

# CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DAS FALÉSIAS COSTEIRAS DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

## *GEOMORPHOLOGICAL CLASSIFICATION OF THE COASTAL CLIFFS OF RIO GRANDE DO NORTE, BRAZIL*

## *CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS ACANTILADOS COSTEROS DEL RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL*

JOÃO CORREIA SARAIVA JUNIOR <sup>1</sup>  
ZULEIDE MARIA CARVALHO LIMA <sup>2</sup>  
VANDA CLAUDINO-SALES <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte/IFRN.  
Email: joao.correia@ifrn.edu.br, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9100-1241>

<sup>2</sup> Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN.  
Email: zmclima@hotmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6971-9801>

<sup>3</sup> Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Vale do Acaraú/UVA  
Email: vcs@ufc.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9252-0729>

Recebido 10/09/2021

Enviado para correção 15/10/2021

Aceito 20/10/2021

### RESUMO

As falésias são feições geomorfológicas importantes por indicarem as mudanças ambientais que vem ocorrendo desde o Quaternário. Tendo isso em vista, este artigo apresenta uma proposta de classificação geomorfológica das falésias costeiras no litoral do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. A metodologia é baseada em levantamento de dados, etapas de campo e etapa de gabinete. Os resultados apontam a existência de 5 (cinco) tipos de falésias, classificadas, segundo a forma das escarpas, em: (I) Falésias de estratificação horizontal; (II) Falésias com descontinuidade estratigráfica; (III) Falésia com Saliência; (IV) Falésia convexa; e (V) Falésia de escarpa irregular. As características de cada uma das tipologias de falésias, como litologia, situação morfodinâmica, cobertura vegetal e influência dos subtipos climáticos, também são descritas neste artigo.

**Palavras-chave:** Falésias costeiras. Tipologia. Paisagem. Morfodinâmica. Rio Grande do Norte.

### ABSTRACT

The cliffs are important geomorphological features for highlighting the environmental changes that have been occurring place since the Quaternary. Considering this, the paper presents a proposal for the coastal cliffs' geomorphological classification on the coast of Rio Grande do Norte, Northeastern Brazil. The methodology is based on data collection, field stages and office stage. The results indicate the existence of 5 (five) types of cliffs, classified according to the cliffs' morphology, in: (I) Cliffs with horizontal stratification; (II) Cliffs with stratigraphic discontinuity; (III) Cliff with salience; (IV) Convex cliff; and (V) Irregular escarpment cliff. The characteristics of each of the cliff typologies, such as lithology, morphodynamic situation, vegetation cover and influence of climatic subtypes, are also described in this paper.

**Keywords:** Coastal cliffs. Typology. Landscape. Morphodynamics. Rio Grande do Norte.

### RESUMEN

Los acantilados costeros son rasgos geomorfológicos importantes pues indican los cambios ambientales que se vienen ocurriendo desde el Cuaternario. Teniendo esto en cuenta, este artículo presenta una propuesta para la clasificación geomorfológica de acantilados costeros en la costa del Rio Grande do Norte, noreste de Brasil. La metodología se basa en la recopilación de datos, etapas de campo y etapa de oficina. Los resultados apuntan la existencia de 5 (cinco) tipos de acantilados costeros, clasificados, según la forma de la escarpa, en: (I) acantilados con estratificación horizontal; (II) Acantilados con discontinuidad estratigráfica; (III) Acantilado con voladizo; (IV) Acantilado convexo; y (V) Acantilado escarpa irregular. Las características de cada una de las tipologías de acantilados, tales como litología, situación morfodinámica, cobertura vegetal e influencia de subtipos climáticos, también son descritos en este artículo.

**Palabras-clave:** Acantilados costeros. Tipología. Paisaje. Morfodinámica. Rio Grande do Norte

## INTRODUÇÃO

A extensa faixa litorânea brasileira apresenta grande diversidade de falésias, que são testemunhas do complexo processo evolutivo espaço-temporal pelo qual o litoral passou (SUGUIO, 2003; FURLAN, 2014). Nas regiões Norte e Nordeste, encontram-se falésias modeladas, predominantemente, em rochas sedimentares, demonstrando um processo evolutivo caracterizado por deposição e modelagem desses depósitos.

Particularmente na costa nordestina, a maior parcela das falésias é modelada em sedimentos da Formação Barreiras. Identificação que foi permitida devido aos esforços de dois grandes nomes: Braner, que, em 1902, foi o pioneiro na descrição das principais características da Formação Barreiras; e Lester King, importante cientista que, em 1956, apontou a existência de uma possível ação do tectonismo sobre os pacotes sedimentares (FERREIRA; LIMA; BARBOSA, 2004).

Em 1916, foi apresentada a primeira sistematização do litoral brasileiro e, desde então, outras classificações foram divulgadas. Em geral, elas se baseiam em critérios geológico-geomorfológicos e oceanográficos, bem como em outros critérios, relacionados à orientação da linha de costa e aos fatores climáticos.

Pensando nisso, Diniz e Oliveira (2016) sintetizaram a evolução das pesquisas referentes aos compartimentos do litoral brasileiro e suas principais características, incluindo, entre estas, a presença de falésias. Nessa proposta, foram identificados os compartimentos do litoral nordestino definidos, em mesoescala, como: Costa Semiárida Brasileira (CSB), com subdivisão em Costa dos Deltas, Costa das Dunas e Costa Branca; e Costa dos Recifes (CR), com subdivisão em Costa Mista de Dunas e Falésias, Costa das Falésias e Costa dos Cordões Arenosos.

No estado do Rio Grande do Norte, o litoral, com seus, aproximadamente, 410 km de extensão, encontra-se dividido, conforme a orientação da linha de costa, em dois segmentos (Figura 1). São eles: o litoral oriental, com 166 km de extensão e predominância de feições rochosas; e o litoral setentrional, com 244 km de extensão e predominância de feições arenosas. Vários são os segmentos do litoral potiguar que apresentam falésias ativas.

**Figura 1** - Subdivisão da orientação do litoral potiguar.



Fonte: Saraiva Junior, 2021

Segundo Vital et al. (2018), o litoral oriental é o compartimento com maior porcentagem de expressão espacial de falésias vivas (cerca de 65 km ou 39% de sua área total), uma vez que o litoral setentrional possui apenas 16% (cerca de 40 km de sua área) de falésias marcadas por tais morfologias. Com isso, as falésias vivas representam, aproximadamente, 105 km do litoral potiguar, contabilizando, assim, cerca de 26%, ou seja, 1/4, de sua área total.

As falésias do litoral potiguar estão localizadas entre as coordenadas 4°49'54"S; 37°15'10"W e 4°47'57"S; 37°15'72"W (divisa com o estado do Ceará, na altura da praia de Tibau) e 6°29'97"S; 34°38'07"W e 6°29'99"S; 34°58'61"W (divisa com o estado da Paraíba, na altura do rio Guaju, em Sagi, RN). Os acessos às áreas de falésias são feitos principalmente pela BR 101 e pelas diversas rodovias estaduais (RN: 003, 011, 012, 013, 022, 061, 062, 063, 118, 160, 221, 263, 269, 303, 304, 402, 403 e 404). Porém, alguns percursos são feitos por meio de estradas carroçáveis, que contam com pouca ou nenhuma sinalização.

Ao longo das décadas, diversos trabalhos foram realizados sobre as falésias no estado do Rio Grande do Norte. A título de exemplo, pode ser citado o projeto RADAMBRASIL, o qual, publicado em 1981, destacou a presença das falésias na interrupção das faixas de praia. Fato que ocorre porque, ao intensificar a ação da abrasão marinha e dos processos subaéreos, tais modelados passam a configurar-se como fontes de material sedimentar e, assim, dependendo da extensão do promontório, podem promover mudanças na deriva litorânea, ainda que de forma pontual (BRASIL, 1981).

Outros exemplos são encontrados nos trabalhos de Silva et al. (2001), Vital (2006), Araújo et al. (2006), Maia, Amaral e Gurgel (2013; 2020), Melo (2013), Furlan (2014) e Câmara (2019). Todos esses trabalhos discutem, de maneira pontual, segmentos do litoral potiguar que possuem falésias, focando nos tipos predominantes de movimentos de massa e na produção de áreas de risco.

A partir da análise dos referidos trabalhos sobre as falésias do RN, nota-se que as falésias do litoral potiguar, embora estudadas por diversos pesquisadores quanto à localização e à caracterização, apresentam, enquanto objeto de estudo, lacunas referentes a alguns aspectos, entre eles, a sua classificação segundo os critérios das características paisagísticas. Diante disso, surge o seguinte questionamento: quais os critérios de classificação que podem ser delimitados para estudos mais avançados sobre as falésias?

Tendo isso em vista, o tema central deste artigo é a apresentação da classificação geomorfológica das falésias costeiras do Rio Grande do Norte. Os demais elementos da paisagem que influenciam na morfologia das vertentes, como a tipologia dos depósitos sedimentares, as estruturas de deformação (falhas e fraturas), a situação morfodinâmica, a condição climática e o tipo de cobertura do solo serão discutidos em cada categoria apresentada.

A parte inicial do artigo inclui a delimitação do estudo, a justificativa, os objetivos da pesquisa e outros elementos necessários para situar o tema. Na sequência, são apresentados os percursos metodológicos com os principais modelos de falésias identificadas e a caracterização de cada subtipo.

## MÉTODOS E TÉCNICAS

Este artigo baseia-se na tese de doutorado intitulada “Classificação tipológica ambiental das falésias costeiras do estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil” defendida em maio de 2021, junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), produzida por Saraiva Junior (2021).

O método que norteou a classificação das falésias foi o raciocínio indutivo, o qual tem como princípio partir das particularidades para chegar às implicações gerais. O método indutivo foi discutido por Gil (2002, 2008) e Marconi e Lakatos (2007) como sendo baseado em

premissas verdadeiras que conduzem a uma conclusão que será, provavelmente, mas não necessariamente, a verdadeira. Segundo Carneiro, Misuzaki e Almeida (2005), Suertegaray (2005), Vitte (2007) e Diniz e Silva (2018), o método indutivo é amplamente utilizado nas geociências, pois permite a formulação de problemas por meio da localização, observação, descrição e explicação, formulação de hipóteses, realização de analogias e elaboração de classificações dos fenômenos observados.

A partir disso, nesta pesquisa, o conjunto de variáveis que foram identificadas são o resultado das análises de dados, que foram obtidos através da revisão da literatura em trabalhos pretéritos que descrevem a estratigrafia das falésias; da datação de sedimentos; dos aspectos morfológicos observados nas falésias; e das informações obtidas em campo sobre a dinâmica costeira.

