

MORFOLOGIA DAS FALÉSIAS FLUVIAIS DO RIO NEGRO, IRANDUBA-AM: UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA

Morphology of the river cliffs of the Negro river, Iranduba-AM: an introductory approach

Morfología de los acantilados del río Negro, Iranduba-AM: una aproximación introductoria



Kenya Correa de Souza 

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: geo.kenyasouza@gmail.com

Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira 

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: fabiovieira@ufam.edu.br

Matheus Silveira de Queiroz 

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: matheussilveiradequeiroz@gmail.com

RESUMO

Este estudo analisa a morfologia e os controles neotectônicos das falésias fluviais localizadas na margem direita do rio Negro, no município de Iranduba (AM). Foram mapeadas cinco falésias utilizando imagens de satélite, veículo aéreo não tripulado e levantamentos de campo, permitindo a caracterização de suas feições morfológicas e erosivas. Uma análise estrutural, baseada em Modelos Digitais de Elevação e estudos prévios, revelou um forte controle tectônico na formação e evolução dessas feições, com influência de falhas normais e lineamentos morfoestruturais. Os resultados indicam que a dinâmica de evolução das falésias é influenciada pela interação entre fatores geológicos, hidrodinâmicos e neotectônicos.

Palavras-chave: Falésias fluviais; Neotectônica; Morfologia; Rio negro.

ABSTRACT

This study analyzes the morphology and possible neotectonic controls of river cliffs located on the right bank of the Negro River, in the municipality of Iranduba (AM). Five cliffs were mapped using satellite images, unmanned aerial vehicle and field surveys, allowing the characterization of their morphological and erosional features. A structural analysis, based on Digital Elevation Models and previous studies, revealed a strong tectonic control in the formation and evolution of these features, with the influence of normal faults and morphostructural lineaments. The results indicate that the dynamics of cliff evolution is influenced by the interaction between geological, hydrodynamic and neotectonic factors.

Keywords: River cliffs; Neotectonics; Morphology; Rio negro.

Histórico do artigo

Recebido: 24 março, 2025

Aceito: 16 junho, 2025

Publicado: 23 julho, 2025

RESUMEN

Este estudio analiza la morfología y posibles controles neotectónicos de acantilados fluviales ubicados en la margen derecha del río Negro, en el municipio de Iranduba (AM). Se cartografiaron cinco acantilados mediante imágenes de satélite, vehículos aéreos no tripulados y estudios de campo, lo que permitió caracterizar sus características morfológicas y de erosión. Un análisis estructural, basado en Modelos Digitales de Elevación y estudios previos, reveló un fuerte control tectónico en la formación y evolución de estas características, con influencia de fallas normales y lineamientos morfoestructurales. Los resultados indican que la dinámica de la evolución de los acantilados está influenciada por la interacción entre factores geológicos, hidrodinámicos y neotectónicos.

Palabras clave: Acantilados de río; Neotectónica; Morfología; Río negro.

1 INTRODUÇÃO

A bacia Amazônica é a maior bacia hidrográfica do planeta, com uma área aproximada de 6.000.000 km², e seu canal principal é também possui a maior vazão do mundo (209.000 m³.s⁻¹) (Molinier et al., 1996) e drena uma variedade de terrenos geológicos e geomorfológicos. A área drenada na Cordilheira dos Andes representa 12% da superfície total da bacia (localizada a oeste) e abriga as nascentes de alguns dos principais canais da bacia, como o próprio rio Amazonas e o Madeira.

No norte (Guiana) e sul (Brasil Central) da bacia estão os escudos cristalinos (Cráton) que representam cerca de 40% da área total da bacia. Alguns canais importantes, como o rio Negro e o Tapajós, drenam essas regiões. Esses escudos são antigos (Pré-Cambriano) e muito intemperizados. Entre os dois escudos está localizada a região de terras baixas, com uma altimetria menor e uma baixa declividade (Filizola et al., 2009).

A bacia hidrográfica do rio Negro possui uma área estimada em 709.000 km², distribuída entre Colômbia, Venezuela e Brasil. A bacia drena área de florestas equatoriais, savanas (lavrado), campinarana e florestas de igapó. O rio Negro é o principal afluente da margem esquerda do rio Amazonas, com uma vazão estimada em 28.000 m³.s⁻¹, e é considerado o sexto maior rio em descarga líquida do mundo (Latrubesse, 2008). Porém estudos recentes apontam uma descarga de cerca de 35.499 m³.s⁻¹ (Marinho et al., 2021), reclassificando o rio Negro como o terceiro maior rio do Mundo, na frente dos rios Madeira (bacia Amazônica), Yangtze (China), Orinoco (Venezuela) e atrás dos rios Amazonas e Congo (República Democrática do Congo).

No rio Negro são formados os dois maiores arquipélagos fluviais do mundo (Mariuá, no médio curso, e Anavilhanas, no baixo curso) que são considerados grandes maravilhas



geomorfológicas do mundo (Latrubesse; Stevaux, 2015). Além disso, é possível observar outras feições únicas nesse canal, como as falésias fluviais (Franzinelli; Igreja, 2002; Souza, 2024).

Suguio (1998) define falésias como acantilados de faces abruptas formadas pela ação erosiva (abrasão) das ondas sobre as rochas. As falésias fluviais são formações íngremes que se desenvolvem ao longo das margens dos grandes rios na região amazônica, resultado da erosão provocada pela ação fluvial e pluvial. Apresentando encostas abruptas e paredes expostas, que se elevam acima do leito do rio (Souza, 2024).

