



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Geomorfologia fluvial e geodiversidade do Lago de Tefé (Tefé, Amazonas, Brasil)

Tamna Gadelha da Silva¹ Francisco Davy Braz Rabelo² Hikaro Kayo de Brito Nunes³

¹ Mestra em Geociências (UFAM) e Especialista em Geografia Aplicada à Amazônia (UEA). E-mail: tamnagadelhasilva@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4631-0453>

² Doutor em Geografia (UFC) e Professor Adjunto da Universidade do Estado do Amazonas (CEST/UEA). E-mail: frabelo@uea.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4326-0729>

³ Doutor em Geografia (UECE) e Professor Adjunto da Universidade do Estado do Amazonas (CEST/UEA). E-mail: hikarobrito@gmail.com (autor correspondente) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6868-1285>

Artigo recebido em 25/ 01/2024 e aceito em 27/ 05/2024

RESUMO

A Geodiversidade é um tema que vem ganhando mais destaque de forma relativamente recente no meio científico e sua utilização tem apresentado resultados proeminentes no que tange à integração de aspectos naturais físicos e culturais. No Amazonas ainda são escassos os estudos com essa temática, o que motivou a realização deste trabalho, dada a relevância da compreensão dos processos envolvidos na geração da paisagem, sejam eles atuais ou antigos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo ampliar o conhecimento da Geodiversidade na região, a partir do levantamento da potencialidade de aspectos da geomorfologia fluvial do rio Tefé como indicadores de geodiversidade e sua aplicação na investigação dos processos físicos superficiais envolvidos nas praias da Juliana (Tefé) e Nogueira (Alvarães), Amazonas. Para identificação desses elementos, foram utilizadas geotecnologias como base dos métodos de elaboração de mapas temáticos para interpretações e inferências ambientais em conjunto com análises sedimentológicas. Como resultado, foram identificados aspectos geológicos-geomorfológicos e registros/feições sedimentares e processos superficiais associados, constituindo elementos da geomorfologia fluvial da região que contribuem para ampliação do tema Geodiversidade no Amazonas.

Palavras-chave: Geodiversidade, Lago de Tefé, Amazonas, Geotecnologias.

River geomorphology and geodiversity of Tefé Lake (Tefé, Amazonas, Brazil)

ABSTRACT

Geodiversity is a topic that has been gaining more prominence relatively recently in the scientific world and its use has shown prominent results in terms of the integration of natural physical and cultural aspects. In Amazonas, there are still few studies on this topic, which motivated this work, given the relevance of understanding the processes involved in the generation of the landscape, whether current or ancient. In this context, this study aimed to expand the knowledge of Geodiversity in the region, by surveying the potential of aspects of the fluvial geomorphology of the Tefé river as indicators of geodiversity and its application in the investigation of surface physical processes involved in the Juliana beaches (Tefé) and Nogueira (Alvarães), Amazonas. To identify these elements, geotechnologies were used as the basis of methods for creating thematic maps for environmental interpretations and inferences in conjunction with sedimentological analyses. As a result, geological-geomorphological aspects and sedimentary records/features and associated surface processes were identified, constituting elements of the region's fluvial geomorphology that contribute to expanding the theme Geodiversity in Amazonas.

Keywords: Geodiversity, Tefé Lake, Amazonas, Geotechnologies.

Introdução

Assim como o interior da Terra, a superfície do planeta é dinâmica. A paisagem é constantemente transformada, seja por fenômenos atuais que moldam o relevo, seja pela exposição de rochas que revelam processos de milhões de anos

ao longo do tempo geológico. Ainda que haja grande destaque para o estudo sobre as atividades biológicas na superfície terrestre, há uma corrente de pesquisa voltada para a investigação dos aspectos abióticos da natureza, no que concerne às investigações em torno da Geodiversidade (Gray,

2004; Kozłowski, 2004; Cañadas e Flaño, 2007; Zwolinski et al., 2018; Pereira et al., 2019; Andrade et al., 2021; Silva et al. 2021).

Antagônico à Biodiversidade, o termo Geodiversidade, segundo Gray (2004), compreende a interação entre pessoas, paisagem e cultura, incorporando os ambientes geológicos, fenômenos e processos formadores do relevo, rochas, minerais, fósseis e solos que promovem a estrutura para haver vida na Terra. Nesse contexto, a Geodiversidade é a base na qual está assentada a Biodiversidade e da qual depende diretamente, pois a partir do processo de intemperismo das rochas, associados ao clima e ao relevo, a formação de solos permite que haja disponibilidade de nutrientes e micronutrientes para serem absorvidos pelas plantas (Silva, 2008). Nesses termos, o conceito de Geodiversidade complementa o da biodiversidade sobre as questões relacionadas à gestão e conservação da natureza, como apresentado por Pereira et al. (2019).

Para Hjort (2015), a Geodiversidade tem grande valor científico a partir do qual seu conhecimento pode trazer benefícios para a sociedade (por exemplo, registros de mudanças climáticas, evolução da vida e a compreensão de como funcionam os sistemas terrestres), além do que sem a Geodiversidade muitos ecossistemas não existiriam ou exigiriam uma tecnologia alternativa muito cara, como por exemplo, o fornecimento de água doce, regulação da qualidade da água e do ar, formação de solos e nutrientes para a formação de alimentos.

Considerando a importância de estudos com a temática Geodiversidade, são destacadas inúmeras aplicações, com as seguintes finalidades: a) geoturística, apreciando dados primários de Geodiversidade, aspectos relevantes culturais e da biodiversidade, a partir de atrativos turísticos naturais, para a construção de um roteiro turístico, bem como a identificação de potenciais geoturísticos (Lima e Ruschkys, 2019; Lima et al., 2020); b) geoconservação, com base em estratégias para conservação de geoparques, além da implementação de geoturismo (Reis et al., 2020); c) serviços dos ecossistemas por meio de estudos sobre a geodiversidade, introduzindo a relevância do tema (Pereira et al., 2019); d) planejamento territorial a partir do mapeamento da identificação e caracterização de elementos da geodiversidade (Silva e Barreto, 2014), dentre outros estudos (Val, 2010; CPRM, 2010; Meneses e Nascimento, 2014; Valdati et al., 2020) por meio dos quais a geodiversidade subsidia diferentes campos de pesquisa.

No que se refere à Geodiversidade no Amazonas, não há grande número de trabalhos que tratem deste tema de forma direta, mas a literatura disponível apresenta resultados relevantes sobre a caracterização de elementos da geodiversidade, publicados nos últimos 20 anos, dos quais se destacam geologia, geomorfologia, solos, fósseis, drenagem, geoconservação e geoturismo (Maia e Marmos, 2010; Val, 2010; Reis et al. 2020; Oliveira, 2022a; Oliveira 2022b; Val et al. 2022).

Nesse sentido, devido à escassez de trabalhos voltados a essa temática no espaço amazonense, a presente pesquisa pretende ampliar o conhecimento da Geodiversidade na região, a partir do levantamento da potencialidade de aspectos da geomorfologia fluvial do rio Tefé como indicadores de geodiversidade e sua aplicação na investigação dos processos físicos nas praias da Juliana (Tefé) e Nogueira (Alvarães).

Localizada na região central do estado do Amazonas, a área de estudo corresponde aos depósitos de praias nas margens do Lago de Tefé, formado pelo represamento do rio Tefé antes de chegar à sua foz, no rio Solimões. O Lago de Tefé tem suas margens tanto na cidade de Alvarães (esquerda) quanto na cidade de Tefé (direita).

Destarte, importante salientar que este estudo compreende os processos superficiais associados ao rio Tefé, tendo como *locus* principal a Praia da Juliana (margem direita do rio Tefé, na cidade homônima) e as praias da Ponta Grande, Meneruá e de Nogueira (margem esquerda do rio Tefé, no município de Alvarães), em que pese a possibilidade de identificação de padrões e anomalias sedimentares de feições distintas e padrões espaço-temporais (sazonais) característicos sobre os depósitos aluvionares.

Frisa-se, por fim, que este estudo, tais como os de Mascarenhas e Vidal (2019), Andrade, et al. (2021) e Machado e Espírito Santo (2022), irá contribuir para a ampliação dos estudos sobre Geodiversidade e geomorfologia fluvial, sobretudo em ambientes amazônicos, considerando diferentes concepções teóricas, aplicações metodológicas e capacidades interpretativas de elementos como ordenamento territorial, planejamento ambiental, em distintas relevâncias e aplicações.

Procedimentos metodológicos

Para as etapas metodológicas, foi inicialmente realizado o levantamento bibliográfico acerca da geodiversidade, tendo como foco os conceitos e aplicações, principalmente no Amazonas. Em seguida, foi feita a aquisição de um banco de dados digital constituído por bases cartográficas digitais,

georreferências do município de Tefé, tais como imagens de satélite e arquivos em formato *shapefile* (.shp) de dados de geologia, relevo, altimetria, solos, feições erosivas, curvas de nível e de localidades, disponibilizados pela CPRM (2015, 2018) e IBGE (2013, 2020), e imagem GeoTiff com dados de altimetria SRTM, oriundos da EMBRAPA.