É importante destacar que o sistema de classificação desenvolvido foi elaborado, especificamente, para as escarpas do estado do RN. Nesse sentido, a aplicação desse modelo em outros recortes espaciais necessita de adaptações, em função da mudança de condições ambientais, entre as quais é possível citar a litologia, a cobertura vegetal e a forma das vertentes.

Alguns modelos de classificação de falésias realizados por outros pesquisadores foram revisados e serviram de base para a elaboração da classificação aqui apresentada. São eles os modelos elaborados pelos seguintes pesquisadores: Emery e Khun (1980); Christofolletti (1980); Hill (2004); Finkl (2004); Santos Junior et al. (2009); Arnott (2010); Bird (2016) e Faria (2018).

A partir da contribuição desses autores, foram propostas 5 (cinco) tipologias das formas das escarpas do RN, a saber: Tipo I - Falésias de estratificação horizontal; Tipo II - Falésias com descontinuidade estratigráfica; Tipo III – Falésia com Saliência; Tipo IV – Falésia convexa; e Tipo V – Falésia de Escarpa irregular. Cada uma dessas tipologias será descrita detalhadamente nas seções seguintes.

### **Tipo I - Falésias de estratificação horizontal**

As falésias ativas do tipo I têm sua base atacada pela ação marinha e, raramente, possuem praia arenosa a vanguarda (Figura 2-A). Já quanto às inativas dessa tipologia, elas expõem, normalmente, depósito de tálus na base das vertentes, sustentando uma superfície que não ultrapassa 45° de inclinação (Figura 2-B). Comumente, são encontradas dunas frontais a vanguarda dessas falésias, com vegetação pioneira fixando parcialmente os depósitos arenosos.

Quanto às paleofalésias de estratificação horizontal, elas possuem, não raramente, predominância de vegetação de porte arbustivo em seu topo e na base (Figura 2-C), quando as condições climáticas são favoráveis. A existência de uma superfície plana à vanguarda da paleofalésia, facilita a instalação da construção civil na orla da cidade do Natal (RN).

### **Tipo II - Falésias com descontinuidade estratigráfica**

Nas falésias ativas do tipo II, a Formação Barreiras, componente geológico principal dessas falésias, é afetada pela abrasão marinha com recuo progressivo das vertentes. No caso dos depósitos pós-Barreiras, o desgaste é promovido pela ação pluvial, dando origem a depósitos de tálus, que, por ação gravitacional, estão na base da falésia (Figura 3-A). Também há zonas de estirâncio marcadas por arenitos ferruginosos e rochas de praia, que são feições comuns a vanguarda de falésias com descontinuidade estratigráfica ativas.

Em relação às falésias do tipo II inativas, elas exibem depósito de tálus, que agregam, na porção basal, sedimentos oriundos do desgaste da Formação Barreiras sotopostos por

sedimentos de depósitos do pós-Barreiras (Figura 3-B). Além disso, dunas frontais colonizadas por vegetação pioneira psamófila estão presentes a vanguarda das falésias inativas.

### **Tipo III - Falésia com Saliência**

A morfologia denominada de penhasco com saliência possui uma cavidade na porção mediana da face da escarpa, dividindo o *front* em dois setores: topo e base (Figura 4). Essa feição é modelada na Formação Tibau.

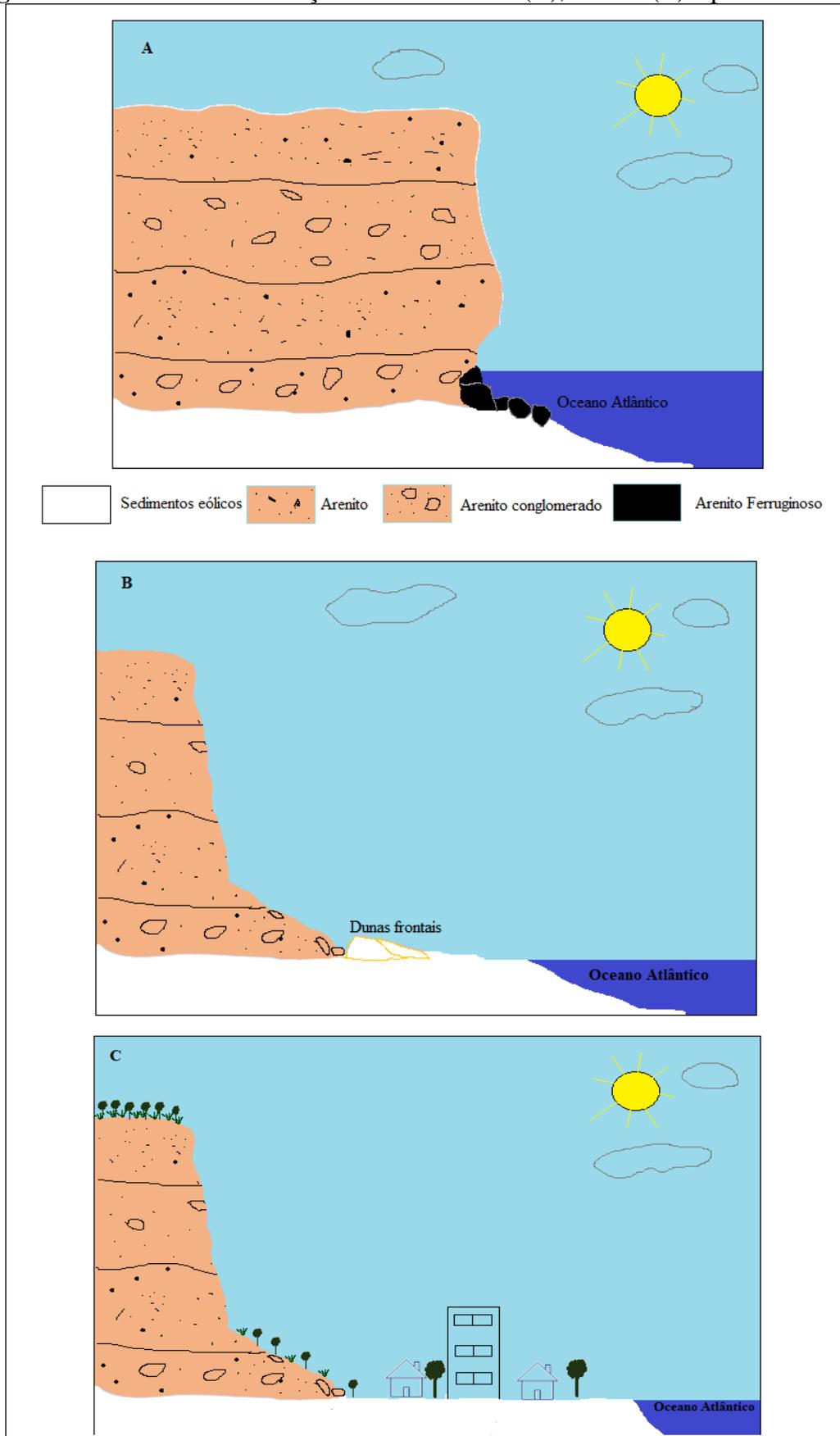
### **Tipo IV - Falésia Convexa**

A forma da falésia do tipo penhasco convexo (Figura 5) é sustentada por três tipos de litologias, quais sejam: ativa; não afetada por deformação estrutural; influenciada pelo clima semiárido mediano da zona tropical equatorial; e não possui cobertura vegetal.

### **Tipo V – Falésia de Escarpa Irregular**

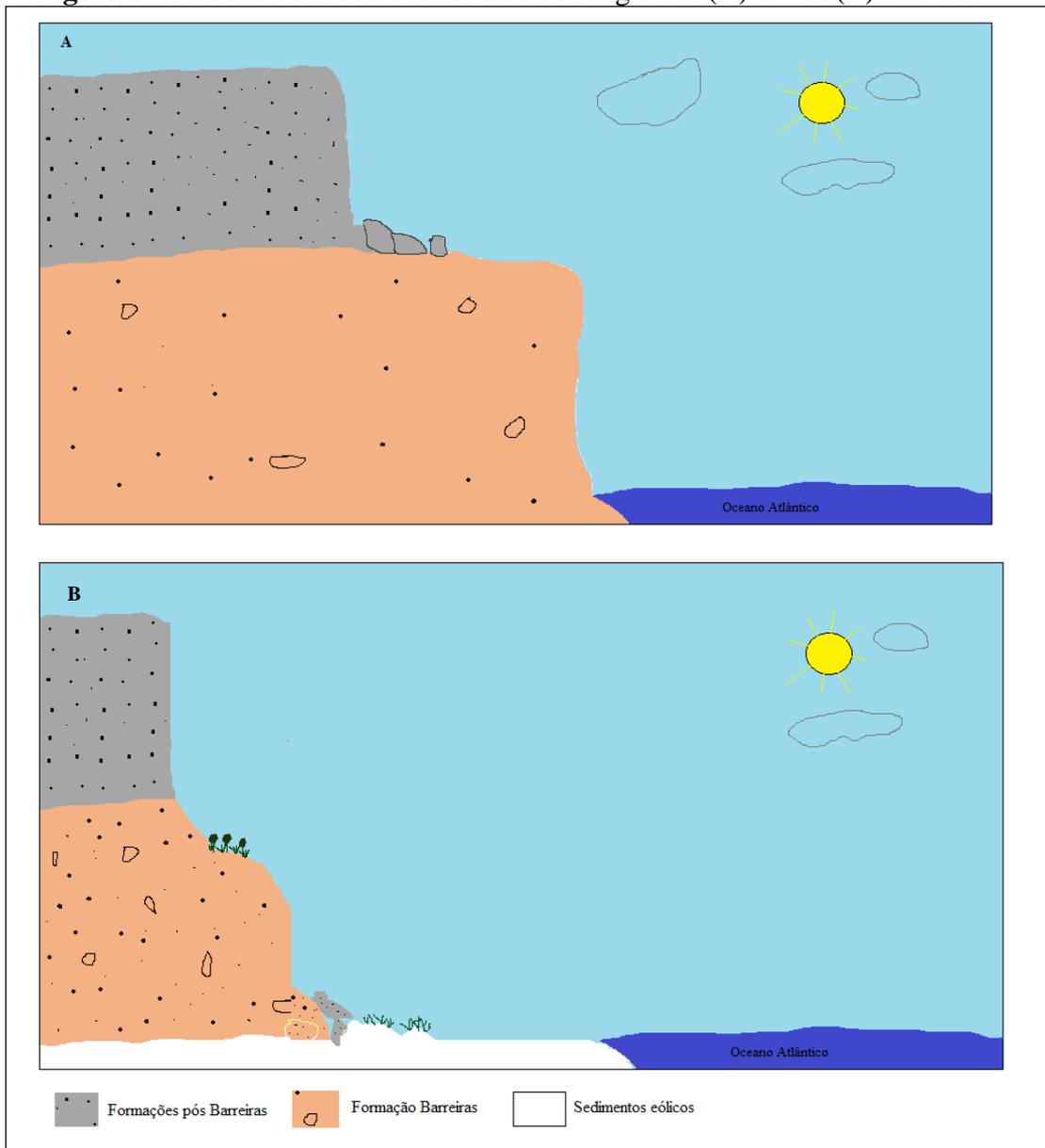
As formas das falésias denominadas, nesta pesquisa, de “escarpas irregulares” exibem saliências e cavidades semicirculares, além de reentrâncias (Figura 6), sem haver, dessa forma, um padrão que permita individualizar tais feições em outra classe. Elas são modeladas em arenitos ferruginosos, além de serem ativas, associadas a falhas, influenciadas pelo clima úmido tropical do Nordeste Oriental, e não terem cobertura vegetal.