As falésias fluviais são predominantemente esculpidas pela ação dos rios e das chuvas, porém, sua formação e evolução são complexas e influenciadas por uma variedade de fatores. Souza (2024) afirma que além da interação com o meio ambiente, a litologia (seja ígnea, metamórfica ou sedimentar), morfologia, atividade tectônica, padrões de ventos, intervenção humana, variações nos níveis de água e índices pluviométricos desempenham papéis cruciais na modelagem dessas formas. Essa interação contínua e multifacetada molda progressivamente as falésias, desencadeando uma evolução constante e dinâmica ao longo do tempo.

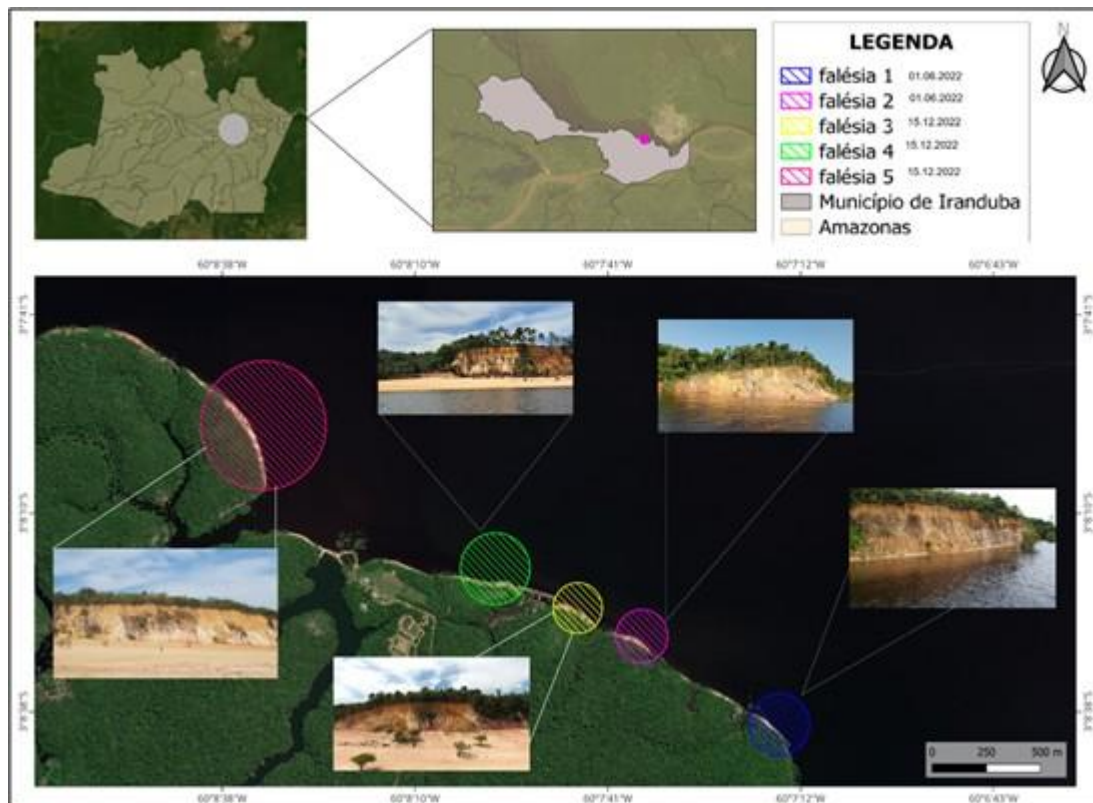
Essas feições acentuadas, quando expostas à água, são moldadas pela erosão na base da encosta, o que pode resultar no desmoronamento das camadas superiores. Esse processo de solapamento contribui significativamente para a escultura e evolução das falésias ao longo do tempo (Souza, 2024). Diante disso, este trabalho tem como objetivo geral caracterizar a morfologia e os possíveis controles neotectônicos da região.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área da pesquisa abrange a análise de cinco falésias fluviais localizadas no município de Iranduba, na margem direita do rio Negro, localizadas nas seguintes coordenadas: falésia 1 (3° 8'39.91"S, 60° 7'17.29"O); falésia 2 (3° 8'28.12"S, 60° 7'36.35"O); falésia 3 (3° 8'23.71"S, 60° 7'45.88"O); falésia 4 (3° 8'19.77"S, 60° 7'56.48"O); falésia 5 (3° 7'57.21"S, 60° 8'34.51"O), essas falésias foram identificadas e mapeadas entre os anos de 2022 e 2024 (Figura 01).



Figura 01 - Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

As falésias estão localizadas na Bacia Sedimentar do Amazonas, onde afloram os depósitos do grupo Javari (Formações Andirá e Alter do Chão), que reúne clásticos flúvio-lacustres, cuja evolução geológica está ligada à atividade orogênica da Cordilheira dos Andes (Eiras et al., 1994). A formação predominante do Grupo Javari na região das falésias é a Alter do Chão, com rochas compostas de arenitos vermelhos, amarelos e brancos (Arenito Manaus); argilitos datados do Cretáceo-Paleógeno Superior (Albuquerque, 1922; Kistler, 1954; Caputo, 1984; Reis et al., 2006; Hoorn et al., 2010). As rochas sedimentares dessa formação são compostas de camadas de material arenoso e argiloso com estratificação cruzada (Reis et al., 2006).