A partir dos arquivos vetoriais e imagens de satélite (Google Earth Pro) foram elaborados os mapas de localização, geológico, geomorfológico por meio do software Quantum GIS – QGIS (Versão 3.30.1) aos quais também foram adicionadas o layout de fotografias da área de estudo. No mesmo software, foi tratada a imagem SRTM “SA-20-Y-C” e, para elaboração dos perfis de elevação, utilizou-se o plugin *Profile Tool*, por

meio do qual foram elaboradas seções A-B ao longo das praias.

A etapa de campo foi destinada à visitação da área de estudo (figura 1) para coleta de ponto de posicionamento e marcação de trilha de acesso utilizando-se o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) por meio do aplicativo GeoTracker (Versão 5.2.1.3167). A análise sedimentológica na área de estudo iniciou-se a partir caracterização de perfis colunares nos pontos de coleta, os quais que englobaram a litologia (e.g. siltito, argilito, arenito), coloração, geometria das camadas (e.g., tabulares, lenticulares), textura (e.g., maciça, laminada, estratificada, meniscada), estruturas sedimentares (e.g. estratificação plano-paralelo, cruzada). Para cada perfil, foram obtidos registros fotográficos com escalas apropriadas.

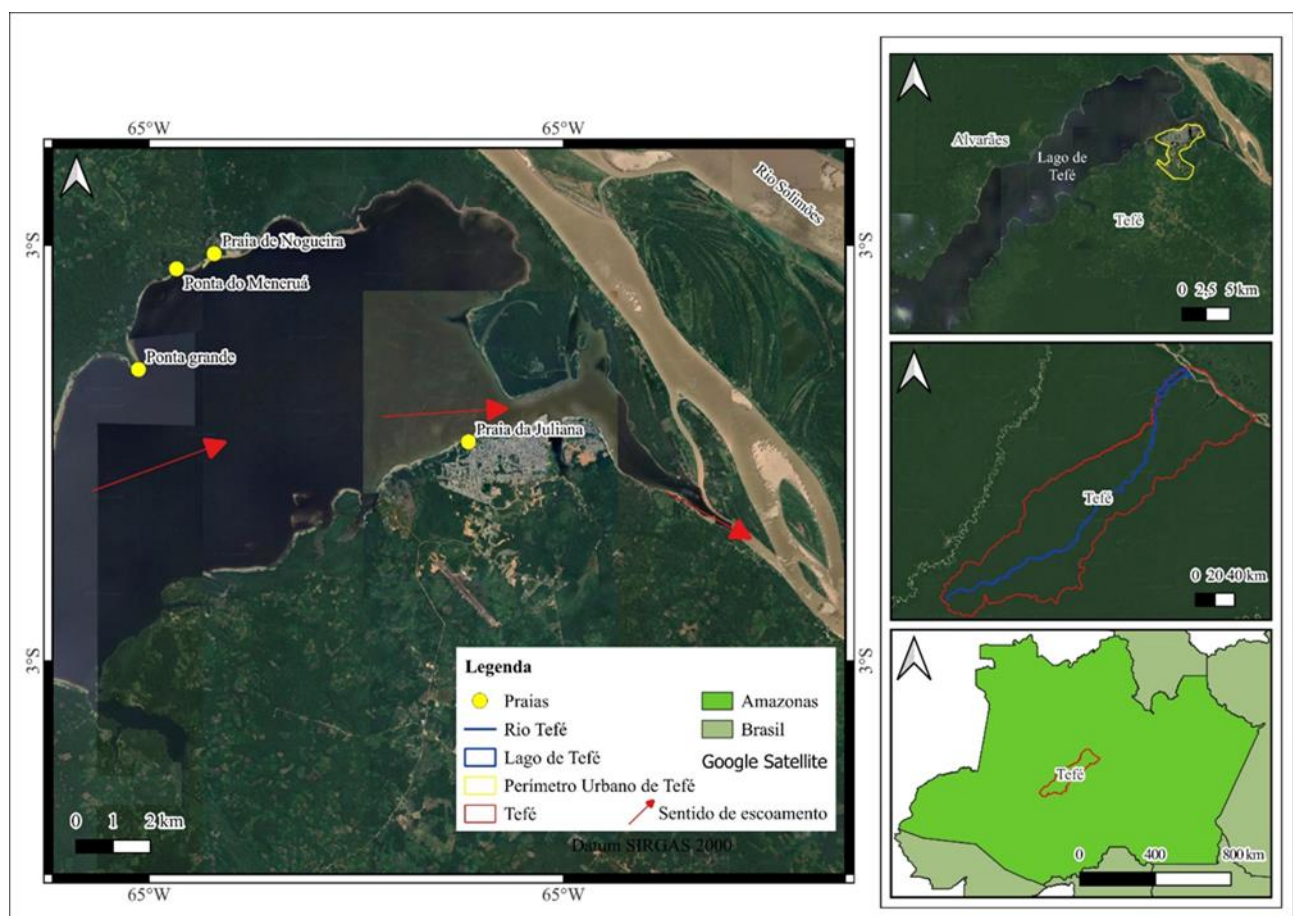


Figura 1. Localização da área de estudo, Lago de Tefé, com destaque as praias estudadas. Fonte: Confeccção própria da autora, 2023.

As interpretações tiveram como base as propostas analíticas em torno de investigações geológicas, geomorfológicas e da geodiversidade em Baptista et al. (2016), Cardoso et al. (2018), CPRM (2021), Araújo et al. (2022) e Nunes (2022a), os quais destacam elementos morfogenéticos, morfológicos, morfométricos,

morfodinâmicos, morfoestruturais e morfocronológicos (a exemplo de idade, orientações, características altimétricas e forma), como afirma Ab'Saber (1969) a respeito da compartimentação, da estrutura superficial da paisagem e da fisiologia da paisagem como trinômio básico à análise geomorfológica, e

Ascensão e Valadão (2016) sobre a necessidade de inclusão nos estudos geomorfológicos das formas, dos processos e dos materiais, condicionados pela ação do tempo (longo ou curto).

Resultados e discussões

Tendo como base a integração e interpretação das imagens de satélite e dos dados sedimentológicos obtidos durante o trabalho de campo, os resultados deste estudo podem ser detalhados nas subseções a seguir.

Aspectos geológicos-geomorfológicos

No que concerne ao contexto geológico, a área de pesquisa encontra-se situada na Bacia Sedimentar do Solimões, uma bacia intracratônica abrangendo aproximadamente 1.180.000 km² e orientação aproximada na direção E-W (Caputo, 2014). Essa bacia é delimitada ao Norte pelo Escudo das Guianas, ao Sul pelo Escudo Brasileiro, a Leste pelo Arco de Purus e a Oeste pelo Arco de Iquitos (Wanderley Filho et al., 2007). Segundo Barata e Caputo (2007), é subdivida pelo Alto de Carauari em Sub-bacia do Juruá a Leste e Sub-bacia do Jandiatuba a Oeste, com aproximadamente 3.800 e 3.100 m de espessura de rochas sedimentares e soleiras de diabásio, respectivamente.

Com base em dados compilados das unidades litológicas (IBGE, 2013; CPRM, 2015), e considerando as correções baseadas em informações disponíveis na literatura, mais especificamente os depósitos amazônicos descritos em estudos anteriores (Rossetti et al., 2005; Horbe et al., 2013), as exposições geológicas presentes na área de estudo podem ser associadas de maneira consistente aos depósitos quaternários da Formação Içá (Figura 2A).

A deposição da Formação Içá ocorreu durante o Pleistoceno, conforme datado por Rossetti et al. (2015) e pela análise de associação palinológica identificada por Silveira e Nogueira (2007). Consoante a pesquisa de Allard (2020), essa unidade geológica abrange uma extensa área na região central da Amazônia. Segundo Almeida et al. (2016), a Formação Içá apresenta uma espessura que excede 15 metros, caracterizada por ciclos granodescrecentes ascendentes, com a base da unidade marcada por uma superfície erosiva em contato com a Formação Solimões. No entanto, com base nos furos de sondagem descritos por Maia et al. (1977), foram identificadas profundidades de 100 a 140 metros, que destacam um espessamento das camadas para o sentido Sul e Sudoeste.

A Formação Içá é primariamente constituída por arenitos de textura fina a média, bem como siltitos, exibindo ocasionalmente a presença de conglomerados argilosos. Estes sedimentos demonstram variações de coloração que abrangem tons que variam do amarelo ao avermelhado, como observado por Nogueira apud Galvão et al. (2023). Além disso, esta unidade sedimentar apresenta diversos padrões sedimentares distintos (Horbe et al., 2013), incluindo estratificações cruzadas e marcas onduladas, bem como a existência de grandes estruturas sedimentares com morfologia particularmente interessante, conhecidas como dunas barcanóides (Almeida et al., 2016).