**Figura 2** - Falésia de estratificação horizontal ativa (A), inativa (B) e paleofalésia (C).



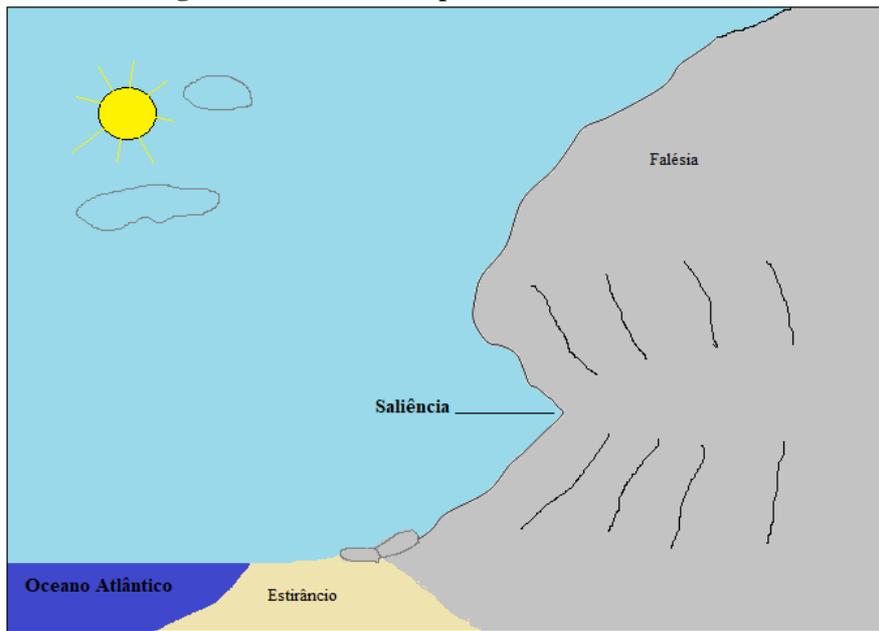
Fonte: Saraiva Junior, 2021.

**Figura 3** - Falésias com descontinuidade estratigráfica (A) ativas (B) inativas.



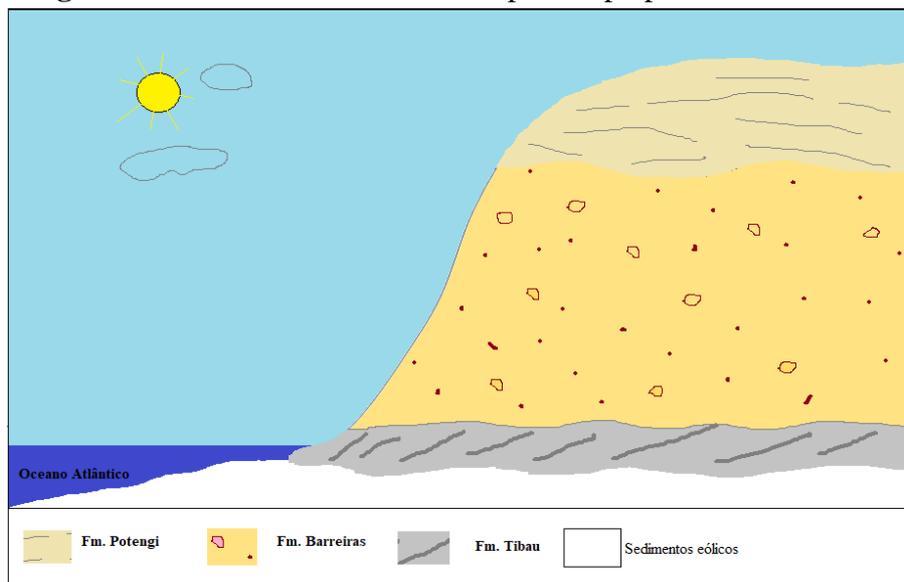
Fonte: Saraiva Junior, 2021

**Figura 4** - Modelo do penhasco com saliência.



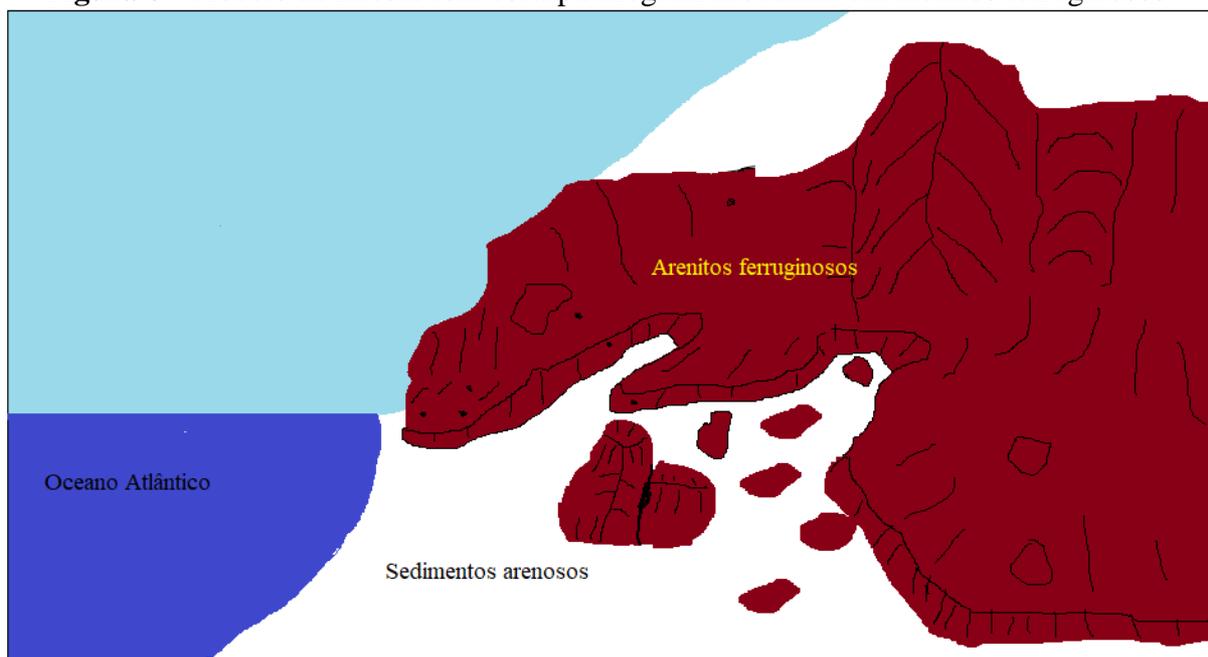
Fonte: Saraiva Junior, 2021.

**Figura 5** - Modelo da forma de escarpa do tipo penhasco convexo.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

**Figura 6** - Modelo de falésia com escarpa irregular modelada em arenitos ferruginosos.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

As falésias foram, também, analisadas segundo alguns critérios, como a litologia, situação morfodinâmica, deformação estrutural, influência climática e tipo de cobertura do solo.

Em relação à litologia, foram identificados diferentes tipos de depósitos sedimentares no ambiente costeiro, que são apresentados no quadro 1.

A situação morfodinâmica se refere à condição das falésias em relação à atuação da abrasão marinha, sendo subdivididas em três categorias, quais sejam: ativa, inativa e paleofalésia. As falésias ativas são as que sofrem a atuação do ataque das ondas e elementos abrasivos. Já as falésias inativas se referem a falésias que não são atacadas pela ação marinha. E, por fim, as paleofalésias fazem referência a um tipo particular de falésia inativa, com vertentes não atacadas pelos processos marinhos durante um período prolongado, de modo a serem modeladas, no contexto atual, apenas por processos subaéreos.

A deformação estrutural é o registro de falhas e fraturas que afetam os depósitos, influenciando a morfologia das vertentes, em particular no litoral oriental. Quanto à influência climática, ela apresenta variação em relação ao litoral oriental, que é mais úmido, e ao litoral setentrional, caracterizado por ser subúmido e semiárido. Em relação ao tipo de ocupação do solo, foi subdividido em solo exposto, parcialmente coberto por vegetação e coberto por vegetação.

**Quadro 1** - Tipos de depósitos sedimentares no ambiente costeiro.

Unidade litológica	Características
1)Eolianito (depósito eólico litificado)	Rocha sedimentar de deposição controlada pelo vento, e formada por grande quantidade de carbonato biogênico retrabalhado de sedimentos marinhos rasos (CARVALHO, et al. 2009, p.1).
2)Formação Touros	Arenitos carbonáticos biodetríticos. que podem estar relacionados à deposição em ambiente praial (DINIZ, 2002; AMARAL et al. 2017). Este é um depósito sedimentar pleistocênico, com idade aproximada de 120.000 anos.
3)Formação Barra de Tabatinga	Arenitos quartzosos de granulometria fina a média, com coloração variando de alaranjada a esbranquiçada, exibindo: estratificação plano-paralela, cruzadas de baixo ângulo e bioturbações, com

	intercalações de níveis conglomeráticos quartzosos, cimentados por óxido de ferro e carbonatos (DINIZ, 2002, p. 56).
4) Formação Potengi	Arenitos de médios a grossos, com duas camadas: uma inferior esbranquiçada, e a outra superior, de coloração vermelha e amarelada. Esta possui idade inferior a 23 Ma.
5) Arenitos ferruginosos	Carapaças lateríticas ou ainda nódulos concrecionários (AUGUSTIN, LOPES e SILVA, 2013), também podem estar associados a Formação Barreiras. Espindola e Daniel (2008) afirmam que tais estruturas são típicas de regiões tropicais e resultam de longo período geológico de atuação do intemperismo químico sobre rochas ricas em minerais como Fe, Al e Ni.
6) Formação Tibau	Diferenciada da Formação Barreiras por suas características litoestratigráficas, típicas de leques costeiros. Segundo Angelim et al. (2006), ela é formada por arenitos grossos hialinos.
7) Formação Barreiras	Camadas intercaladas de sedimentos ricos em argila, siltitos, arenitos siltosos e argilosos, e arenitos conglomeráticos.