No que diz respeito à geomorfologia, de acordo IBGE (2024), a área das falésias faz parte do Planalto Dissecado do Rio Negro e Uatumã, que é caracterizado por relevos que incluem interflúvios tabulares e colinas. Especificamente no baixo curso do Rio Negro, onde está localizada a área em estudo, as margens apresentam-se escarpadas.

Na região das falésias predomina os latossolos que, normalmente, possuem estágio avançado de intemperização e muito evoluídos. Possuem poucos minerais primários e secundários que são menos resistentes ao intemperismo. Esses solos têm

baixa capacidade de troca de cátions da fração de argila, inferior a 17 Cmolc.kg^{-1} de argila sem correção para carbono, e variam de solos cauliníticos (com valores de Ki em torno de 2,0) a solos oxídicos (com Ki extremamente Baixo). São solos que normalmente variam entre fortemente e bem drenados, muito profundos, como observado nas falésias, (raramente inferiores a 1 metro) (EMBRAPA, 2018).

No município de Iranduba encontra-se na confluência de dois grandes sistemas fluviais: o Rio Solimões (Amazonas) e o Rio Negro. O rio Amazonas é o mais extenso e icônico do mundo, com uma vazão líquida média de $209.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, o rio nasce na Cordilheira dos Andes, no Peru, e atravessa diferentes países, antes de desaguar no Oceano Atlântico (Marques, 2017).

Os rios de águas pretas geralmente apresentam pouca competência para remover materiais consolidados das margens e pouca capacidade de transporte, no entanto, onde o material das margens é menos resistente a ação da água corrente muda (Carvalho, 2006). No caso do rio Negro, ao adentrar na formação Solimões, as margens sofrem erosão lateral por solapamento, tal como observado na área desta pesquisa.

A rede hidrográfica do Rio Negro, segundo Marinho (2019), desenvolve-se na região de fronteira Brasil-Colômbia-Venezuela-Guiana até a confluência com o Rio Solimões, próximo a cidade de Manaus. Quanto ao sistema hidrológico da Bacia do rio Negro, o período de enchente ocorre entre os meses de dezembro a junho, com pico em junho, e a vazante entre agosto-setembro e seca em outubro-novembro (Marinho, 2019).

A precipitação média na bacia hidrográfica do rio Negro é de $2.620 \text{ mm.ano}^{-1}$, com 54% deste volume ocorrendo entre os meses de abril e julho. A área com o maior volume precipitado localiza-se na região da tríplice fronteira entre Brasil, Colômbia e Venezuela e a mais seca entre Boa Vista e Uiramutã, norte do Estado de Roraima (Marinho; Rivera, 2021). Na região das falésias, baixo rio Negro, a precipitação anual é de $\sim 2300 \text{ mm.ano}^{-1}$, com os maiores valores em abril e os menores em agosto (Queiroz; Alves, 2021; Queiroz et al., 2025).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

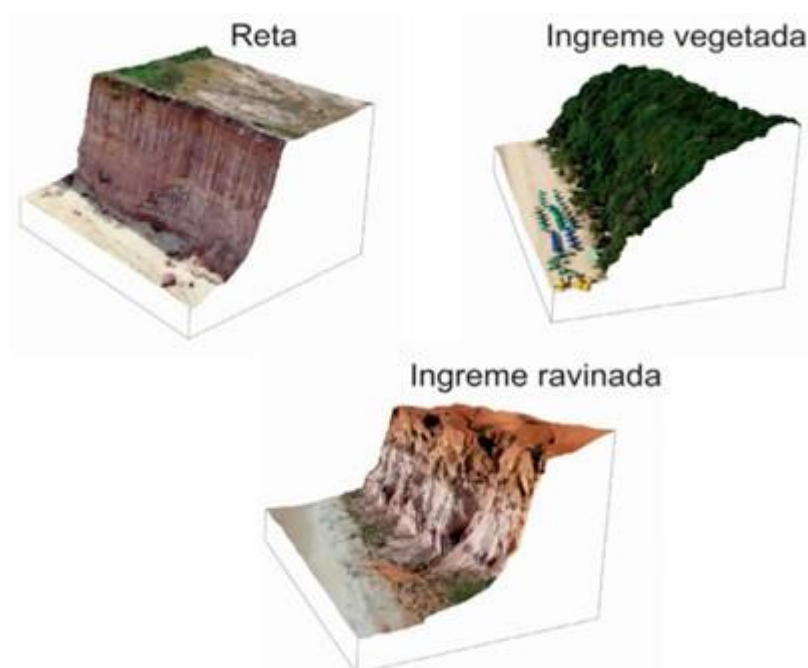
O estudo nos traz uma caracterização da morfologia das falésias em estudo, a qual envolve análises de diversos aspectos, como forma, altura, inclinações, feições presentes, análise das rochas, estruturas geológicas, processos de formação e evolução das falésias ao longo do tempo.



No que diz respeito à descrição das características morfológicas e dos efeitos da tectônica, foi adotada a metodologia proposta por Santos et al. (2005). Essa abordagem incluiu um levantamento de referências teóricas sobre a geologia, litologia, hidrografia e geomorfologia da região amazônica, buscando compreender e obter respostas sobre os processos que ocorreram no passado, a fim de melhor compreender a formação do relevo atual.

Primeiramente, as cinco falésias em estudo foram identificadas utilizando imagens de satélite e a ferramenta Google Earth Pro. Com base nessa identificação, foram realizadas visitas de campo nos dias 10.11.2022 e 11.11.2022 para o reconhecimento das falésias. Durante as visitas, essas feições foram mapeadas utilizando um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) e onde suas características, altura, feições erosivas, movimentos de massa. Logo após foram classificadas com base nas suas tipologias de acordo com a metodologia de Maia et al. (2022) (Figura 02).

