geoturístico do Parque Nacional de Anavilhanas/AM e entorno: subsídio ao uso sustentável do meio natural” (Edital 007/2021), à qual os autores expressam seus agradecimentos.

Os autores também agradecem aos pareceristas do VI Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico, que revisaram o texto e selecionaram esse trabalho para ser submetido ao Periódico Geologia USP, Série Científica.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, R. C. M., Nogueira, A. C. R. (2011). Paleoambiente da Formação Prosperança, embasamento neoproterozoico da Bacia do Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências* 41(1), 1-17. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.20114110117>
- Breitbart, J. W. (1957). *Geology of the Nhamundá Area*. Belém: PETROBRAS/RENOR. 29 p.
- Brilha, J. B. R. (2005). *Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga: Palimage. Disponível em: http://www.dct.uminho.pt/docentes/pdfs/jb_livro.pdf. Acesso em: 3 maio 2023.
- Brilha, J. B. R. (2016). Inventory and quantitative assessment of Geosites and Geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8, 119-134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Caputo, M. V. (1984). *Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil*. Tese (Doutorado). Santa Barbara: Universidade de Santa Barbara, 586 p.
- Caputo, M. V., Rodrigues, R., Vasconcelos, D. N. (1971). *Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas*. Relatório interno nº 641-A. Belém: Petrobras/Renor, 92 p.
- Costa, M. L. (1991). Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*, 21(2), 146-160. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1991146160>
- Daemon, R. F. (1975). Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*, 5(2), 58. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/12395>. Acesso em: 3 maio 2023.
- Dowling, R. K., Newsome, D. (eds.). (2006). *Geotourism*. Oxford: Elsevier. <https://doi.org/10.4324/9780080455334>
- Eiras, J. F., Becker, C. R., Souza, E. M., Gonzaga, J. E. F., Silva, L. M., Daniel, L. M. F., Matsuda, N. S., Feijó, F. J. (1994). Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8(1), 17-45.
- Faria, M. S. G., Bahia, R., Almeida, M. E., Oliveira, M. A. (2004). Folha Manaus SA.20. In: Schobbenhaus, C., Gonçalves, J. H., Santos, J. O. S., Abram, M. B., Leão Neto, R., Matos, G. M. M., Vidotti, R. M., Ramos, M. A. B., Jesus, J. D. A. (eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*. Sistema de Informações Geográficas-SIG. Brasília: Programa Geologia do Brasil, CPRM.
- Faria, M. S. G., Luzardo R. (2000). Complexo Metamórfico Anauá. In: *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Projeto Caracaráí folhas NA.20-Z-B e NA.20-Z-D (Integrais) e NA.20-Z-A, NA.21-Y-A, NA.20-Z-C e NA.21-Y-C (parciais). Escala 1:500.000. Manaus: CPRM.
- Franzinelli, E., Igreja, H. (2011). Ponta das Lajes e o Encontro das Águas, AM - A Formação Alter do Chão como moldura geológica do espetacular Encontro das Águas Manauara. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Souza, C. R. G., Fernandes, A. C. S., Berbert-Born, M., Sallun Filho, W., Queiroz, E. T. (org.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. p. 263-282. Disponível em: https://sigep.eco.br/sitio054/sitio054_impresso.pdf. Acesso em: 3 maio 2023.
- García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., Vegas, J. (org.). (2014). *Documento Metodológico para la Elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. Disponível em: <https://www.igme.es/patrimonio/descargas/METODOLOGIA%20IELIG%20V16%20actualizaci%C3%B3n%202018.pdf>. Acesso em: 3 maio 2023.
- García-Cortés, A., Úrqui, L. C. (2009). *Proposta para la actualización metodológica del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)*. Espanha: Instituto Geológico y Minero de España.
- Garcia, M. G. M., Nascimento, M. A. L., Mansur, K. L., Pereira, R. G. A. F. (2022). Geoconservation strategies framework in Brazil: current status from the analysis of representative case studies. *Environmental Science & Policy*, 128, 194-207. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.11.006>
- Grahn, C. Y., Paris, F. (1992). Age and Correlation of the Trombetas Group, Amazonas Basin, Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, 35(3), 197-209.
- Henriques, M. H., Guimarães, F. A., Sá, A. A., Silva, E., Brilha, J. (2011). The International Year of Planet Earth in