Em relação ao ambiente deposicional, a Formação Içá é interpretada como tendo sido depositada em paleoambiente continental, o qual Maia et al. (1977) atribuem a um ambiente de alta energia e caráter oxidado, o que pode ser constatado pela escassez fossilífera da unidade. A análise das fácies realizada por Rossetti et al. (2015) indica a presença de um sistema fluvial meandrante, no qual foram identificados depósitos de canais ativos e abandonados, barras em pontal, crevasse splay e planícies de inundação. A influência fluvial na formação desses depósitos é respaldada pela presença das características de estratificação cruzada acanalada em formas barcanóides (Almeida et al., 2016).

A exemplo de sua ocorrência na região amazônica (Rossetti et al., 2015), os depósitos da Formação Içá podem ser observados em vertentes e nas margens do Lago de Tefé, associados a depósitos aluvionares recentes de acordo com a base de dados da CPRM (2005, 2015). No entanto, segundo Stern (2019), há indícios que indicam que depósitos aluviais datam do Pleistoceno (Pupim et al., 2019), cujo sistema de terraço está associado às drenagens ativas, de modo que podem ocorrer tanto em planícies aluvionares recentes quanto do Pleistoceno. Segundo Caputo (2014), os terraços pleistocênicos mais novos acompanham continuamente as margens dos grandes rios, tendo a continuidade interrompida por afluentes.

No que tange aos aspectos geomorfológicos da área de estudo, segundo o levantamento da CPRM (2015) e Maia e Marmos (2010), são identificados como principais padrões de relevo planícies e terraços fluviais, tabuleiros e tabuleiros dissecados, com declividade que varia de 0 a 3 grau e amplitude topográfica de 0 a 50 metros. Além disso, são identificadas áreas de terras caídas, as quais CPRM (2015) destaca como áreas de susceptibilidade à erosão (Figura 2B).

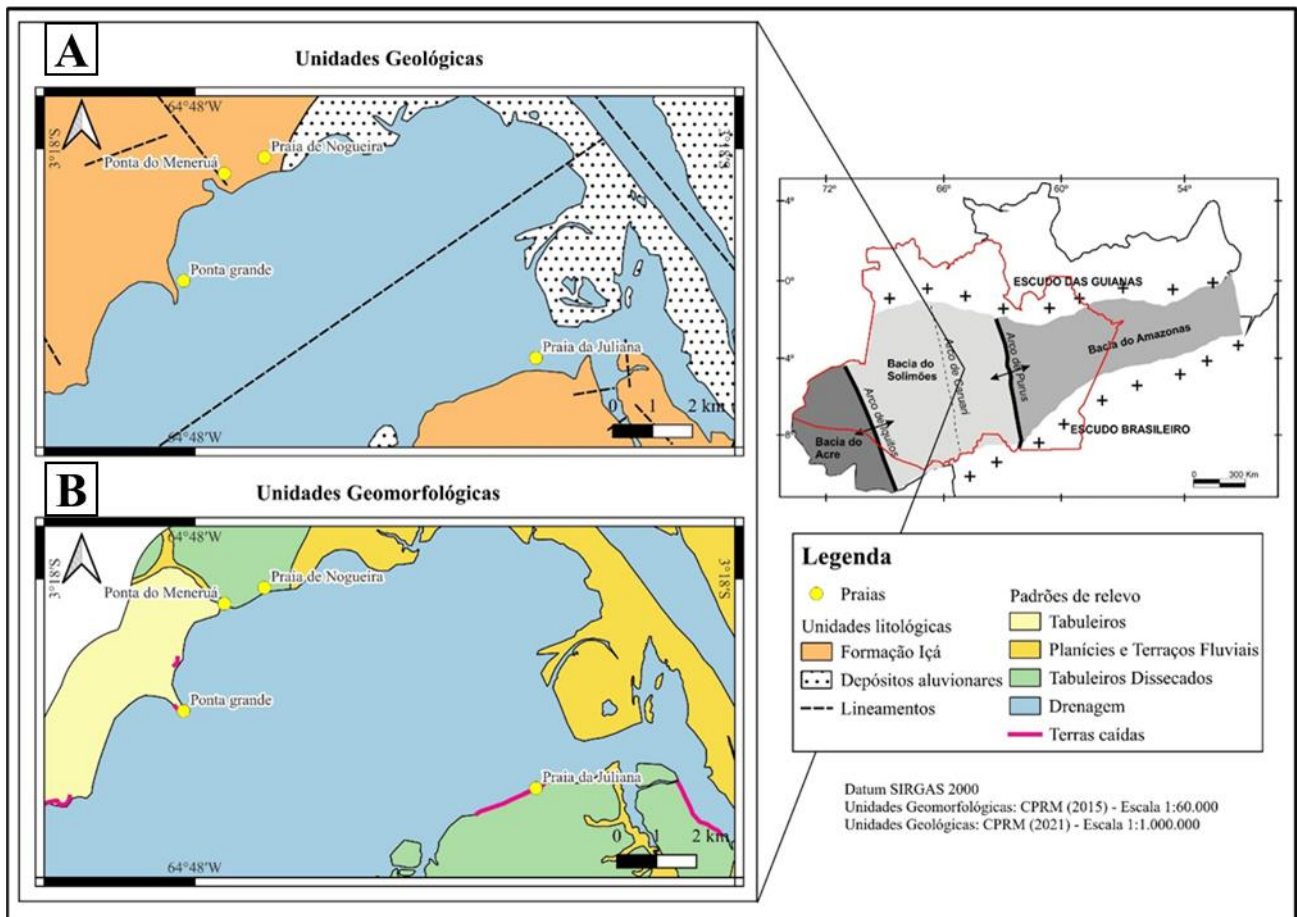


Figura 2. Mapas das unidades Geológicas e Geomorfológicas da Bacia do Solimões no Lago de Tefé. Fonte: Confecção própria da autora, 2023.

Segundo Maia e Marmos (2010), as planícies e terraços fluviais ocorrem ao longo dos principais canais troncos do rio Solimões, sendo este o principal rio da Bacia homônima, e destacam que estes padrões de relevo representam as únicas zonas deposicionais ativas.

O sistema fluvial do rio Solimões é considerado por Latrubesse e Franzinelli (2002) quase retilíneo, com trechos de padrão anastomosado com algumas ilhas e multicanais. O rio Solimões possui águas brancas e uma área de drenagem de 2.221.990 km², com nascente nas vertentes andinas em altitudes de aproximadamente 6 mil metros (Paiva, 2009), já a sua foz, segundo Soares et al. (2001), se dá em altitudes de cerca de 50 metros, na confluência com o Rio Negro, formando o Rio Amazonas, em Manaus

A área de estudo se localiza em um dos afluentes do médio curso do rio Solimões, o Rio Tefé, especificamente no Lago de Tefé (Figura 3).

Consoantes os levantamentos deste estudo, o rio Tefé é caracterizado por um sistema fluvial com orientação de SW-NE e comprimento de aproximadamente 400 km até a sua foz. O padrão fluvial do rio Tefé varia ao longo de sua extensão, da nascente até aproximadamente 280 km em direção à foz, apresenta padrão meandrante com sinuosidade irregular (Figura 3D), que se tornam mais tortuosos (Figura 3E) à medida que se distanciam da nascente, ao longo do qual são observados inúmeros meandros abandonados. Daí em diante, o rio desenvolve um padrão anastomosado a multicanais (Figura 3C) pelos próximos 80 km, com inúmeras ilhas, visíveis principalmente durante os períodos de seca. Seguindo, tem-se o lago de Tefé (Figura 3B), que corresponde a uma área de 215 km² e que posteriormente escoar por um canal de 7 km para o Rio Solimões. O lago de Tefé tem largura variando entre 3,5 e 9 km de uma margem a outra, sendo a margem esquerda de Alvarães e à direita de Tefé.