Figura 02 - Tipologias das falésias



Org: Maia (2022).

Foram utilizadas fotografias aéreas do VANT para identificar a morfologia predominante e as características geológicas que podem ser observadas nas falésias (Figura 03). Além disso, foram observados o registro das dimensões das feições erosivas, assim como altura, largura, comprimento, inclinação e orientação das falésias, segundo a metodologia proposta por Santos et al. (2005).



Figura 03. Registro do sobrevoo do VANT na falésia fluvial em estudo (1. falésia 1; 5. falésia 5)



Fonte: Imagem obtida através do Vant (2022).

Para analisar as feições tectônicas na área foi realizado um levantamento dos trabalhos tectônicas na região das falésias e um mapeamento dos lineamentos morfoestruturais na região no entorno da área. Para isso, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus DEM, disponibilizado pela Agência Espacial Europeia (ESA), com resolução espacial de 30 metros, adequado para análise morfoestrutural regional. O uso do Copernicus DEM, por ser derivado de radar e possuir cobertura global é essencial para estudos comparativos em diferentes setores da área de estudo. A resolução espacial de 30 metros do modelo é adequada para capturar variações topográficas associadas a feições estruturais de médio porte.

Para a interpretação de feições lineares associadas a estruturas geológicas, foram geradas imagens de relevo sombreado (hillshade) com iluminação artificial simulada em um ângulo de 45° e azimutes orientados para nordeste (NE) e sudeste (SE). A escolha desses azimutes visa maximizar a visibilidade de feições estruturais com orientação NW–SE e NE–SW, que são comuns em regiões afetadas por regimes tectônicos múltiplos ou complexos. A técnica de iluminação com diferentes azimutes é uma ferramenta eficiente para a realce

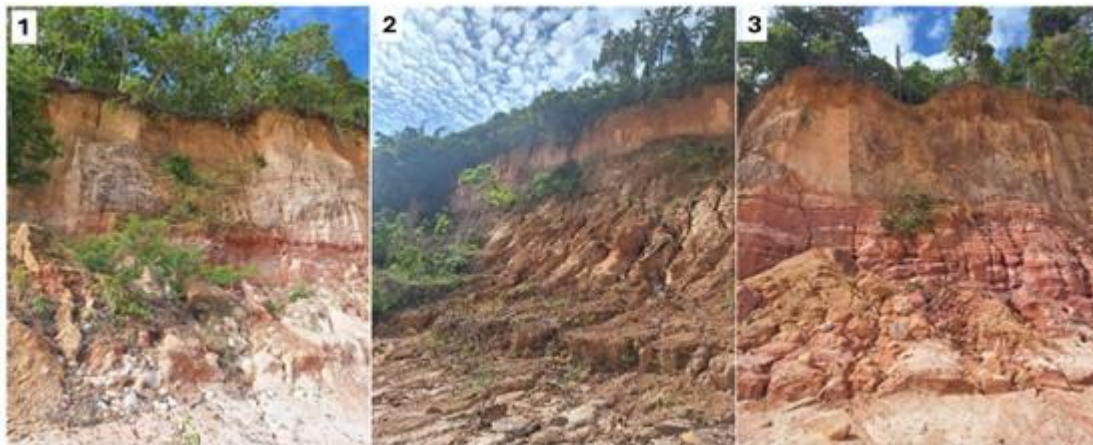
visual de lineamentos topográficos, uma vez que diferentes ângulos de incidência da luz permitem destacar feições que podem ser obscurecidas por iluminação unidirecional. Essa abordagem metodológica foi previamente aplicada e testada em estudos como Sarges (2008), Sarges et al. (2011), Queiroz (2020), Queiroz e Carvalho (2021) e Queiroz et al. (2024), que demonstraram bons resultados na identificação, extração e análise de lineamentos estruturais em terrenos geologicamente complexos.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1 Caracterização Morfológica das Falésias Fluviais do baixo rio Negro

As falésias 1, 2 e 3 apresentam perfis escarpados (Figura 04), variando entre 13 e 27 metros de altura, revelando características distintas de solapamento fluvial e sinais evidentes de erosão pluvial. Suas composições litológicas são marcadas pela exposição de camadas ferruginosas, composta por sedimentos finos de coloração laranja escura, de acordo com a tipologia de falésias proposta por Maia et al. (2022), as falésias em questão podem ser classificadas como íngremes erosivas.

Figura 04 - Escarpas das Falésias (1. falésia 01; 2. falésia 02; 3. falésia 3)