Fonte: Adaptado de Saraiva Junior, 2021.

A fase de campo foi marcada pela realização de vários trabalhos de campo, com utilização de equipamentos como receptor do GPS tipo Garmin (para mensuração das altitudes das falésias); câmera fotográfica de aparelho celular; Veículo Aéreo Não Tripulado (Drone DJI Mavic Mini), para coleta de imagens de detalhe de alguns setores; e trena profissional com extensão de 100 (cem metros), para medição *in loco* da altura das falésias. Os trabalhos de campo foram realizados entre março de 2018 e outubro de 2020.

Durante a fase de campo, o acesso aos segmentos de falésias se deu de diversas formas, sendo o principal deles por meio de estradas. No entanto, mesmo com as estradas, em alguns setores, o acesso foi bastante difícil, sendo possível chegar às falésias para analisá-las apenas em contexto de baixamar.

Posteriormente, na etapa de gabinete, foram analisados os dados secundários e os dados obtidos em campo, por meio da tabulação das informações obtidas a partir das fichas de campo e da elaboração do sistema classificatório. O software utilizado foi o Arc Gis 10.5 para produção de mapas temáticos sobre uso e ocupação, construção dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs), e representação dos resultados do sistema de classificação.

## EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DAS FALÉSIAS DO RIO GRANDE DO NORTE

A história evolutiva das falésias potiguares está relacionada à gênese da Formação Barreiras. Essa formação é constituída por depósitos sedimentares de origem continental e marinha, com características de ambiente transicional, sistema fluvial entrelaçado com fácies que transitam entre leques aluviais e planícies flúvio-lagunares (ARAÚJO et al. 2006; ANGELIM, MEDEIROS E NESI, 2006; BEZERRA, MELLO e SUGUIO, 2006; ARAI, 2006; CÓRDOBA et al. 2007).

Segundo Bezerra, Mello e Suguio (2006), a Formação Barreiras foi depositada entre 23 e 17 Ma. Diversos tipos de materiais e variadas concentrações de óxidos de ferro foram critérios para a denominação deste conjunto de unidades menores como um único grupo. No entanto, para este trabalho, será utilizada a nomenclatura de Formação Barreiras, por tratarmos de depósitos da zona litorânea e por ser assim referenciado nos resultados das pesquisas de Alheiros *et al.* (1988) e Rossetti e Góes (2009).

A Formação Barreiras repousa sobre o embasamento Pré-Cambriano presente em uma parcela da Bacia Potiguar e da Bacia Pernambuco-Paraíba, e ambas possuem expressões no Rio Grande do Norte. Essa parcela é associada a eventos de intensa erosão/deposição continentais

que ocorreram no Paleógeno/Neógeno, e, além disso, também é relacionada a contribuições de sedimentos marinhos decorrentes da grande elevação eustática miocênica (ARAI, 2006).

Segundo o mapa geológico do CPRM (2006), a Formação Barreiras não possui largura homogênea e é, frequentemente, capeada por sedimentos mais recentes, como a Formação Potengi, a qual é marcada por sedimentos quartzosos de coloração avermelhada e amarelada, com reduzida expressão de argila. Já a Formação Tibau, ainda de acordo com o CPRM (2006), é constituída por arenitos grossos hialinos. Ambas as formações ocorrem em áreas não lineares da faixa costeira do RN.

Dito isto, destaca-se que a alternância de fases glaciais e interglaciais, em particular no Quaternário, deu início aos processos de atuação da dinâmica costeira sobre o Barreiras, concretizando a sua modelagem, que ocorreu no Paleógeno e Neógeno. A concretização da modelagem da Formação Barreiras permitiu a inauguração de uma nova etapa da evolução do litoral potiguar: a atuação da dinâmica costeira sobre o Barreiras (CLAUDINO SALES, 2005). Segundo Maia, Amaral e Gurgel (2020), o compartimento caracterizado como relevo tabular, modelado em depósitos sedimentares, é denominado de Tabuleiros Costeiros, e as escarpas terminais, com frequência controladas por falhas e fraturas, são chamadas de falésias.

As fases glaciais e interglaciais estão diretamente associadas a mudanças do nível do mar (REMUS *et al.* 2008). Em fases glaciais, há maior retenção de água na forma sólida nas geleiras, promovendo recuo da linha de costa. Durante o contexto interglacial, há maior precipitação pluvial sobre a superfície e, conseqüentemente, após milhares de anos, há elevação do nível do mar.

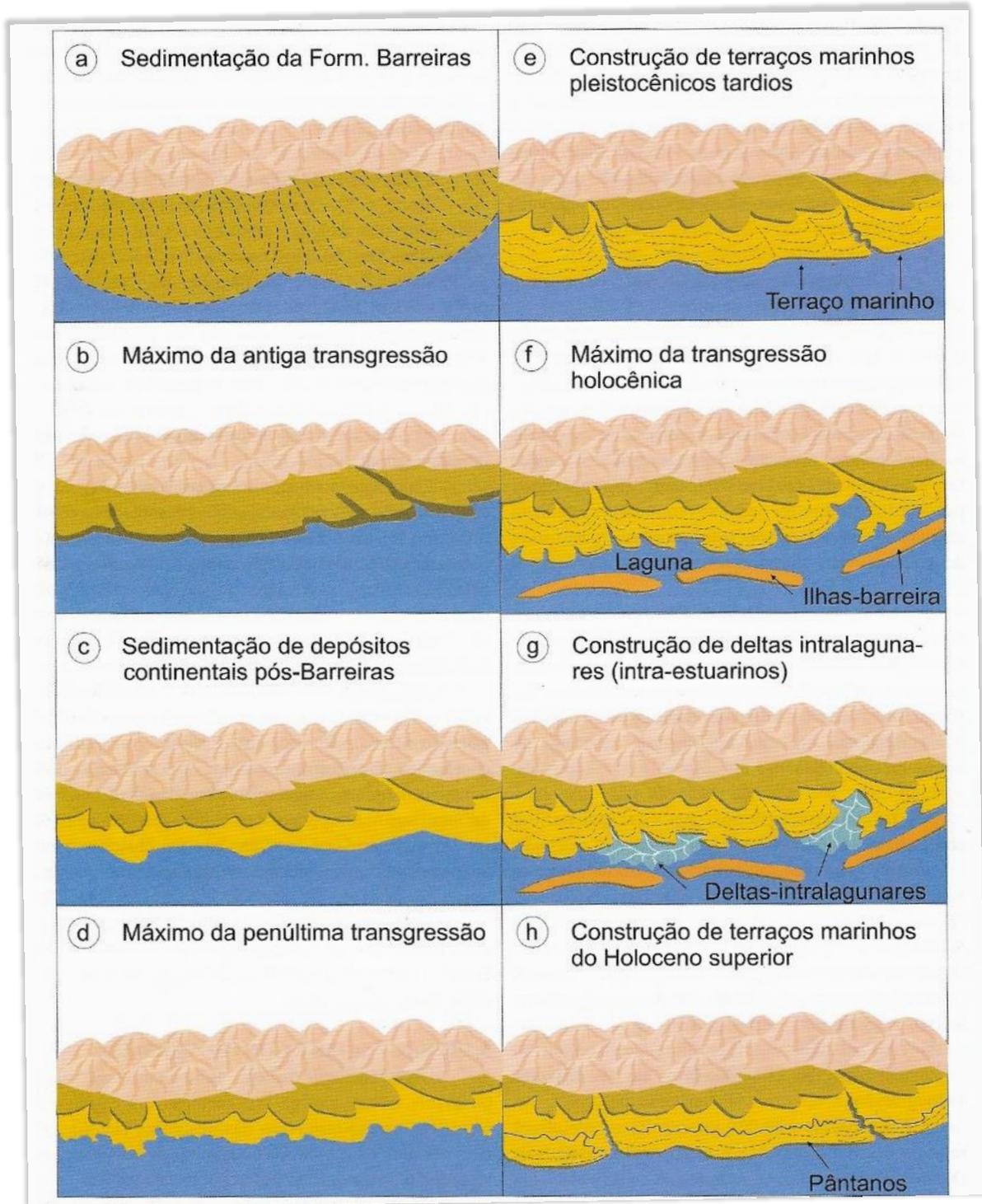
No Quaternário, tais mudanças deixaram evidências no continente e na plataforma continental. Como exemplo disso, pode ser citado o RN, onde o máximo de transgressão marinha está associado à deposição da Formação Touros (123.000 A.P.) (SUGUIO *et al.* 2005).

As falésias do RN tiveram o início de sua modelagem associado ao contexto de fases interglaciais. Isso aconteceu por meio da ação das ondas, de correntes litorâneas e das marés na porção basal das escarpas, e através da atuação dos processos pluviais e eólicos no topo das vertentes.

Segundo Suguio *et al.* (2005), o modelo evolutivo das variações do nível marinho apresentado por Dominguez *et al.* (1981), com suas conseqüências sobre a zona costeira, é considerado, até o presente momento, o mais completo, não apenas para o estado da Bahia, mas para outras localidades do Brasil. Tal modelo descreve o processo de evolução em oito etapas, representados pela figura 7.

Outros pesquisadores discutiram as mudanças do nível marinho que ocorreram no litoral potiguar durante o Quaternário, como Bezerra *et al.* (1998); Bezerra *et al.* (2003); Caldas *et al.*, (2006); e Costa Neto, (2009). As variações no nível marinho são evidenciadas por geoindicadores dessas mudanças no litoral potiguar, conforme pode ser observado nos trabalhos de Suguio (2003); Diniz e Amaral (2003); Suguio *et al.* (2005); Santos *et al.* (2007). Aos 5.300 A.P., parece ter havido relativa estabilização do nível marinho, e as falésias adquiriram a configuração atual.

**Figura 7** - Modelo de evolução do litoral segundo as mudanças climáticas.



Fonte: Martin *et al.* (1996), adaptado por Suguio *et al.* (2005).

## CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DAS FALÉSIAS COSTEIRAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (RN)

As falésias resultam da influência dos fatores de formação, como a litologia, a deformação estrutural, a situação morfodinâmica, o subtipo climático e a cobertura vegetal. De acordo com o critério geomorfológico, as classes de falésias encontradas no RN foram as seguintes:

- I. Falésia de estratificação horizontal;
- II. Falésia com descontinuidade estratigráfica;
- III. Falésia com saliência;
- IV. Falésia convexa; e
- V. Falésia irregular.