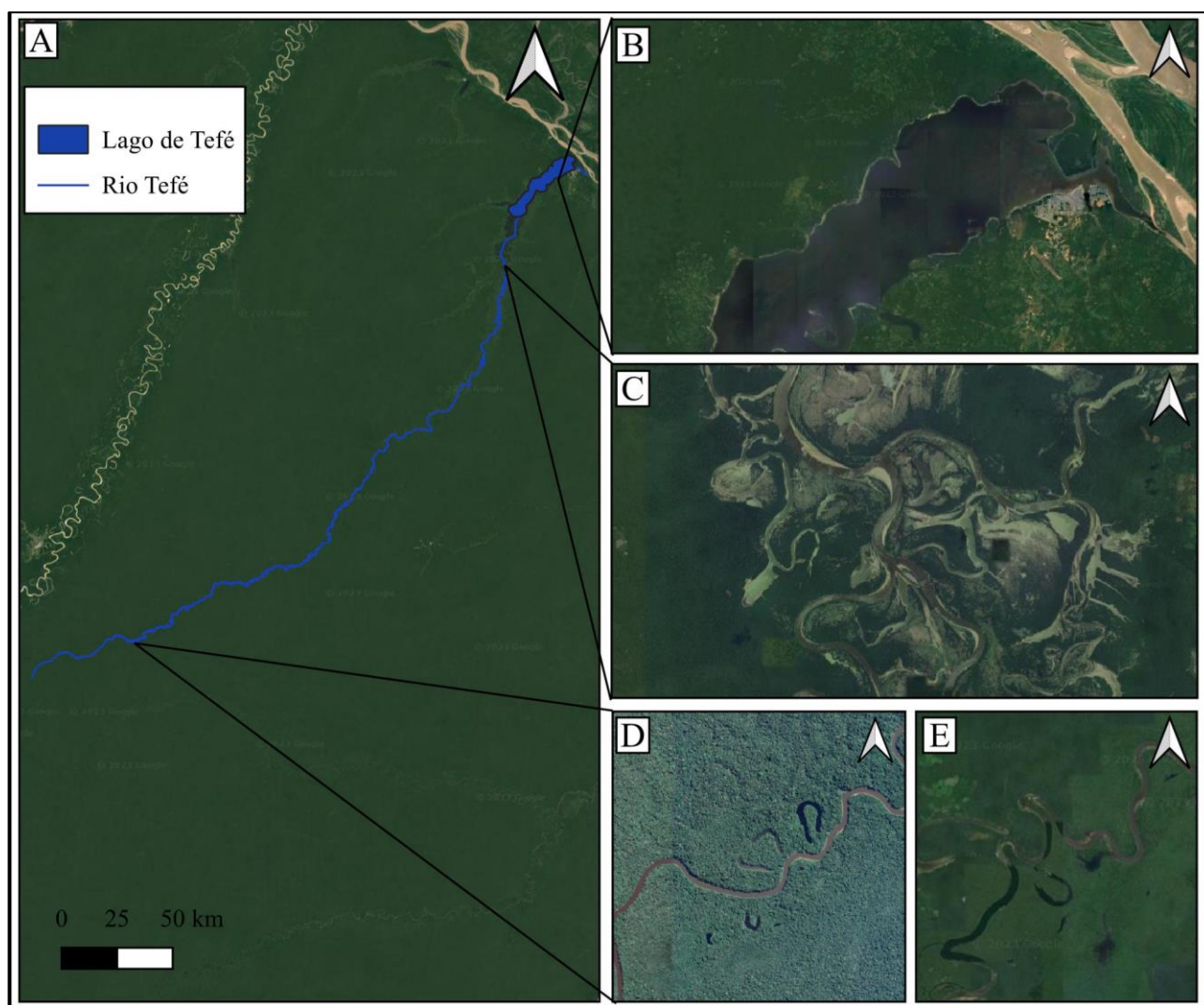


Figura 3. Aspectos do sistema de drenagem do Rio Tefé. A) Rio e lago de Tefé; B) Lago/ria de Tefé; C) Padrão anastomosado a multicanais; D) Padrão meandrante com sinuosidade irregular; E) Padrão meandrante com forte sinuosidade. Fonte: Google Earth, 2023.

Considerando a morfologia da área de estudo (Figura 3C), o lago de Tefé pode constituir uma ria fluvial, que, segundo Cortes (2020), se caracteriza como vales afogados alongados localizados nos baixos trechos de afluentes, os quais Bertani (2015) destaca como feições tipicamente abundantes na Amazônia, associadas ao sistema fluvial Solimões-Amazonas, representado por lagos represados próximos à confluência com o rio Solimões. A origem dessas feições na região amazônica pode estar associada a movimentações tectônicas (Alves, 2013; Rossetti, 2015; Cortes, 2020).

Nesse sentido, verificou-se que a orientação preferencial SW-NE do rio Tefé está relacionada aos lineamentos morfoestruturais da rede de drenagem apresentados por Bertani (2015) e Costa et al. (1996), nos quais se verificou uma direção principal SW-NE, com componentes secundárias significativas para NNW e WNW. Na

área de estudo, os lineamentos de direção NNW e WNW são representados igarapés que escoam em direção à ria, cujas extensões a partir das nascentes variam entre 4 e 24 km. Além disso, Bertani (2015) ressalta que a orientação da ria de Tefé segue direção similar aos grandes sistemas de falhas dessa região.

Registros/feições sedimentares e processos superficiais associados

De acordo com Alves (2013), as formas de relevo originadas a ambientes fluviais estão associadas tanto aos processos de sedimentação quanto os processos erosivos. Na área de estudo, trecho final do baixo curso do rio, constituindo um lago, no qual o material de fundo é composto predominantemente por sedimentos finos, e nas margens, formam-se extensas praias arenosas. Com base nas análises a partir das imagens de satélite, foi possível inferir as dimensões das

planícies fluviolacustres no lago de Tefé, tendo em vista as variações da paisagem em função dos períodos de vazante. Dessa forma, durante o período de estiagem, esses depósitos são representados pelas praias ao longo das margens do lago, as quais podem atingir entre 10 e 40 metros de largura da base do tabuleiro até o lago, dentre as quais as porções mais expressivas se encontram na Praia de Nogueira (30 m), em Alvarães, e na Ponta Branca (40 m), em Tefé. Ao considerar as dimensões das praias visitadas, as praias da Juliana, Ponta do Meneruá e Ponta Grande atingem uma dimensão de aproximadamente 20 metros.

De maneira geral, as praias são constituídas por areias finas a médias de coloração comumente esbranquiçada (Figuras 4), porém em algumas regiões podem ter cor rosada a amarelada em função da presença de camadas argilosas e níveis muito pontuais de cor preta associados à presença de minerais pesados. Em algumas localidades, as praias apresentam areia e níveis intercalados de argila, principalmente próximos ao limite Sudeste do lago, uma vez que nesse ponto há maior concentração de sedimentos do fundo do lago.

Com base nas seções A-B nas praias estudadas (Figura 4), constatou-se que as praias da margem esquerda do lago apresentam cotas de elevação superiores à da margem direita, das quais se detalham:

- Praia de Nogueira: segmento A-B com direção NNW-SSE, apresenta elevação de 32 m, no limite da água, a 42 m próximo ao arruamento da comunidade de Nogueira.
- Ponta do Meneruá: segmento A-B com direção ENE-WSW, apresenta elevação de 38 m, no limite da água, a 39 m próximo à vegetação.
- Ponta Grande: segmento A-B com direção W-E, apresenta elevação de 33 m, no limite da água, a 40 m próximo à vegetação.

- Praia da Juliana: segmento A-B com direção SSE-NNW, apresenta elevação de 34 m, no limite da água, a 35 m próximo à vertente de terras caídas.

Nesse contexto, verifica-se que as praias de Nogueira e Ponta Grande apresentam variação de elevação superiores entre 7 e 11 metros ao longo da seção A-B e as praias da Juliana e Ponta do Meneruá, variações de aproximadamente 1 metro na seção A-B. Essa diferença pode estar associada à presença de cursos de água (igarapés) próximos às praias da Juliana e Ponta do Meneruá, o que pode aumentar a ação erosiva das areias ao longo do regime de estiagem e cheia.

As principais feições sedimentares estão associadas às planícies fluviolacustres registradas em ambas as margens do lago de Tefé, resultantes dos acúmulos de sedimentos transportados pelos rios. Além dessas, há ainda feições erosivas, relacionadas à remoção de material rochosos, observadas em algumas vertentes dos tabuleiros à margem direita, associadas ao fenômeno das terras caídas – já definidas e analisadas em Freitas e Albuquerque (2012), CPRM (2015), Ferreira et al. (2022) e Nunes (2022b).

Na margem esquerda do lago de Tefé, destaca-se a praia da Ponta Grande (Figura 5) em relação às feições fluviais, pois ainda que ao longo desta região haja exposições da praia, nem sempre há registros bem definidos de rochas sedimentares. Dentre as principais feições, pode-se destacar a ocorrência de rochas sedimentares moderadamente preservadas (Figuras 5A e 5C), como camadas de arenitos rosados de aproximadamente 50cm de espessura, granulometria fina a média e com estratificações cruzadas (Figura 5B), arenitos finos intercalados com pelito marrom-avermelhado (Figura 5D), argila acinzentada com estratificação plano-paralela e textura friável, que em planta apresentam padrão poligonal preservados por grãos de areia (Figura 5E).