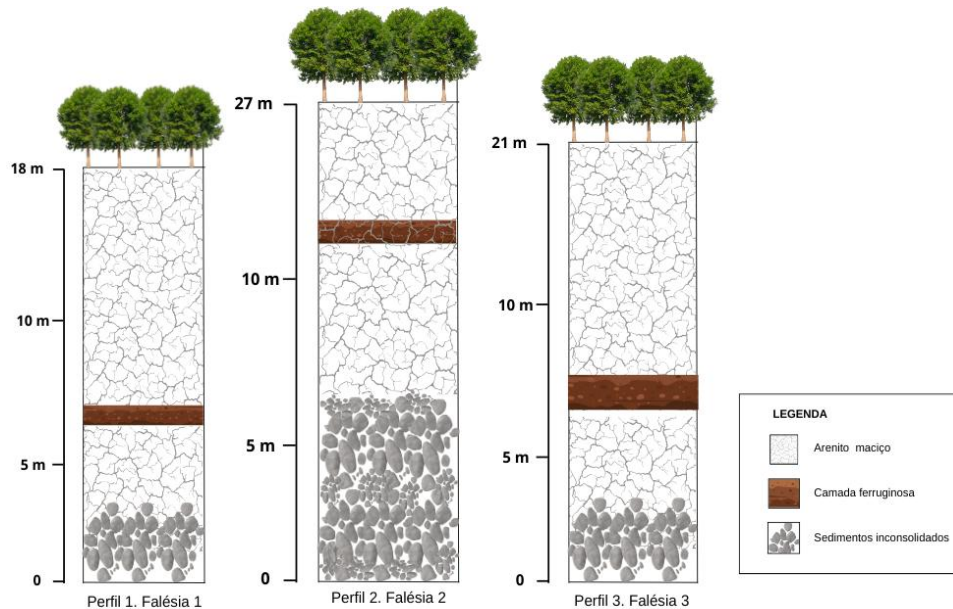
Fonte: Os autores (2025).

Essa classificação sugere que as falésias apresentam uma inclinação acentuada e são caracterizadas por processos de erosão que resultam em ravinas e sulcos exibidos em sua superfície. Foram observadas na base das falésias materiais inconsolidados (Figura 05), frequentemente provenientes de sedimentos transportados por movimentos de massa.



Além disso, é possível identificar vestígios de vegetação que foram transportados para essa área.

Figura 05 - Perfis esquemáticos das falésias 1, 2 e 3

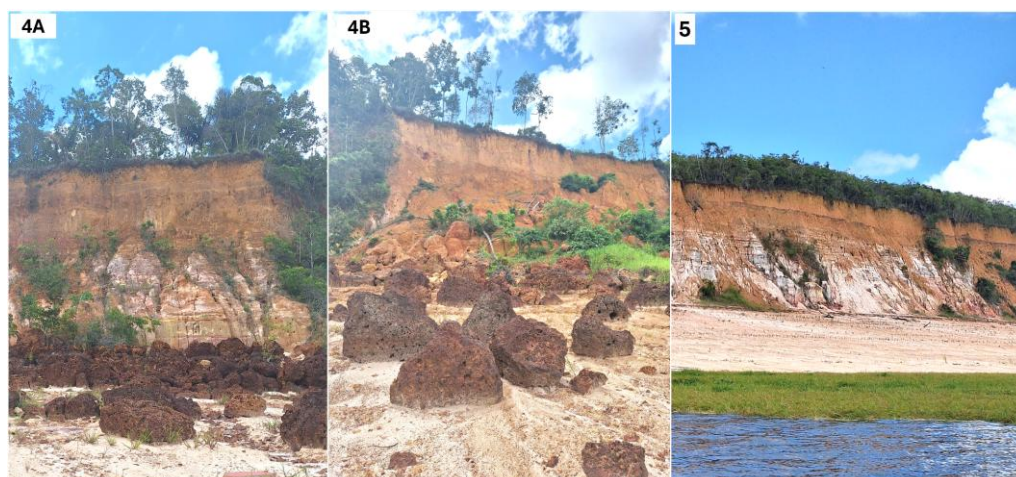


Fonte: Os autores (2024).

Nas regiões intermediárias das falésias, predomina um arenito fino a médio, com uma aparência maciça e coloração que varia de amarelo a esbranquiçado, sendo composto principalmente por quartzo e apresentando uma camada ferruginosa. Mais próximo à margem do rio, em torno da falésia 1, foram identificadas camadas ferruginosas de coloração avermelhada, com características de siltito e laminação plano-paralela. Essas características litológicas e estruturais contribuem para a formação e morfologia da falésia, sendo influenciadas pela interação complexa entre os processos fluviais e pluviais.

A falésias 4 e 5 são classificadas pela tipologia íngreme erodida e apresentam uma faixa altimétrica que variam de 19 a 30 metros (Figura 6). A falésia 5 exibe uma face com pouca vegetação e evidências claras de movimentos de massa. Ela é caracterizada pela tipologia íngreme erodida, indicando uma história de intensa erosão e modelagem pela ação dos elementos naturais. Essas falésias apresentam também em sua base, superfície com material com sedimentos inconsolidados (Figura 06).

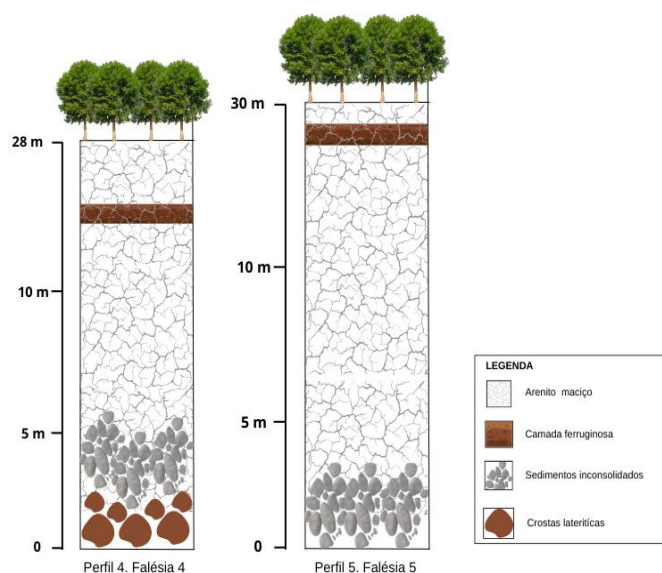
Figura 06 - Fotos das falésias (4. falésia 4, frente A e B; 5. falésia 5).