As características dos demais fatores de influência são apontados em cada tipologia, conforme pode ser conferido adiante.

### Tipo I – Falésias de estratificação horizontal

As falésias de estratificação horizontal ocorrem em vários pontos do litoral potiguar. Elas exibem empilhamento de camadas não perturbadas como resultado da deposição promovida pelos agentes externos. Além disso, são esculpidas em um tipo de rocha sedimentar, qual seja, a Formação Barreiras, Formação Barra de Tabatinga ou ainda a Formação Touros.

#### *Falésia Cotovelo, em Parnamirim (RN)*

A falésia Cotovelo possui cerca de 530 metros de extensão, com orientação geral de SE-NW, delimitada sob as coordenadas WNW 5°57'50.90"S/35°8'43.71"O e ESE 5°57'54.85"S/35°8'26.84"O. Distanto, aproximadamente, 24 km da capital potiguar, o acesso a essa falésia ocorre pela RN-063, uma das rotas que interliga a cidade do Natal ao litoral de Parnamirim.

A falésia Cotovelo possui altitude máxima de 20 metros, exibindo camadas sedimentares areno-argilosas, de coloração variando entre vermelho e amarelo. A vertente é retilínea do topo até a base, e é controlada por falha geológica (CPRM, 2006). O recuo da escarpa é evidenciado pelo deslocamento de sedimentos das vertentes, com formação de grutas de abrasão incipientes e de sulcos de erosão que se ajustam à rede de fraturas, bastante evidentes no topo da escarpa.

No limite SE da falésia Cotovelo, um promontório sustentado pela superfície de arenitos ferruginosos, na forma de blocos com dimensões variadas (chegando até a 2 metros de comprimento) condiciona um embaiamento. Na porção central, à vanguarda da escarpa, esses arenitos formam uma plataforma de abrasão com cerca de 50 m de largura (Figura 9).

**Figura 8** - Localização e aspecto da falésia Cotovelo na praia homônima, em Parnamirim (RN).



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2020.

**Figura 9** - Arenitos ferruginosos na base da falésia em Parnamirim-RN sustentando uma superfície de abrasão.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

A falésia Cotovelo, é morfodinamicamente ativa, e tem sua porção basal diariamente atacada pela ação marinha, nos momentos de preamar. Além disso, os processos aéreos e subaéreos modelam o topo da vertente em sua porção ocidental, que é desprovida de vegetação do topo até a base. No setor E, a superfície de cimeira é capeada por dunas fixas, e apresenta cerca de 25 metros de altitude. Essa altitude explica-se, possivelmente, pela presença predominante da vegetação arbustiva e herbácea, que suaviza os processos intempéricos, no momento da interceptação da ação mecânica pluvial.

Nessa falésia, feições como sulcos de erosão e movimentos de massa, evidenciados pela queda de blocos, são originadas em um contexto de maior precipitação pluvial, ou seja, durante o inverno austral. É durante esse período que os processos morfodinâmicos atuam com maior intensidade no recuo das vertentes.

### *Falésia Pium, em Parnamirim (RN)*

A falésia de Pium está situada adjacente à escarpa da falésia do Cotovelo, e se estende por, aproximadamente, 2,3 km, quando alcança o limite da praia da Barreira do Inferno, ao Norte. As coordenadas de localização estão situadas a 5°57'50.54"S/35°8'43.08"O, no extremo S, e a 5°56'37.54"S/35°9'14.57"O, no extremo N.

A falésia Pium é modelada na Formação Barra de Tabatinga, exibindo arenitos de coloração variante entre os tons laranja e cinza. De acordo com Diniz (2002), essa formação é datada em 210.00 anos. A modelagem das vertentes foi realizada posteriormente, de acordo com as variações do nível do mar.

Trata-se de uma falésia de situação morfodinâmica ativa que alcança, no máximo, 1,0 metro de altura. Com forte presença das grutas de abrasão (Figura 10), pode alcançar mais de 1,5 m de extensão horizontal na cavidade, devido aos processos abrasivos. Além das grutas, marmitas de origem marinha são encontradas nas escarpas (Figura 10). Feições semelhantes a essas foram descritas por Julio *et al.* (2012), em Jericoacoara (CE).

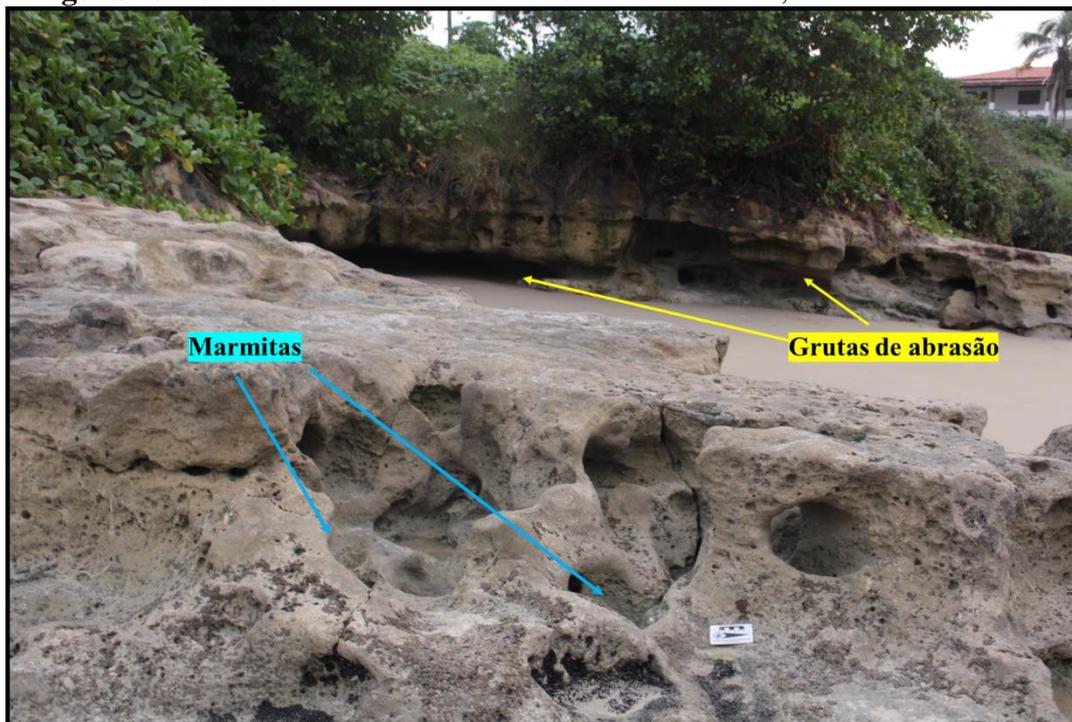
Esse trecho do litoral, que compreende a falésia Pium, apresenta diversos indícios de erosão costeira intensa, com evidências de tombamento das camadas sedimentares, solapamento basal e aprofundamento das cavidades. Estruturas da construção civil como calçadas, muretas e coqueiros de jardins estão sendo bastante afetadas pela morfodinâmica.

No limite Sul da falésia Pium, camadas sedimentares da Formação Barra de Tabatinga repousam sobre a Formação Barreiras, com presença de arenitos ferruginosos a vanguarda.

### *Falésias do município de Rio do Fogo (RN)*

O município de Rio do Fogo apresenta segmentos descontínuos de falésias, os quais foram subdivididos nas seguintes falésias: falésia Zumbi, falésia Central e falésia do setor Norte. Cada uma delas está localizada nas seguintes coordenadas (quadro 2):

**Figura 10** - Grutas de abrasão e marmitas na falésia Pium, em Parnamirim-RN.



Fonte: Silas Samuel, 2020.

**Quadro 2** – Coordenadas das falésias do município de Rio do Fogo.

Falésia	Coordenadas
Zumbi	5°19'15.19"S/ 35°21'43.99"O e 5°19'11.57"S/ 35°21'44.34"O
Central	5°18'12.99"S/ 35°22'2.09"O e 5°17'47.13"S/ 35°22'4.22"O
Setor N	5°17'0.05"S/ 35°22'20.08"O e 5°16'45.37"S/ 35°22'31.59"O

Fonte: Saraiva Junior, 2021.

A falésia Zumbi se constitui como um segmento isolado que possui cerca de 120 m de extensão, orientação das vertentes S-N e altura máxima de 5 m. Suas vertentes são retilíneas e são sustentadas por fácies conglomerática que estão associadas a camadas argilosas. A falésia Central de Rio do Fogo possui altitude máxima de 5,0 m e distância basal de cerca de 3 metros da linha de preamar, com presença de dunas frontais vegetalizadas no sopé da escarpa, demonstrando que a abrasão marinha cessou a atividade há algum tempo. Dessa forma, isso configura esse setor como inativo quanto à morfodinâmica (Figura 11).

A parte superior da vertente dessa falésia é sustentada por arenitos conglomeráticos e crostas ferruginosas que apresentam maior resistência aos processos intempéricos. Na base, predominam camadas de sedimentos argilosos, as quais, por serem menos resistentes à meteorização, apresentam resposta geomorfológica de maior recuo da vertente em sua porção basal.

O relevo adjacente é caracterizado pelos Tabuleiros Costeiros recobertos por dunas fixas e semifixas, as quais são colonizadas por vegetação herbácea e arbustiva.

**Figura 11** - Falésias inativas em Rio do Fogo-RN.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

No topo da falésia, os mecanismos de desgaste evidentes são controlados pelo intemperismo químico e pela erosão regressiva. Sulcos de erosão se fazem presentes na crista da falésia em diversos pontos, alcançando profundidades menores que 0,5 metros (Figura 12). De acordo com Guerra (1994), os sulcos de erosão são evidências de erosão linear, e, quando ultrapassam 0,5 metros de incisão, passam a ser denominados de voçorocas.

**Figura 12** - Sulcos de erosão (A) e ravinas na crista (B) da falésia Central de Rio do Fogo-RN.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

O setor norte de Rio do Fogo possui falésias com 700 metros de comprimento, altitude máxima de 7 m, e orientação SE-NW. Essas falésias estão, quanto à situação morfodinâmica, como inativas; e as fácies da Formação Barreiras apresentam arenitos grosseiros com cascalho e seixos em feições de depósitos de canal e arenitos argilosos (Figura 13).

**Figura 13** - Tipos de depósitos que sustentam as vertentes de falésias em Rio do Fogo-RN.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

Formações ricas em óxido de ferro capeiam o topo das falésias desse setor, na forma de pontas ferruginosas de distribuição horizontal, ou ainda, ocorrendo lateralmente com depósitos de menor concentração de ferro. Pode ser observada, ainda, a queda de blocos originados do deslocamento do topo, o que se configura como um evento de movimento de massa (Figura 14).