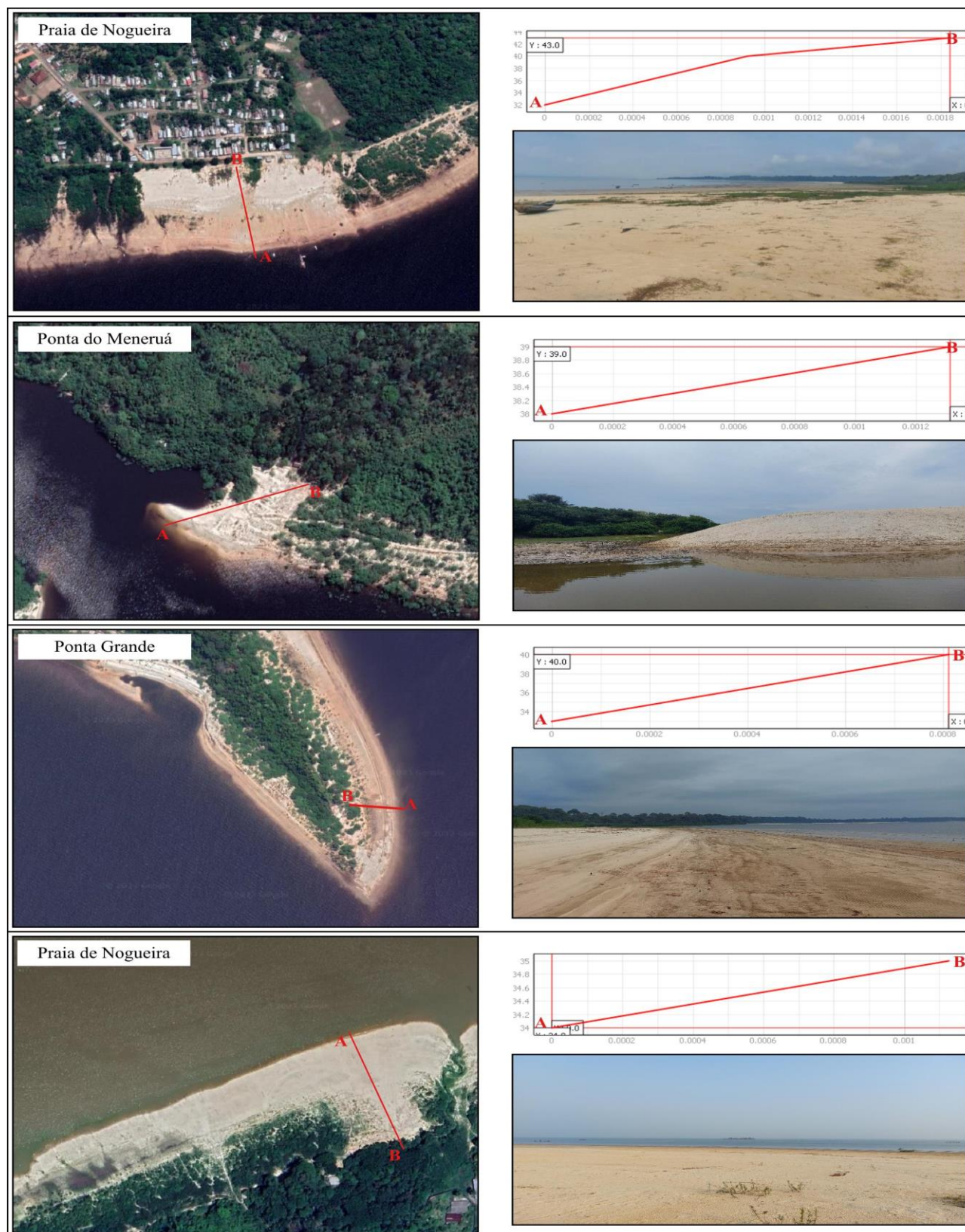


Figura 4. Praias das margens do Lago de Tefé, considerando sua declividade ao longo das seções A-B, nas quais A marca o encontro com a água e B a porção mais alta da praia. Fonte: Satélite Google; Confeção própria da autora, 2023.

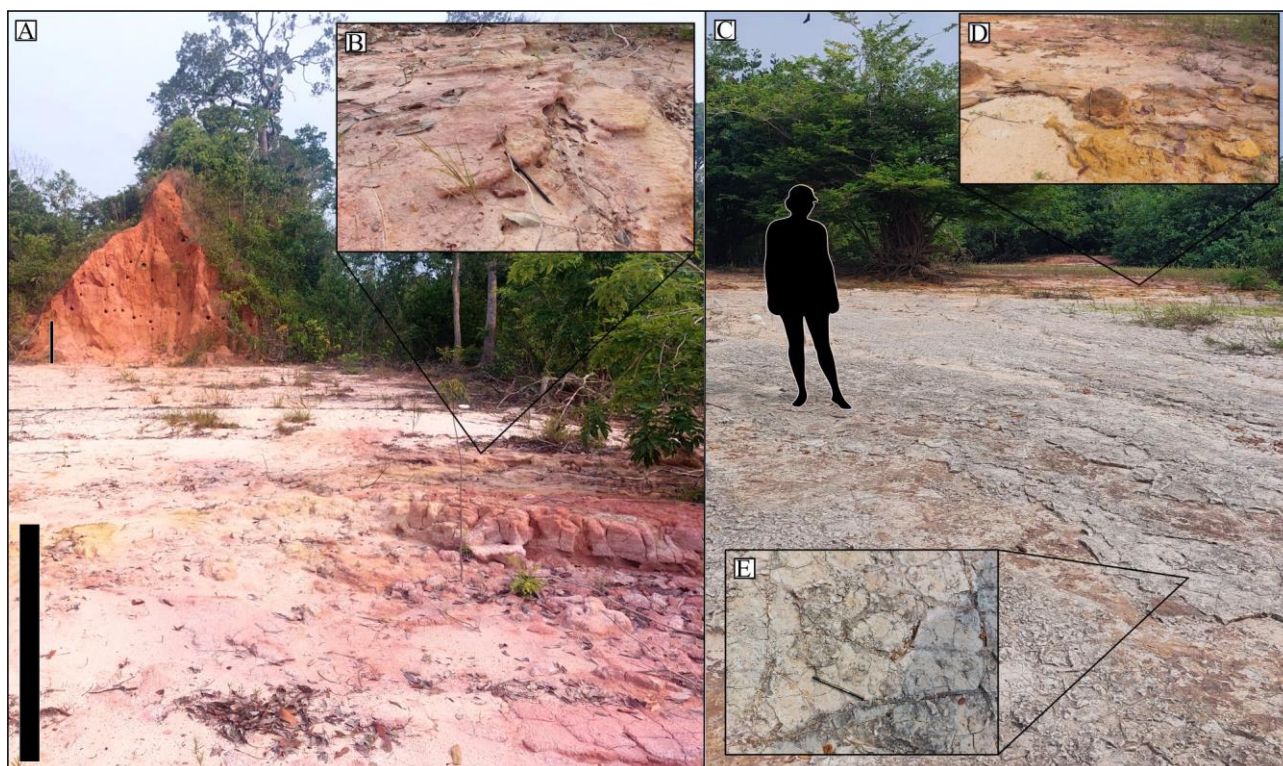


Figura 5. Praia da Ponta Grande. A e C) Afloramento de rochas sedimentares; B) Arenitos rosados estratificados; D) Arenitos marrom-avermelhados; e E) Argilitos esbranquiçados com padrão poligonal marcado por grão de areia. Fonte: Confecção própria da autora, 2023.

À margem direita do Lago de Tefé, descreveu-se a Praia da Juliana (Figura 6). Nessa área, além da praia de areia branca (anteriormente era um dos principais pontos de lazer da comunidade local), são observadas as vertentes dos tabuleiros, regionalmente chamados de “barrancos” (Figura 6A). Conforme apresentado na Figura 6B, a vertente apresenta horizonte de argissolos, caracterizados por material argiloso mosqueado de coloração rosada e branco-amarelada, que segundo Maia e Marmos (2010), podem ser suscetíveis aos processos de erosão hídrica e assim observado na redução desta vertente ao longo dos anos.

Em função do fenômeno das terras caídas, há uma exposição de aproximadamente 7 metros de camadas sedimentares (Figura 6C). Nesse afloramento, as rochas sedimentares identificadas são, predominantemente, arenitos finos esbranquiçados a amarelados, com estruturas de estratificação cruzada acanalada com sets marcados pelo acúmulo de material argiloso ferruginoso, e, subordinadas, camadas de pelito intercalados com arenito fino laminados e topo marcado por níveis ferruginosos de 3 cm a 5 cm de espessura de colocação marrom avermelhada. Próximo à base da vertente, são observados pelitos acinzentados e friáveis, com estratificações plano-paralelas (Figura 6D).



Figura 6. Praia da Juliana, margem direita do lago de Tefé. A) Vertente, localmente denominado “barranco”, com evidentes feições de erosão, conforme detalhado em B, onde observa-se também o horizonte de argissolo; C) Vista da vertente na qual são observadas sucessões de rochas sedimentares; e D) Nível mais inferior da vertente, com a ocorrência de pelitos friáveis acinzentados. Fonte: Confeção própria da autora, 2023.