Fonte: Os autores, 2025.

A falésia 04 se destaca por sua singularidade, com duas faces distintas exibindo uma escarpa exposta, com uma vegetação escassa, revelando diversos estágios de laterização. Além disso, são visíveis blocos colapsados na base da falésia (Figura 07). A Figura 7 - Face A, exibe um topo laterizado, com sedimentos finos de coloração laranja escuro.

Figura 07 - Perfis esquemáticos das falésias 4 e 5



Fonte: Os autores (2024).

Na base, são evidenciados materiais com sedimentos inconsolidados de granulação grosseira, acompanhados por vegetação e uma abundância de crostas

lateríticas (Figura 08). Essas crostas lateríticas têm uma grande importância na evidência do controle tectônico na área e funcionam como formas de sustentação do relevo.

Figura 08 - Falésia 4



* Face A: parede da Falésia 4 voltada NE; Face B: parede da Falésia 4 voltada para NW.

Fonte: Os autores (2024).

As crostas lateríticas encontradas na região amazônica são compostas principalmente por minerais de ferro e alumínio. Elas se desenvolveram ao longo do Cenozoico, em um ambiente de clima tropical. O processo de formação das crostas lateríticas está relacionado à intensa lixiviação dos solos tropicais, com a remoção dos elementos solúveis, como sílica e bases alcalinas, e o acúmulo de óxidos de ferro e alumínio (Silva, 2005).

Por outro lado, a Figura 08 - Face B, mostra evidências de um intenso desgaste da parede, com materiais inconsolidados e vegetação caída, indicando movimento de massa. Embora a presença de crostas lateríticas seja notável, estas são menos abundantes do que na face A. Além disso, observa-se uma reduzida quantidade de vegetação no topo da formação, o que sugere atividades humanas na região, possivelmente relacionadas à agricultura ou outras formas de uso da terra.

Vale ressaltar que os elementos climáticos também contribuem para a caracterização morfológica das falésias. A região amazônica tem um alto índice pluviométrico, recebendo fortes chuvas onde Marques (2017), afirma que a grande concentração de chuvas em determinados meses do ano provoca infiltração do pacote

sedimentar e consequente desmonte do material das margens por excesso de peso e desagregação do material saturado, e esse processo causa o desgaste do material facilitando a erosão da margem, tendo ainda a contribuição dos ventos que atuam criando banzeiros que atingem as margens.

Heeps (1985), observa que a recessão de uma falésia se dá, na maioria das vezes, devido a quedas de rochas causadas por saturação após uma chuva forte. Sousa et al. (2020), afirma que o rio negro vai exercer na base da falésia uma pressão em que ocorre uma sucessão de banzeiros (ondas) solapando e carregando o material de composição dessa base. Os grandes volumes de precipitação provocam saturação desse pacote de solo. A instabilidade da base e o saturamento do pacote faz com que ocorra o movimento de massa.

4.2 Influência da neotectônica na formação e morfologia das falésias fluviais do rio Negro

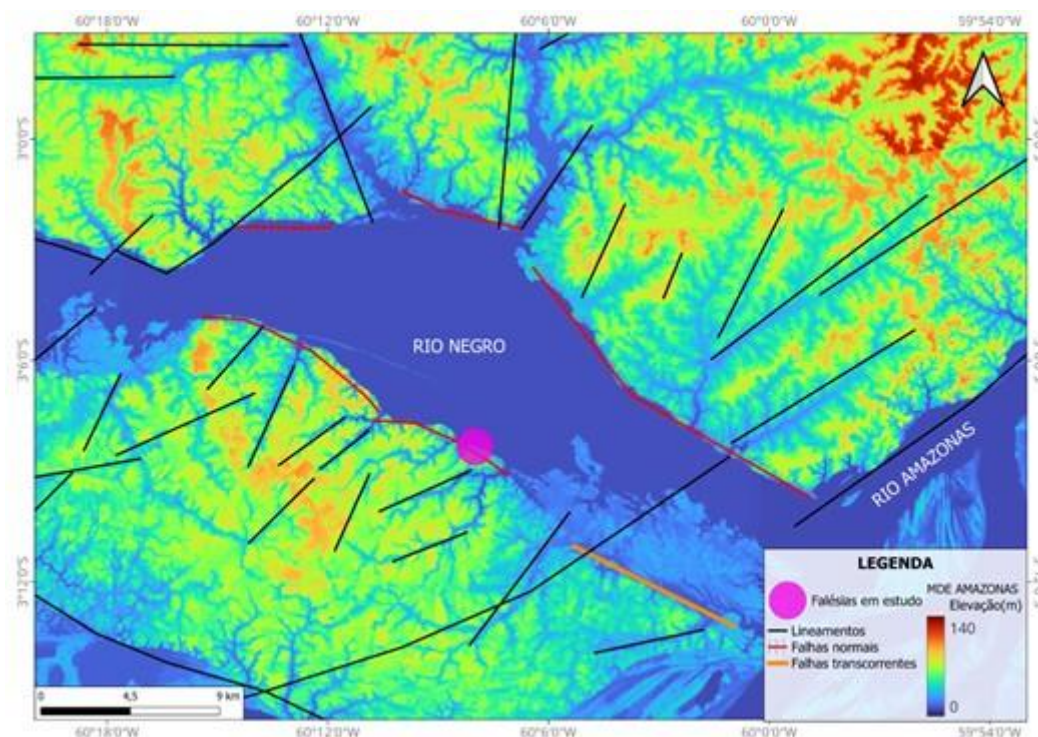
As cinco falésias em estudo encontram-se na margem direita do Rio Negro. Ambas estão localizadas na parte central da Bacia Sedimentar do Amazonas, onde afloram os depósitos da Formação Alter do Chão. Esta formação consiste em uma sequência de sedimentos clásticos de origem continental, intemperizados e inconsolidados (IBGE, 2010), inseridos dentro de uma geomorfologia característica do Planalto Dissecado do Uatumã. Quanto à litologia, as falésias são compostas por argilitos, folhelhos, arenitos e siltitos.