**Figura 14** - Blocos e carapaças ferruginosas nas falésias do setor Norte do município de Rio do Fogo/RN.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

As falésias do setor norte de Rio do Fogo não apresentam cobertura vegetal, ocorrendo colonização de sedimentos arenosos pela vegetação de porte herbáceo em relevos adjacentes, como dunas frontais e dunas no reverso do topo das falésias.

### *Falésia Ponta dos Três Irmãos, em São Bento do Norte (RN)*

A falésia Ponta dos Três Irmãos está localizada a E da sede municipal de São Bento do Norte, e dista cerca de 9 km do Farol de São Alberto, importante ponto de referência da praia central. O acesso só é possível no contexto de baixa-mar, quando é realizado pela BR-406 e RN-120, no sentido Natal-São Bento do Norte. As coordenadas de localização são 5°2'30.63"S/35°58'44.00"O, no extremo oeste, e 5° 2'39.64"S/ 35°56'54.06"O, no extremo leste.

Essas falésias se apresentam como três promontórios, de orientação E-W (Figura 15) e altitude máxima de 7 metros, perfazendo 3,6 km de extensão. Configura-se assim como o segmento de maior expressão espacial da Formação Touros, quando comparado a outras falésias sustentadas por esse depósito.



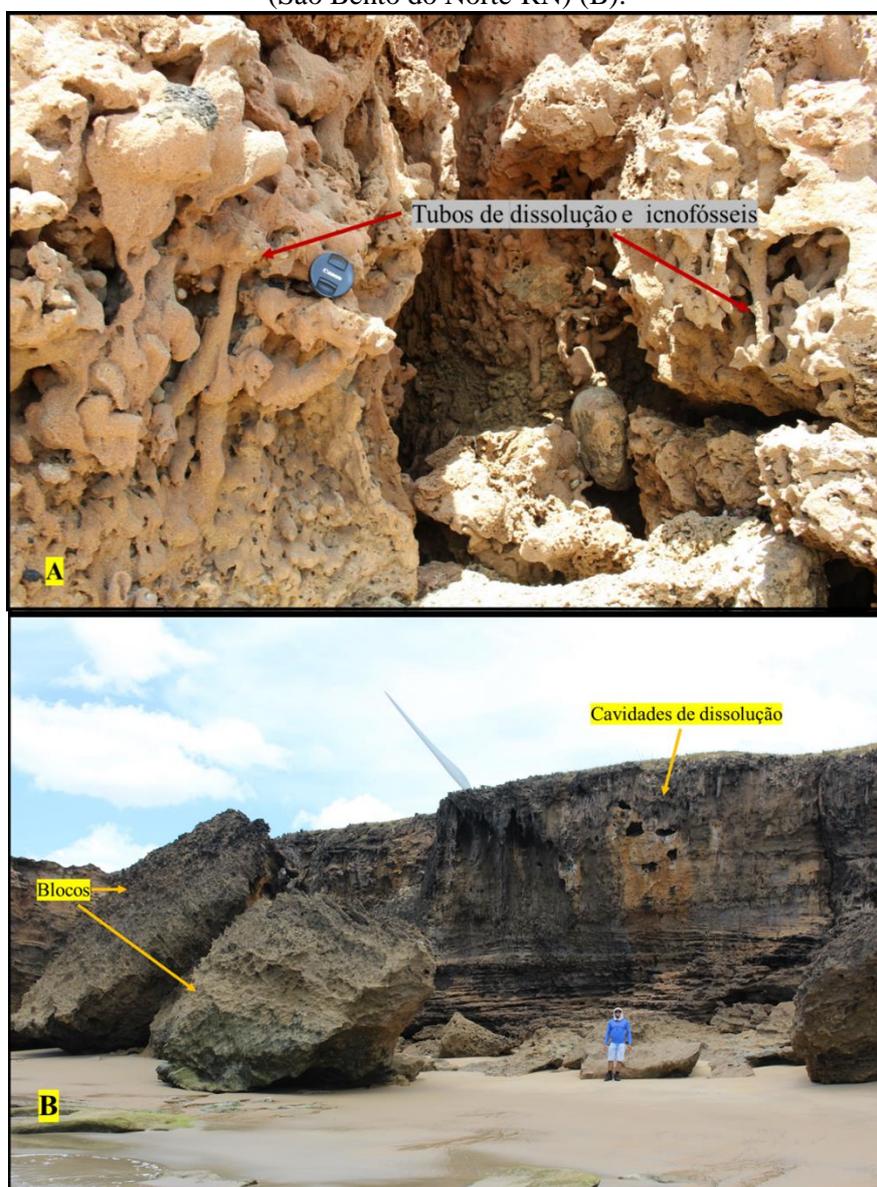
A falésia Ponta dos Três Irmãos (Figura 15) é sustentada por depósitos litorâneos antigos (VITAL *et al.* 2013). Esses depósitos são capeados, em alguns setores, por eolianitos, com pontos de estratificação típica de depósitos de canais tangenciais, e ocorrência de feições em tubos associadas à dissolução das raízes e icnofósseis (BARRETO *et al.* 2002) (Figura 16).

De acordo com Diniz e Pereira (2015), o município de São Bento do Norte está sob influência do clima semiárido. Dessa forma, apresenta altas temperaturas durante 9 meses do ano, e os outros 3 meses são marcados por precipitações pluviais concentradas, que não ultrapassam os 600 mm.

Por influência do clima, na falésia Ponta dos Três Irmãos, há predominância de blocos associados à ação da termoclastia e ao solapamento basal. Tais blocos alcançam dimensões ímpares, não verificadas em outras falésias do RN, chegando a alcançar 5 m<sup>2</sup>.

Além da superfície à vanguarda da escarpa ser dominada por blocos, também estão presentes, nas vertentes, microformas como pontas que se assemelham a lapiás e tafonis. Segundo Guerra e Guerra (2008), lapiás são parecidas com caneluras entalhadas em rochas como o gipsito, o calcário e o arenito. São feições originadas pela decomposição química mais intensa nas áreas de fraturas e pela atuação de agentes exógenos. No caso dos tafonis, segundo Maia e Castro (2017), eles são, comumente, encontrados em granitos, mas também podem ser encontrados em rochas. São compreendidos como cavidades hemisféricas escavadas em vertentes íngremes pela ação do escoamento superficial e dissolução química.

**Figura 16** - Tubos de dissolução de raízes na falésia Ponta dos Três Irmãos, em São Bento do Norte-RN, associados a icnofósseis (A); e cavidades de dissolução e blocos na falésia Ponta dos Três Irmãos (São Bento do Norte-RN) (B).



Fonte: Silas Samuel, 2020.

Além disso, é bastante marcante a presença de cavidades circulares de dissolução, que se estendem do *front* da escarpa até a superfície do reverso da falésia, a partir da infiltração hídrica. A dissolução das camadas ricas em carbonato de cálcio promove o alargamento e aprofundamento de tais feições (Figura 16).

O setor da falésia Ponta dos Três Irmãos é, notadamente, marcado por evidências de controle estrutural, pois, segundo Vital *et al.* (2013, p. 25),

Após a completa separação entre as placas Sul-americana e Africana no Cenozoico, na placa Sul-americana ocorreram eventos tectônicos de menor magnitude marcados, sobretudo, pela reativação de importantes falhamentos como os sistemas conjugados das falhas de Afonso Bezerra e Carnaubais, que compartimentam o litoral setentrional do Rio Grande do Norte entre as localidades de Ponta do Mel (município de Areia Branca) e Ponta dos Três Irmãos (município de São Bento do Norte), como sugerido por Fonseca (1996).

No setor a vanguarda da escarpa, na antepraia, há uma superfície erosiva que é sustentada por *beachrocks* e por fragmentos das vertentes responsáveis por amenizar o impacto das ondas. Na zona de estirâncio, há registros pontuais de campos de dunas fixas semi-vegetadas, mas a expressão espacial dominante é de dunas móveis. No reverso, a superfície a retaguarda é recoberta por depósitos eólicos majoritariamente vegetalizados.

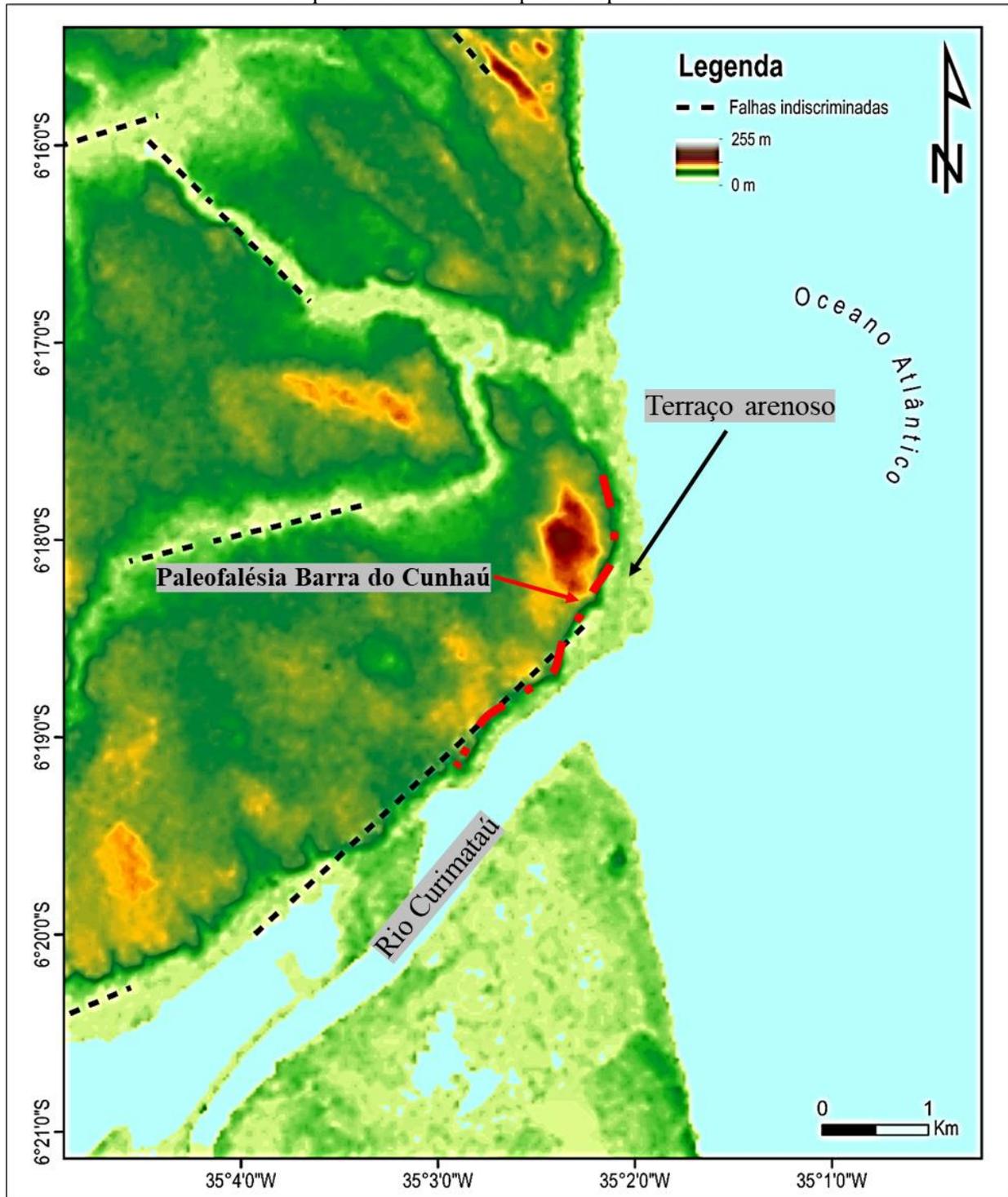
### *Falésia Barra do Cunhaú, em Canguaretama (RN)*