De maneira geral, as feições sedimentares identificadas em ambas as praias estão associadas a um processo de sedimentação em sistema fluvial, conforme proposto em exposições análogas (Soares et al., 2021). Tendo em vista a escassez de estudos geológicos na área de estudo, análises sedimentológicas voltadas à caracterização de fácies sedimentares seriam de grande importância para identificação dos elementos indicativos de ambientes de sedimentação no sistema fluvial, tais como depósitos de preenchimento de canal, planície de inundação, barras em pontal, conforme já proposto em Miall (1985).

O registro potencial de elementos no lago de Tefé, focado na ampliação do conhecimento sobre aspectos geomorfológicos, geológicos e pedológicos da região, é de grande relevância. As feições identificadas, acessíveis durante os períodos de estiagem, facilitam estudos detalhados, tornando a conservação dessas áreas crucial para destacar a geodiversidade em Tefé e no Amazonas. A preservação dessas áreas não apenas fornece

subsídios valiosos para novos estudos sobre o registro geológico e histórico, mas também atua como indicadores de mudanças ambientais, contribuindo para a prevenção de desastres naturais e avançando a pesquisa científica. Além disso, valoriza o patrimônio cultural e paisagístico, promovendo o turismo sustentável e a educação ambiental. Portanto, a conservação das áreas no lago de Tefé é fundamental para promover impactos positivos duradouros na pesquisa científica e na conservação ambiental da região.

Quanto ao interesse para fins comerciais, as praias em Nogueira e em Tefé possuem um histórico de mineração de areia, o que pode ter efeitos que modificam a geomorfologia original, uma vez que a remoção da areia diminui a disponibilidade de sedimentos, o que pode acarretar desvio de fluxos. Na área de estudo, as feições de “buracões” (cavas de mineração) podem ser identificadas ao longo das margens do lago, as quais são destacadas na Figura 7, na margem esquerda, próximo à Ponta Grande. Nesse sentido,

apesar da potencialidade para a mineração de areia nas margens do lago de Tefé, até o momento todas as práticas relatadas não obedeciam à legislação minerária e ambiental, sendo consideradas ilegais, o que tem sido fiscalizado pelos moradores locais. Deste modo, reforça-se a importância de estudos de

viabilidade ambiental e social na extração de areia nestes locais, para que possam ser propostas políticas públicas que tragam benefícios para a região e não causem grandes impactos ambientais.

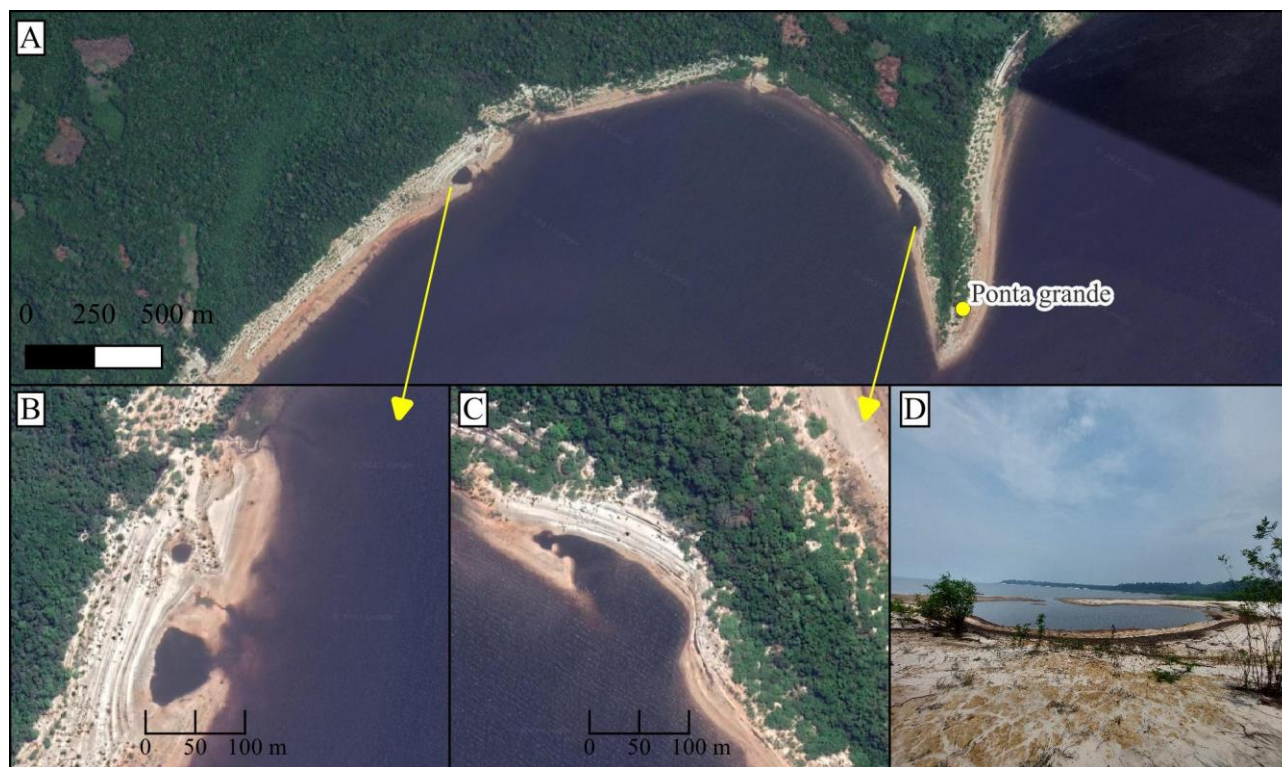


Figura 7. Feições em forma de “buracos” associadas a mineração de areia. A) Localização de duas cavas próximas à Ponta Grande; B e C) Imagens de satélites das feições; C) Registro fotográfico da cava em “C”.

Fonte: Satélite Google; Confecção própria da autora, 2023.

A utilização de imagens de satélite permitiu o reconhecimento e dimensionamento de macroformas em conjunto com o levantamento do banco de dados disponíveis para área de estudo, o que ressalta a importância das geotecnologias como ferramenta para elaboração de mapas e figuras temáticas por meio das quais foram identificados os padrões fluviais ao longo do rio Tefé e padrões de relevo correlacionados, além de feições associadas às atividades antrópicas. E, a partir da etapa de campo, foram obtidas informações litológicas *in loco* que contribuíram para o levantamento dos elementos da Geodiversidade, tais como o reconhecimento de rochas sedimentares, cuja sedimentação está associada a sistemas fluviais, e de horizontes de argissolos relacionados ao intemperismo atuante em vertentes de terras caídas.

Diante do exposto, verifica-se que a área de estudo apresenta uma diversidade de elementos da dinâmica fluvial, desde aspectos geológicos e geomorfológicos, até potencialidades para fins

científicos e comerciais, o que representam a ampla oferta de segmentos no escopo geográfico, seja ambiental ou social, para que sejam desenvolvidos mais estudos na região de Tefé.

A exemplo dos levantamentos propostos por Cardoso *et al.* (2018) no baixo curso do rio de Ondas, localizado em Barreiras – BA, os quais descrevem uma relação entre pontos de anomalias de drenagem e locais onde são oferecidos serviços ligados ao turismo, verifica-se que a conservação da geomorfologia fluvial do lago de Tefé, também apresenta elementos que estão associados ao cotidiano nesta localidade. Dentre os principais usos a se considerar, destacam-se as praias, popularmente utilizadas por banhistas enquanto estão expostas; as cavas (buracões), que servem como armadilhas naturais que prendem peixes à medida que a estiagem avança.

As feições geológicas e pedológicas identificadas na área de estudo são elementos que merecem atenção no que se refere a conservação, pois evidenciam a diversidade de processos

geológicos ao longo do tempo, como as mudanças no regime do rio, que estão consolidados em perfis de rochas nas vertentes. Essas feições permitem investigar a evolução geológica da região, conforme proposto por Freire *et al.* (2016), que destacou a importância dos patrimônios espeleológicos no Pará e sugeriu a geoconservação como uma abordagem para reconhecer e minimizar os impactos antropogênicos negativos. Esta perspectiva é reforçada por Reis *et al.* (2020) e Santos *et al.* (2021), que propõem o registro de geoparques na região amazônica como uma estratégia de conservação e valorização geológica.

Considerações Finais

A Geodiversidade como foco de estudo ainda é pouco explorada no Amazonas, mesmo apresentando resultados satisfatórios em diversos campos das Geociências. Neste trabalho, foram identificados dois grupos da Geodiversidade na região amazônica no Lago de Tefé – Amazonas, compondo:

1) Aspectos geológicos-geomorfológicos, que tratam da correlação dos depósitos da área de estudo com as sequências sedimentares quaternárias da Formação Içá e depósitos aluvionares, inseridos no contexto geológico da Bacia do Solimões; os padrões de relevo associados a planícies e tabuleiros e o padrão de drenagem ao longo do rio Tefé, no qual o padrão meandrante apresenta sinuosidade irregular a tortuosa, evoluindo para anastomosado ao se aproximar do baixo curso, no qual forma o lago ou ria de Tefé; a orientação preferencial SW-NE do rio Tefé relacionado aos grandes sistemas de falhas da região.