Vários autores, como Sternberg (1950), Forsberg (2000), Franzinelli e Igreja (2002), Latrubesse e Franzinelli (2005); Silva (2005), Sarges (2008), Sarges et al. (2011), Queiroz et al. (2024) apontam para evidências de um forte controle estrutural do canal principal do Rio Negro, assim como o controle por falhas normais ou transcorrentes em diversos tributários como os rios Tarumã-Açú, Cuieiras e Branco. As falésias fluviais são controladas por uma linha de falhas normais com orientação geral NW-SE (Silva, 2005), o que evidencia uma interação direta da morfologia e evolução das cinco falésias estudadas com a atividade tectônica local (Figura 09).

Além disso, observam-se lineamentos morfoestruturais com orientação predominante NE-SW nos principais afluentes da margem direita do rio Negro (no entorno das falésias), o que pode indicar uma influência tectônica maior na morfologia e evolução das falésias da área de estudo.



Figura 09 - Lineamentos Estruturais na área de estudo



Fonte: COPDEM (2024); Sarges (2008); Silva (2005); Latrubesse e Franzinelli (2005); Queiroz et al. (2004). Org: Souza (2024).

Silva (2005) observa que na zona oeste de Manaus, esses lineamentos são marcados por uma orientação contínua segundo N30-35W, associada à escarpa de falha da margem esquerda do Rio Negro. Franzinelli e Igreja (2002) enfatizam que a retidão e o escarpamento das margens são características que evidenciam a orientação tectônica desses vales fluviais.

A margem direita do baixo Rio Negro apresenta uma direção geral N45W, sugerindo uma falha normal com mergulho para o nordeste, o que está em conformidade com outras falhas normais bem definidas na margem esquerda. Essas duas regiões de falhas (margem direita e esquerda do rio Negro), podem indicar um controle do canal através de um graben ou half-graben, com o canal fluvial representando um bloco rebaixado. Essa dinâmica foi observada por Latrubesse e Franzinelli (2005) para o médio rio Negro, no arquipélago de Mariuá.

As falhas normais que formam as falésias do rio Negro são fundamentais para a sua morfologia, dinâmica e gênese. As falhas normais ocorrem quando blocos da crosta se deslocam verticalmente em resposta a tensões distensionais, criando a "lapa", que é o bloco de rocha que se encontra abaixo do plano da falha e a "capa" é o bloco acima

(Fossen, 2017), o que cria uma “parede” íngreme acima do espelho d’água do rio Negro, aumentando a vulnerabilidade à erosão dessas formas.

Essa relação também forma uma área mais profunda no rio Negro devido ao rebaixamento do bloco (Marinho et al., 2022) o que aumenta a pressão hidráulica do rio Negro na falésia (bloco soerguido), o que aumenta a erosão, principalmente na cheia (Carvalho, 2012; Queiroz e Alves, 2021). Além disso, a presença de falhas normais pode aumentar a instabilidade das encostas por criar descontinuidades no maciço rochoso, além disso a reativação de falhas é um dos condicionantes da erosão fluvial nos rios da Amazônia (Carvalho, 2012).

CONCLUSÃO

As falésias fluviais são predominantemente esculpidas pela ação dos rios e das chuvas, porém sua formação e evolução envolvem uma complexa interação de fatores geológicos, ambientais e antrópicos. Este estudo contribui para o entendimento detalhado da influência da estrutura geológica e da resistência das rochas na morfologia dessas feições, evidenciando como esses elementos atuam como determinantes essenciais para a evolução morfológica ao longo do tempo.

Além disso, ao analisar o papel das atividades tectônicas, padrões de ventos, intervenções humanas, variações nos níveis de água e índices pluviométricos, a pesquisa amplia a compreensão sobre os múltiplos fatores que controlam a dinâmica das falésias.

Os resultados reforçam que a interação contínua entre esses processos molda as falésias de forma progressiva e dinâmica, com destaque para o processo de erosão na base das encostas, que provoca o solapamento e desmoronamento das camadas superiores, acelerando a transformação dessas estruturas naturais. Essa contribuição permite identificar potenciais áreas de risco para deslizamentos, oferecendo subsídios importantes para estratégias de monitoramento ambiental e manejo sustentável dessas regiões.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, O. R. **Reconhecimentos geológicos no vale do Amazonas**. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro: DNPM, n. 3, p. 84, 1922.

CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil**. 1984. 583 f. PhD Thesis (Doctor of Philosophy) – University of California, Santa Barbara, 1984.

CARVALHO, J. A. L. **Erosão Nas Margens do Rio Amazonas: o Fenômeno das Terras Caídas e suas Implicações na vida dos moradores.** Tese - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Niterói/RJ: Universidade Federal Fluminense, 2012.