- Portugal: past activities and further developments. *Episodes*, 33(1), 33-37. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2010/v33i1/005>
- Hose, T. A. (1995). Selling the Story of Britain's Stone. *Environmental Interpretation*, 10(2), 16-17.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Estimativas da população residente. Densidade demográfica. *População estimada*. Censo Demográfico 2010. Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/novo-airao.html>. Acesso em: 4 maio 2023.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. *População estimada*. Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2020. Densidade demográfica. Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/novo-airao.html>. Acesso em: 4 maio 2023.
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2015). *Plano interpretativo*: Parque Nacional de Anavilhanas. Brasília: ICMBio.
- Kistler, P. (1954). *Historical Resumé of the Amazon Basin*. Relatório Técnico Interno 104-A. Belém: Petrobras/Renor.
- Lima, F. F. (2008). *Proposta Metodológica para a Inventariação do Patrimônio Geológico Brasileiro*. Dissertação (Mestrado). Portugal: Universidade do Minho, 92 p.
- Lima, R. H. C., Garcia, M. G. M. (2023). *Serviços ecossistêmicos da geodiversidade: abordagem preliminar no Parque Nacional de Anavilhanas e seu entorno, Amazônia, Brasil*. América Latina ante los (nuevos) retos de la justicia social y ambiental. Madri: Asociación Espanola de Geografia. p. 27-288. <https://doi.org/10.21138/al/2023.17>
- Luzardo, R. (2012). Geoparque Cachoeiras do Amazonas (AM): proposta. In: Schobbenhaus, C.; Silva, C. R. (org.). *Geoparques do Brasil: propostas*. Rio de Janeiro: CPRM. Cap. 3. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17166>. Acesso em: 17 jul. 2023.
- Maia, M. A. M., Marmo, J. L. (2010). *Geodiversidade do estado do Amazonas*. Manaus: CPRM, 275 p.
- Maia, R. G. N., Godoy, H. K., Yamaguti, H. S., Moura, P. A., Costa, F. S. F., Holanda, M. A., Costa, J. A. (1977). *Projeto Carvão no Alto Solimões*. Manaus: Ministério de Minas e Energia/DNPM/CPRM. 11 v.
- Newsome, D., Dowling, R. K. (eds.) (2010). *Geotourism: the tourism of geology and landscape*. Oxford: Goodfellow.
- Nogueira, A. C. R. (1999). Depósitos Costeiros Neoproterozoicos da Formação Prosperança, Município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas. In: Simpósio de Geologia do Amazonas, 6., 1999. *Anais...* Manaus: SGB-Núcleo Norte, p. 412-415.
- Paiva, G. (1929). *Valle do Rio Negro, Physiografia e Geologia*. Rio de Janeiro: SGM 40.
- Pardini, H. (2010). *Anavilhanas National Park and Surroundings: Touristic Map*. ABETA – Brazilian Ecotourism and adventure. Manaus: Travel Trade Association.
- Pereira, R. G. F. A. (2010). *Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)*. Tese (Doutorado). Portugal: Universidade do Minho, 295 p.
- Reis, N. J., Almeida, M. E., Riker, S. L., Ferreira, A. L. (org.). (2006). *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas*. Mapa Geológico do Estado do Amazonas escala 1:100.000. Manaus: CPRM.
- Ribeiro, L. M. A. L., Garcia, M. G. M., Higa, K. K. (2021). The geological heritage of the state of São Paulo: potential geosites as a contribution to the Brazilian national inventory. *Journal of the Geological Survey of Brazil*, 4(1), 45-54. <https://doi.org/10.29396/jgsb.2021.v4.SI1.5>
- Riker, S. R. L., Lima, F. J. C., Motta, M. B., Silva, D. P. B. (2014). *Carta Geológica Folha SA.20-Z-B, Novo Airão*, escala 1:250.000. Manaus: CPRM.
- Riker, S. R. L., Lima, F. J. C., Motta, M. B., Silva, D. P. B. (2016). *Carta Geológica folha SA.20-Z-D, Rio Curiuai, escala 1:250.000*. Manaus: CPRM.
- Rocha, A. J. D., Lima, E., Schobbenhaus, C. (2016). Aplicativo GEOSSIT – Nova Versão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 48., 2016. *Anais...* Porto Alegre: SBG.
- Santos, A. F. O. (2018). *Estudo do patrimônio geológico e cultural da região do Médio Tietê (SP): caracterização e análise da potencialidade de criação de um geoparque*. Tese (Doutorado). Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

Santos, J. O. S., Faria, M. S. G., Hartmann, L. A., McNaughton, N. J. (2002). Significant Presence of the Tapajós – Parima Orogenic Belt in the Roraima Region, Amazon 76 Craton based on SHRIMP U-Pb zircon Geochronology. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 41., 2002. *Anais...* João Pessoa: SBG, p. 336.

Sharples, C. (2002). *Concepts and Principles of Geoconservation*. Tasmanian Parks e Wildlife Service. Disponível em: <https://nre.tas.gov.au/Documents/geoconservation.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

Silva, S. R. A., Lima, R. H. C. (2019). Geodiversidade do Parque Nacional de Anavilhanas/AM: potenciais geossítios. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 16., 2019. *Resumos...* Manaus: SBG-NO, p. 102-105.

Soares, E. A. A., Truckenbrodt, W., Nogueira, A. F. C. (1999). Contribuição ao paleoambiente e à paleogeografia da Formação Nhamundá (Siluriano Inferior) na Bacia do Amazonas, Região de Presidente Figueiredo - AM. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 6., 1999. *Resumos Expandidos...* Manaus: SBG, Núcleo Norte, p. 435-437.