2) Registros/feições sedimentares e processos superficiais associados, que correspondem aos depósitos de planície fluviolacustres representados pelas praias e exposições de sucessões de arenitos e pelitos; feições de erosão associados às terras caídas e feições antrópicas nas margens.

Nesse contexto, os aspectos geomorfológicos e geológicos observados tanto por meio das Geotecnologias quanto a partir de dados de campo, se mostraram importantes indicadores dos aspectos geomorfológicos fluviais do rio Tefé, contribuindo para ampliação do conhecimento acerca da Geodiversidade no lago de Tefé, bem como no Amazonas.

Assim, diante do exposto e discutido tema, pode-se considerar que o objetivo proposto para este estudo foi alcançado, a partir do qual o

reconhecimento do potencial de Geodiversidade no lago de Tefé, partindo da identificação de elementos da geomorfologia fluvial pode servir de subsídio na investigação dos processos físicos envolvidos praias da Juliana (Tefé) e Nogueira (Alvarães). Outrossim, a presença de feições arenosas (praias) com materiais distintos (considerando o transecto montante/jusante), afloramentos sedimentares às margens e a diferença altimétrica entre tabuleiros e canal fluvial, constituem importantes indicadores de geodiversidade fluvial e da própria biodiversidade, uma vez que há espécies animais e vegetais que se destacam em cada ambiente.

Sugere-se, por fim, que outros estudos sejam realizados no tocante à geodiversidade fluvial, sobretudo nas seções dos Alto e Médio cursos do rio Tefé, a exemplo de estudos sobre: meandros abandonados, leito encaixado e sua relação com falhas geológicas, morfotectônica, dinâmicas de cheias e secas, batimetria, processos erosivos nos tabuleiros incidindo no direcionamento das vertentes, além da complexa rede de canais fluviais (furos, paranás, dentre outros).

Referências

- Ab'Sáber, A.N. (1969). Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia, São Paulo, Igeog-USP, v. 18.
- Allard, T.; Pereira, L.; Mathian, M.; Balan, E.; Bueno, G.T.; Falguères, C.; Nascimento, N.R. (2020). Dating kaolinite from the Neogene Içá Formation and overlying laterites, central Amazonia, Brazil: Constraints for a stratigraphic correlation. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 554, p. 109818. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109818>
- Almeida, R.P.; Galeazzi, C.P.; Freitas, B.T.; Janikian, L.; Ianniruberto, M.; Marconato, A. (2016). Large barchanoid dunes in the Amazon River and the rock record: Implications for interpreting large river systems. Earth and Planetary Science Letters, v. 454, p. 92-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2016.08.029>
- Alves, N.S. (2013). Mapeamento hidromorfodinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas: contribuição aos estudos de Geomorfologia Fluvial de rios Amazônicos. 2013. 232f. Tese (Doutorado em Geografia Física) –Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. <https://doi.org/10.11606/T.8.2013.tde-02082013-130114>

- Andrade, M.M.N.; Espírito-Santo, C.M.; Lopes, W.F.; Bandeira, I.C.N. (2021). Estado da Arte da Geodiversidade da Amazônia Legal. *Fronteiras. Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 10, n. 1, p. 380-405. DOI: <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i1.p380-405>
- Araújo, J.P.C.; Silva, F.A.D.; Silva, T.I.S.M. (2022). Uso de Técnicas Geomorfométricas para Identificação dos Padrões de Relevo na Bacia do Rio Preto, no Planalto Ocidental Paulista. *Sociedade e Natureza*, v. 34, p. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-64869>
- Ascensão, V.O.R.; Valadão, R.C. (2016). Tendências Contemporâneas na Aplicação do Conhecimento Geomorfológico na Educação Básica: a Escala sob Perspectiva. *Espaço Aberto*, v. 6, n.1, p. 191-208. DOI: <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2016.5245>
- Baptista, E.M.C.; Moura, L.S.; Silva, B.R.V. (2016). Geomorfologia e Geodiversidade do litoral piauiense para fins de Geoconservação. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 2, p. 1250-1258. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10591>
- Barata, C.F.; Caputo, M.V. (2007). Geologia do petróleo da Bacia do Solimões. O “estado da arte”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas. Anais... Campinas, 2007.
- Bertani, T.C. (2015). Sensoriamento Remoto e caracterização morfológica no Baixo rio Solimões, com análise de suas rias fluviais. 2015. 156f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/01.29.16.13/doc/publicacao.pdf>
- Cañadas, E.S.; Flaño, P.R. (2007) Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes Caracena (Soria). *Boletín de la asociación de geógrafos españoles*, n. 45, p. 79-98.
- Caputo, M.V. (2014). Bacia do Solimões: Estratigrafia, tectônica e magmatismo. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Relatório. ANA.
- Cardoso, E.S.; Santos, G.B.; Barbosa, A.S. (2018). A geomorfologia fluvial como elemento da geodiversidade no Baixo Curso do rio de Ondas no Oeste da Bahia e sua interface com atividades de turismo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12., 2018, Crato. Anais... Crato, 2018.
- Cortes, J.P.S. (2020). Controle estrutural e classificação do canal no baixo Tapajós: contribuições para a geomorfologia da Amazônia. 2020. 142f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. <http://hdl.handle.net/11449/192952>
- Costa, J.B.S.; Bemerguy, R.L.; Hasui, Y.; Borges, M.S.; Ferreira Júnior; Bezerra, P.E.L.; Costa; M.L.; Fernandes, J.M.G. (1996). Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Geonomos**, 1996. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v4i2.199>
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. (2015). Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Tefé – AM, escala 1:60.000. Brasília: CPRM. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22827>
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. (2021). Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: cartas de padrões de relevo municipais, escala 1:25.000. Brasília: CPRM.
- Ferreira, S.R.; Lima, M.E.F.; Rabelo, F.D.B. (2022). Percepção Sobre os Impactos dos Processos Erosivos na Comunidade da Barreira da Missão de Baixo, Tefé/AM. In: Silva, G.C.; Caetano, A.N.G.; Pereira, W.L.M.; Silva, V.I.B.; Machado, A.M. B.; Sohn, C.D.M. (Orgs). Impactos ambientais da exploração dos recursos hídricos e energéticos. São Luís: EdUFMA. https://sigaa.ufma.br/sigaa/public/programa/documentos_stricto.jsf?lc=pt_BR&idPrograma=1539&idTipo=7
- Freire, L.M.; Silva, E.V.D.; Veríssimo, C.U.V. & Lima, J.S.D. (2016). Geoconservação em patrimônios espeleológicos da Amazônia: proposta de planejamento ambiental para a província espeleológica Altamira-Itaituba (PA).
- Freitas, F.T.; Albuquerque, A.R. (2012) Análise temporal sobre as “Terras Caídas” no Médio Solimões/Coari (AM). *Mercator*, v. 11, n. 25, p. 129-140. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2012.1125.0010>
- Galvão, P.; Demétrio, J.G.A.; Souza, E.L.; Baessa, M.M. (2023). Modelagem Numérica do Sistema Aquífero Içá-Solimões para Fins de Disponibilidade e Demanda Hídrica da Província Petrolífera de Urucu, Amazonas, Brasil. *Águas Subterrâneas*, v. 37, n. 3. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v37i3.30216>