EIRAS, J. F. et al. **Bacia do Solimões.** Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 17-45, 1994.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FILIZOLA, N. P. et al. **Variabilidade hidrológica na Amazônia: uma perspectiva para a elaboração do balanço hídrico regional.** In: ZAMUDIO, H. B. et al. (org.). *Amazônia e água: desenvolvimento sustentável no século XXI.* [S. l.]: Serviço Editorial da Unesco Etxea, 2009.

FOSSEN, H. **Geologia Estrutural.** Oficina das Letras, 2017.

FRANZINELLI, E.; IGREJA, H. L. S. Modern sedimentation in the Lower Negro river, Amazonas State, Brazil. **Geomorphology**, v. 44, p. 259–271, 2002.

FRANZINELLI, E.; IGREJA, H. Utilização de sensoriamento remoto na investigação da área do Baixo Rio Negro e Grande Manaus. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6., 1990. **Anais [...]**. p. 641-648.

HOORN, C. et al. The Amazonian Craton and its influence on past fluvial systems (Mesozoic–Cenozoic, Amazonia). In: HOORN, C.; WESSELINGH, F. (ed.). **Amazonia: Landscape and Species Evolution.** Chichester: Wiley-Blackwell, p. 103–122, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades.** 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/iranduba/panorama>. Acesso em: 21 jul. 2023.

KISTLER, P. **Historical Resumé of the Amazon Basin.** Belém: PETROBRAS–RENOR, 1954. (Relatório Técnico Interno, 104-A).

LATRUBESSE, E. M. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers. **Geomorphology**, v. 101, p. 130–145, 2008.

LATRUBESSE, E. M.; FRANZINELLI, E. The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and floodplain formation in large anabranching tropical systems. **Geomorphology**, v. 70, p. 372–397, 2005.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. The Anavilhanas and Mariuá Archipelagos: Fluvial Wonders from the Negro River, Amazon Basin. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. (ed.). **Landscapes and Landforms of Brazil.** Dordrecht: Springer, p. 157–169, 2015.

MAIA, R.; AMORIM, R.; MEIRELES, A. **Falésias: origem, evolução e risco.** Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, 2022.



MARINHO, R. R. **Integração de dados de campo e sensoriamento remoto no estudo do fluxo de água e matéria no Arquipélago de Anavilhanas, Rio Negro – Amazonas, Brasil**. 2019. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) – Universidade do Estado do Amazonas; Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2019.

MARINHO, R. R.; RIVERA, I. A. A precipitação estimada por satélite na bacia do Rio Negro, Noroeste Amazônico (1981–2017). **RAEGA – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 50, p. 44–61, 2021.

MARINHO, R. R.; ZANIN, P. R.; FILIZOLA, N. P. The Negro river in the Anavilhanas Archipelago: streamflow and geomorphology of a complex anabranching system in the Amazon. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 47, p. 1–16, 2021.

MARINHO, R. R.; FURTADO, A. R.; SANTOS, V. C.; ZUMAK, A.; FILIZOLA, N. P. Riverbed morphology and hydrodynamics in the confluence of complex mega rivers - A study in the Branco and Negro rivers, Amazon basin. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 118, p. 103969, 2022.

MARQUES, R. O. **Erosão nas margens do Rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e as implicações para a cidade de Parintins-AM**. 2017. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017. Disponível em: <http://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5826>. Acesso em: 7 jun. 2025.

MOLINIER, M. et al. Les Régimes Hydrologiques de l'Amazonie et de ses Affluents. In: CHEVALLIER, P.; POUYAUD, B. (org.). **L'hydrologie Tropicale: Géoscience et Outil Pour le Développement**. Paris: IAHS, p. 209–222, 1996.

QUEIROZ, M. S. et al. Arquipélago de Anavilhanas: uma revisão das suas formas, processos e origem. **Revista Geonorte**, v. 15, p. 166, 2024.

QUEIROZ, M. S. Evidências de Neotectônica na Bacia Hidrográfica do Mindu – Manaus – Amazonas. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 9, p. 130–142, 2020.

QUEIROZ, M. S.; ALVES, N. S. Conditioning Factors of “Terras Caídas” in Lower Solimões River – Brazil. **Caminhos de Geografia**, v. 22, p. 220–233, 2021.

QUEIROZ, M. S.; CARVALHO, J. A. L. Geomorphological Characterization of the Tarumã-Açú Basin, Amazonas, Brazil. **Brazilian Geographical Journal**, v. 11, p. 113–125, 2020.

QUEIROZ, M. S.; SOUZA, K. C.; SILVA, G. M. Análise do microclima urbano do bairro do Coroado, Manaus, Amazonas. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 27, p. 42, 2025.

REIS, N. J. et al. **Geologia e recursos minerais do Estado do Amazonas**. Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2006.

SANTOS JÚNIOR, O. F. dos. Estabilidade de encostas e erosão. In: **Geotecnia do Nordeste**. 1. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. v. 1, p. 181–203.



SARGES, R. R.; SILVA, T. M.; RICCOMINI, C. Caracterização do relevo da região de Manaus, Amazônia Central. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 1, 2011.

SILVA, C. **Análise da tectônica cenozoica da região de Manaus e adjacências**. 2005. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2005.

SILVA, C. L. **Análise da Tectônica Cenozóica da Região de Manaus e Adjacências**. PhD Thesis – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2005.

SOUZA, K. C. de. **Evolução morfológica das falésias fluviais da margem direita do Rio Negro – Iranduba, AM**. 2024. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2024.

STERNBERG, H. Vales tectônicos na planície Amazônica? **Revista Brasileira de Geografia**, 1950.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