A falésia Barra do Cunhaú é uma falésia sustentada pela Formação Barreiras, que apresenta, na base, depósitos de tálus recobertos por solos colúviais. Ela possui cerca de 2 km de extensão, altitude máxima de 10 m, orientação NNE-SSW, está localizada nas coordenadas 6°17'50.30"S/35° 2'4.99"O e 6°18'43.60"S/ 35° 2'28.70"O, e o acesso até ela ocorre pela BR-101 e pela RN-269.

Essa falésia apresenta evidências de ser resultado de controle estrutural devido ao soerguimento promovido por falha geológica (Figura 17) e, possivelmente, por ação marinha posterior, associada à modelagem das vertentes. Além disso, morfoindicadores, como a escarpa íngreme voltada para o oceano Atlântico e a existência de um terraço sustentado por depósitos arenosos de, aproximadamente, 300 metros de extensão, a vanguarda, fornecem a base para o argumento de que seja uma paleofalésia elaborada durante a penúltima transgressão, há 123.000 anos (SARAIVA JUNIOR, 2021).

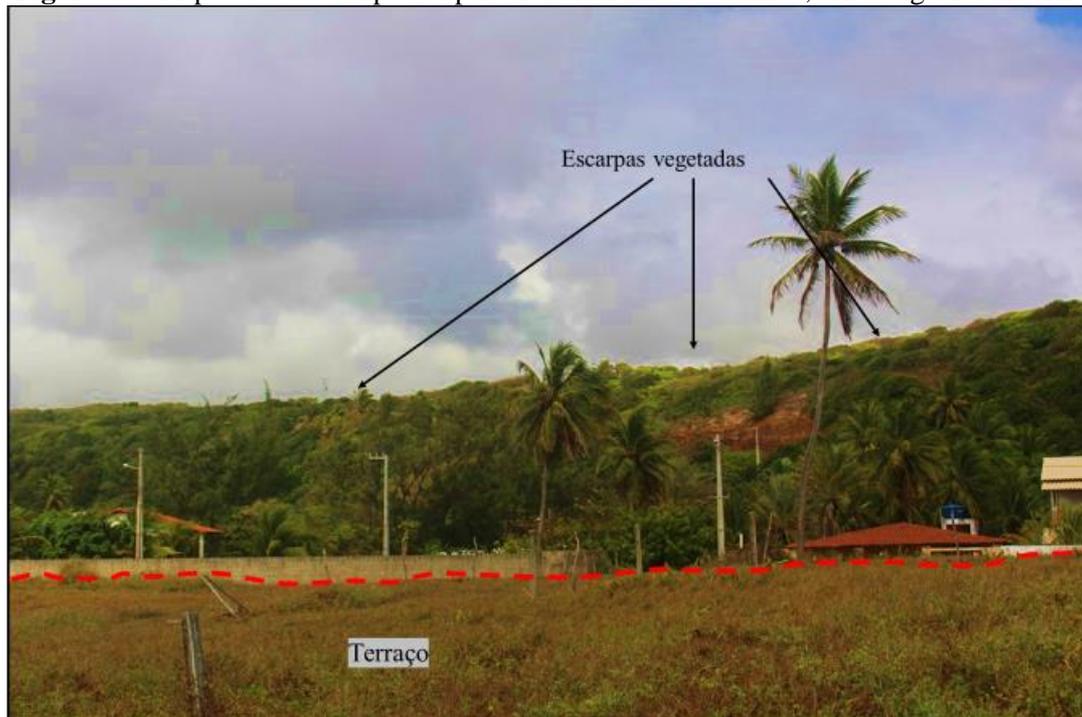
O setor de localização da falésia Cunhaú é o mais úmido do RN, com precipitações pluviiais acima de 1.100 mm anuais (DINIZ e PEREIRA, 2015). Nesse contexto climático, há cobertura vegetal expressiva na face da falésia (Figura 18), com intemperismo químico e biológico bastante evidentes. Além disso, há indicações de movimentos de massa (corridas de lama) em alguns setores, em particular onde o solo está sem cobertura vegetal.

**Figura 17** - Modelo de elevação digital do baixo curso do rio Curimataú. A paleofalésia, na margem esquerda é influenciada por escarpa de falha.



Fonte: Saraiva Junior, 2021, a partir de dados do CPRM (2006).

**Figura 18** - Aspecto das escarpas da paleofalésia Barra do Cunhaú, em Canguaretama-RN.



**Fonte:** Silas Samuel, 2020.

Os modelos de paleofalésia apresentados pelo IBGE (2009) e por Meireles (2014) sobre as paleofalésias de Icapuí, no estado do Ceará, são adequados para caracterizar a falésia Cunhaú como uma paleofalésia. Isso é possível, em particular, pela existência de um terraço situado entre a linha de costa e a base da falésia.

### ***Tipo II - Falésias com descontinuidade estratigráfica***

A classe “Falésias com descontinuidade estratigráfica” ocorre no litoral Oriental e Setentrional do RN, nos locais indicados pela figura 19. Dos exemplos apresentados na figura 19, serão caracterizadas as falésias da Barreira do Inferno, em Parnamirim, e a de São José de Touros, em Touros. Esta apresenta escarpas sustentadas pela Formação Touros, capeando a Formação Barreiras; e aquela possui a Formação Potengi recobrindo a Formação Barreiras.

**Figura 19-** Localização das falésias de descontinuidade estratigráfica.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

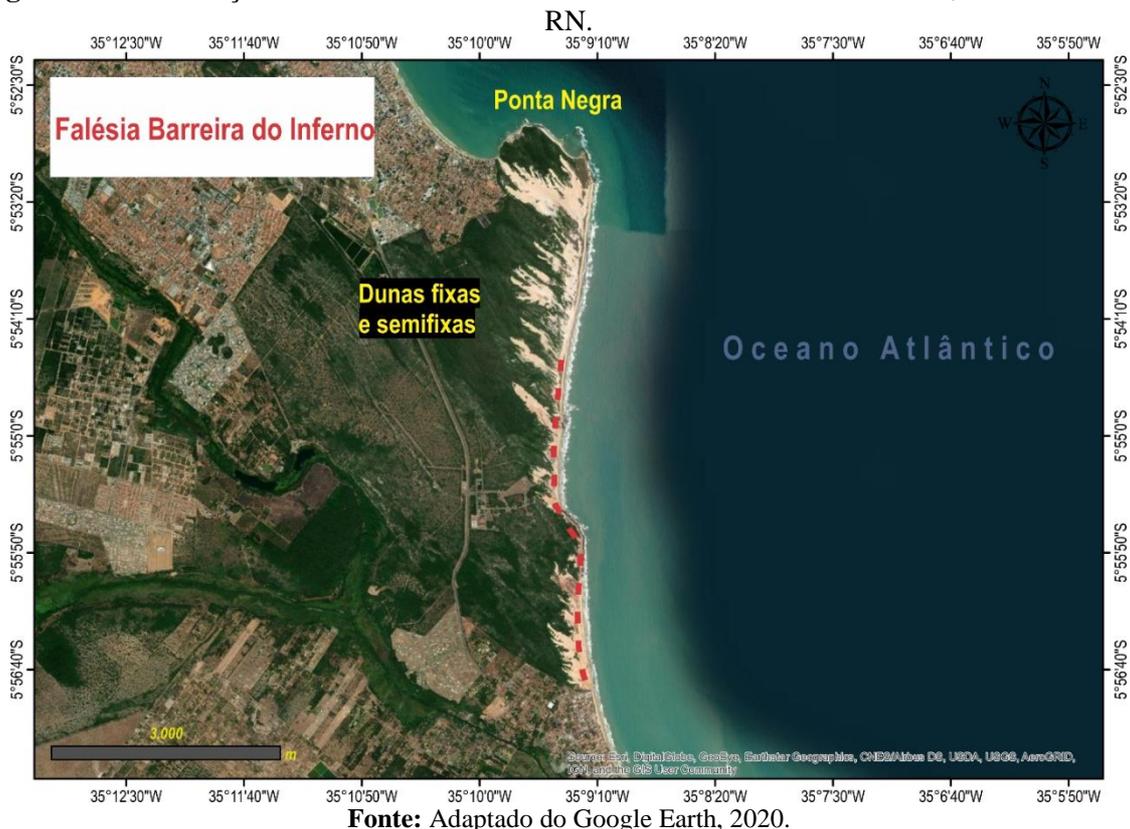
### *Falésia Barreira do Inferno, em Parnamirim (RN)*

Esse setor apresenta falésias que formam uma faixa de 4,5 km de extensão, com orientação S-N, e com as seguintes coordenadas de localização (Figura 20): no extremo Sul, 5°56'48.77"S/35° 9'10.59"O; e, no limite Norte, 5°54'26.29"S/ 35° 9'24.21"O.

Segundo Barbosa (2017), nesse segmento, a maior parte da falésia é morfodinamicamente ativa e sustentada por litotipos da Formação Barreiras e da Formação Potengi, ambas distribuídos em camadas sedimentares com cerca de 20 metros de espessura.

Araújo *et al.* (2006) tendo descrito as fácies da Formação Barreiras nesse setor, encontraram três tipos delas, denominados de Gt, St e F1 (Quadro 3 e Figura 21).