- Gray, M. (2004). Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons, 2004.
- Hjort, J.; Gordon, J.; Gray, M.; Hunter Jr, M. (2015). Why geodiversity matters in valuing nature's stage. *Conservation Biology*, v. 29, n. 3, p. 630-639. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12510>
- Horbe, A.M.C.; Motta, M.B.; Almeida, C.M.; Dantas, E.L.; Vieira, L.C. (2013). Provenance of Pliocene and recent sedimentary deposits in western Amazônia, Brazil: consequences for the paleodrainage of the Solimões-Amazonas River. *Sedimentary Geology*, 296, 9-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.07.007>
- Kozłowski, S. (2004). Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. *Przegląd Geologiczny*, v. 52, n. 8/2, p. 833-837, 2004. https://www.pgi.gov.pl/images/stories/przegląd/pdf/pg_2004_08_2_22a.pdf
- Latrubesse, E.M.; Franzinelli, E. (2002). The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, v. 44, n. 3-4, p. 241-257. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00177-5](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00177-5)
- Lima, C.S.; Ruchkys, U.A. (2019). Potencial geoturístico dos distritos do município de Ouro Preto com uso de geotecnologias. *Geosul*, v. 34, n. 70. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p463>
- Lima, E.Q.; Lima, C.V.; Avelar, V.G. (2020). Geoturismo no rio Amazonas. *Caderno de Geografia*, v. 30, n. 62, p. 668-668. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30n62p668>
- Machado, D.S.; Espírito Santo, C.M. (2022). Inventário da geodiversidade no alto curso do Igarapé Braço, no município de Itaubal, zona costeira estuarina do estado do Amapá. *Ciência Geográfica*, v. 26, n. 4, p. 1878-1911. DOI: <https://doi.org/10.57243/26755122.XXVI4009>
- Maia, M.A.M.; Marmos, J.L. (2010). Geodiversidade do estado do Amazonas. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.
- 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 Amazonas. Relatório Final, CPRM, Rio de Janeiro.
- Mascarenhas, A.L.S.; Vidal, M.R. (2019). Medindo padrões de geodiversidade da Região Hidrográfica do Tocantins e Itacaiúnas, Pará, Amazônia-Brasil. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará*, v. 06, n. 1, p. 28-42. https://geografia.unifesspa.edu.br/images/Publicacoes_Professores/MariaRitaVidal/ARTIGOS_PERIODICOS/MEDINDO_PADROES_DE_GEODIVERSIDADE_DA_REGIAO_HIDROGRAFICA_DO_TOCANTINS_E_ITACAIUNAS.pdf
- Meneses, L.; Nascimento, M. (2014). Sistemas de Informação Geográfica Aplicados à Elaboração de Frameworks de Geodiversidade. *Revista Estudos Geoambientais*. Rio Tinto, v. 1, n. 1. <https://periodicos.ufpb.br/index.php/geo/article/view/19128>
- Miall, A. (1985). Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Reviews*, v. 22, n. 4, p. 261-308. DOI: [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(85\)90001-7](https://doi.org/10.1016/0012-8252(85)90001-7)
- Nunes, H.K.B. (2022a). Paisagens antropogênicas em Teresina/Piauí: dinâmica e processos superficiais associados. 276f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza.
- Nunes, H.K.B. (2022b). Degradação do solo no contexto amazônico: aproximações a partir do município de Tefé/Amazonas. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 7., 2022, Mossoró. Anais... Mossoró: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo.
- Oliveira, J.S. (2022b). A geodiversidade e a fisionomia da paisagem da bacia de drenagem de Educandos: cursos fluviais do alto e do médio igarapé do quarenta, no sudeste de Manaus-Amazonas. 2022. 158f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus.
- Oliveira, M.C. (2022a). Roteiro Virtual da Geodiversidade da Catedral Metropolitana de Manaus. 2022. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia), Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus.
- Paiva, R.C.D. (2009). Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias estudo de caso: bacia do rio Solimões. 2009. 182f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Pereira, D.I.; Pereira, P.; Brilha, J. (2019). A geodiversidade no contexto dos serviços dos ecossistemas. In: Ramos-Pereira, A., Leal, M., Bergonse, R., Trindade, J., Reis, E. (eds.). Água e Território: um tributo a Catarina Ramos. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos, p. 251-268, 2019.
- Pupim, F.N.; Sawakuchi, A.; Almeida, R.P.; Ribas, C.C.; Kern, A.; Hartmann, G.A.; Chiessi, C.M.; Tamura, L.N.; Mineli, T.D.; Savian, J.; Grohmann, C.H.; Bertassoli, D.; Ster, A.; Cruz,

- F.; Cracraft, J. (2019). Chronology of Terra Firme formation in Amazonian lowlands reveals a dynamic Quaternary landscape. *Quaternary Science Reviews*, v. 210, p. 154-163, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.03.008>
- Reis, J.R.L.; Faria, I.F.; Fraxe, T.J.P. (2020). Geoconservação e Geoturismo na Amazônia: contexto e perspectivas no Geoparque Cachoeiras do Amazonas. *Revista Turismo em Análise*, v. 31, n. 1, p. 50-76. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4867.v31i1p50-76>
- Rossetti, D.F.; Cohen, M.C.; Tatum, S.H.; Sawakuchi, A.O.; Cremon, E.H.; Mittani, J.C.R.; Bertani, T.C.; Munita, C.J.A.S.; Tudela, D.R.G.; Yee, M.; Moya, G. (2015). Mid-Late Pleistocene OSL chronology in western Amazonia and implications for the transcontinental Amazon pathway. *Sedimentary Geology*, 330, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.10.001>
- Rossetti, D.F.; Toledo, P.M.; Góes, A.M. (2005). New geological framework for Western Amazonia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary research*, v. 63, n. 1, p. 78-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2005.05.006>
- Santo, C.M.E.; Andrade, M.M.N.; Costa, J.A.; Machado, D.S.; Lopes, W.F. Perspectivas sobre a valorização da Geodiversidade e a Geoconservação na Amazônia (2021). *Caminhos de Geografia*, v. 22, n. 82, p. 273-291. <https://doi.org/10.14393/RCG228256036>
- Silva, C.R. (Org). *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro*. CPRM, 2008.
- Silva, C.R.; Marques, V.J.; Dantas, M.E.; Shinzato, E. (2008). Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade. In: Silva, C.R. (Org). *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro*. Rio de Janeiro: CPRM.
- Silva, J.P.; Barreto, H.N. (2014). Mapeamento dos índices de geodiversidade da Amazônia Legal maranhense. *Revista Geonorte*, v. 5, n. 18, p. 55-60, 2014. <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1440>
- Silva, J.P.; Alves, G.B.; Ross, J.L.S.; Oliveira, F.S.; Nascimento, M.A.L.; Feli, N.; Ni, M.G.; Manosso, F.C.; Pereira, D.I. (2021). The geodiversity of Brazil: quantification, distribution, and implications for conservation areas. *Geoheritage*, v. 13, n. 3, p. 75. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00598-0>
- Silveira, R.R.; Nogueira, A.C.R. (2007). Cronostratigrafia de Depósitos Miocenos da Bacia do Solimões e sua correlação com depósitos da Amazônia. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 11., 2007, Belém. Anais... Belém, 2007.
- Soares, E.A.; Santos, S.M.A.; Custodio, M.A.; Castillo, L.A.; Dehaini, J.; Dino, R. (2021). Arcabouço estratigráfico neógeno-quaternário da porção oeste da bacia do Solimões, Amazônia Ocidental. *Geosciences= Geociências*, v. 40, n. 3, p. 611-622, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i03.15991>
- Stern, A.G. (2019). Caracterização de depósitos fluviais de grandes e pequenos rios no Quaternário da Amazônia: Terraços de terra firme no Médio Rio Solimões, Amazonas (AM) e a formação Boa Vista, Roraima (RR). 2019. 123f. Tese (Doutorado em Geociências “Geoquímica e Geotectônica”) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.44.2020.tde-01102020-101004>
- Val, A.L. (2010). Geodiversidade: A experiência do Amazonas. Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos, GEEA, TOMO III, Caderno de Debates, p. 85-88.
- Val, P.; Figueiredo, J.J.P.; Flantua, S.; Quesada, C.A.; Reinfelder, Y.F.; Albert, J.; Guayasamin, J.M.; Hoorn, C. (2021) Geology and geodiversity of the Amazon: Three billion years of history. In: Anderson, E.; Roca Alcazar, F. H.; Bustamante, M.; Mena, C., Peña-Claros, M.; Poveda, G.; Rodriguez, J. P.; Saleska, S.; Trumbore, S., Val, A.L.; Villa Nova, L.; Abramovay, R.; Alencar, A.; Rodríguez Alza, C.; Armenteras, D.; Artaxo, Paulo; Athayde, S.; Barretto Filho, H. T.; Barlow, J. Berenguer, E.; Bortolotto, F.; Costa, F. A.; Costa, M. H.; Cuvil, N.; Fearnside, P. M.; Ferreira, J.; Flores, B. M.; Frieler, S.; Gatti, L. V.; Guayasamin, J.; HECHT, S.; Hirota, M.; Hoorn, C.; Josse, C.; Lapola, D. M.; Larrea, C.; Larrea-Alcazar, D.; Lehm Ardaya, Z.; Malhi, Y.; Marengo, J.; Melack, J.; Moraes, R. M.; Moutinho, P.; Murmis, M. R.; Neves, E. G.; Paez, B.; Painter, L.; Ramos, A.; Rosero-Peña, M. C.; Schmink, M.; Sist, P., Ter Steege, H.; Val, P.; Van Der Voort, H.; Varese, M.; Zapata-Ríos, G. (Eds). *Amazon Assessment Report*. United Nations Sustainable Development Solutions Network: New York. DOI: <https://doi.org/10.55161/POFE6241>

- Valdati, J.; Gomes, M.C.V.; Dos Santos, Y.R.F.; Ferreira, D.R.; Provedan, B.S.; Silva, H.P. (2020). Roteiro geocientífico como instrumento de valorização da geodiversidade:(re) conhecendo o geopatrimônio do geoparque Caminho dos Cânions do sul em Timbé do Sul–SC/RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 13., Juiz de Fora, 2020. Anais... Juiz de Fora, 2020.
- Wanderley Filho, J.R.; Eiras, J.F.; Vaz, P.T. (2007). Bacia do Solimões. Boletim de Geociências Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 217-225, maio/nov. 2007.
- Zwoliński, Z.; Najwer, A.; Giardino, M. (2018). Methods for assessing geodiversity. Geoheritage. Elsevier, 2018. p. 27-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00002-2>