**Figura 20** - Localização do setor de ocorrência das falésias da Barreira do Inferno, em Parnamirim-RN.

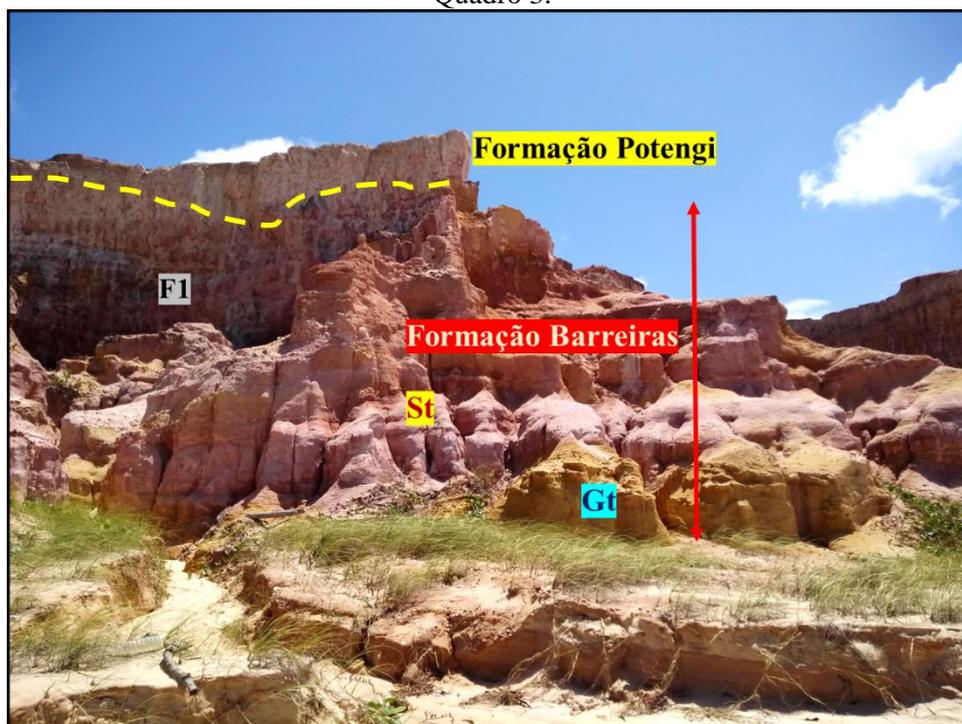


**Quadro 3** - Fácies da Formação Barreiras, na falésia Barreira do Inferno, Parnamirim-RN.

Fácies	Características
<b>F1</b>	Compreende lamitos com diferentes proporções de argila, silte e areia mostrando coloração avermelhada, com intercalação de arenito fino e muito fino. É constituída por uma lama argilosa cimentada por óxido de ferro com grãos de quartzo que ocorrem flutuantes na matriz lamosa, de granulometria siltica até, excepcionalmente, areia média, sendo subangulosos a subarredondados. Exibe laminações plano-paralelas e bioturbações, estas últimas possivelmente geradas pela ação de organismos invertebrados e de raízes de vegetais superiores. Os estratos apresentam geometria de canal (ARAÚJO et al., 2006, p. 46)
<b>St</b>	É representada por arenitos de textura muito grossa, grossa e média, de coloração amarelada, exibindo estratificação cruzada acanalada e subordinadamente tabular, mostrando eventualmente seixos dispersos (ARAÚJO et al., 2006, p. 46).
<b>Gt</b>	A fácies Gt reúne as rochas de textura mais grossa descritas na área e corresponde a conglomerados sustentados por matriz arenosa, com estratificação cruzada acanalada de grande a médio porte e, subordinadamente, conglomerados clastos suportados. No seu arcabouço predominam seixos de quartzo, feldspatos e clastos de argila. A cimentação ferruginosa confere a estas rochas uma cor avermelhada. (ARAÚJO et al., 2006, p. 45).

**Fonte:** Araújo *et al.* (2006) apud Saraiva Junior (2021).

**Figura 21** - Aspecto das vertentes da falésia na Barreira do Inferno e fácies F1, St e Gt, descritas no Quadro 3.



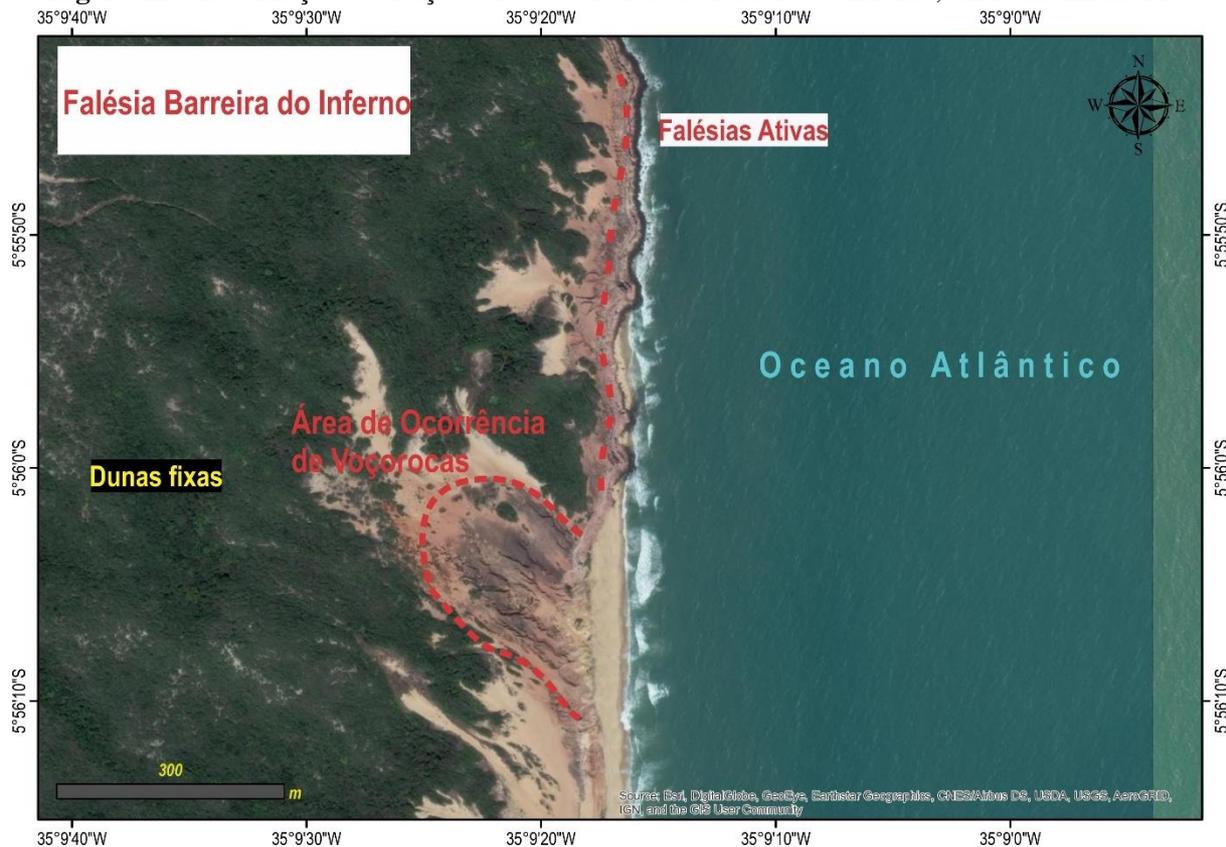
Fonte: Saraiva Junior, 2021.

De acordo com a interpretação paleoambiental da área, Araújo et al (2006) apontam a correlação das fácies Gt e St com os sistemas fluviais de preenchimento de canal, e a fácies F1 com a planície de inundação.

Outro dado importante é a presença de material clástico no contexto de climas áridos em ambiente continental. Após a mudança para microclimas mais úmidos, foi possível a deposição de sedimentos mais finos, em associação aos materiais mais grosseiros, na porção proximal da zona costeira (ARAÚJO *et al.* 2006).

De acordo com o CPRM (2006), a falésia da Barreira do Inferno foi afetada por falhas que promoveram mudança topográfica, e soergueram os pacotes sedimentares. Isso foi responsável por proporcionar uma maior exposição das vertentes aos processos externos de erosão regressiva regidos pela ação pluvial. Desde então, uma rede de sulcos erosivos foi originada, e ravinas passaram a ser conectadas a voçorocas, remobilizando, assim, material sedimentar em direção à zona de estirâncio (Figura 22).

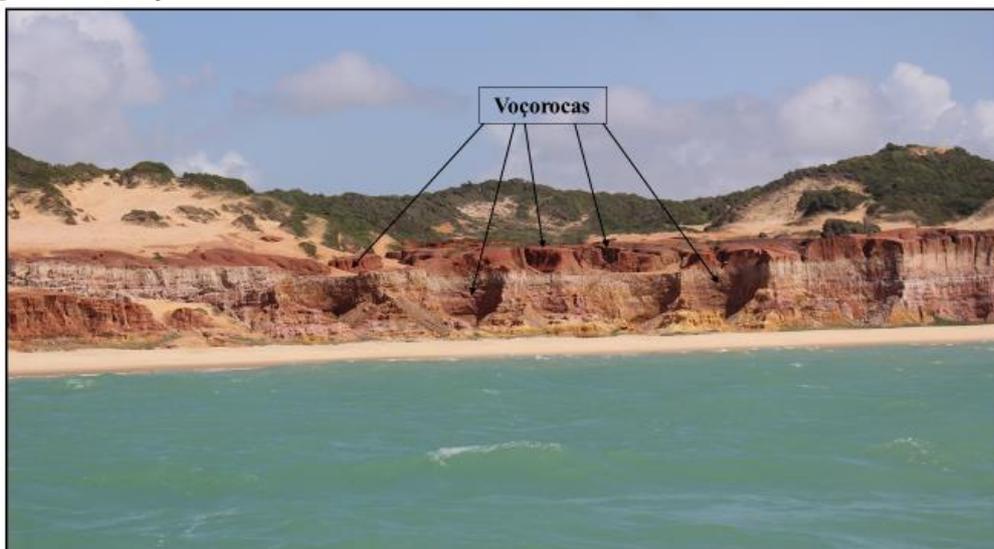
**Figura 22** - Localização das feições erosivas na falésia Barreira do Inferno, em Parnamirim-RN.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2020.

No setor inativo da Barreira do Inferno, há voçorocas com, aproximadamente, 100 metros de comprimento no sentido E-W (Figura 23). Também é marcante a presença de material coluvial na forma de cones de dejeção na base, e de corridas de lama com direção preferencial de NW-SE. Esse setor abriga pacotes sedimentares ricos em argilas, evidenciados pelas gretas de contração, que são microformas bastante presentes na porção interna da voçoroca.

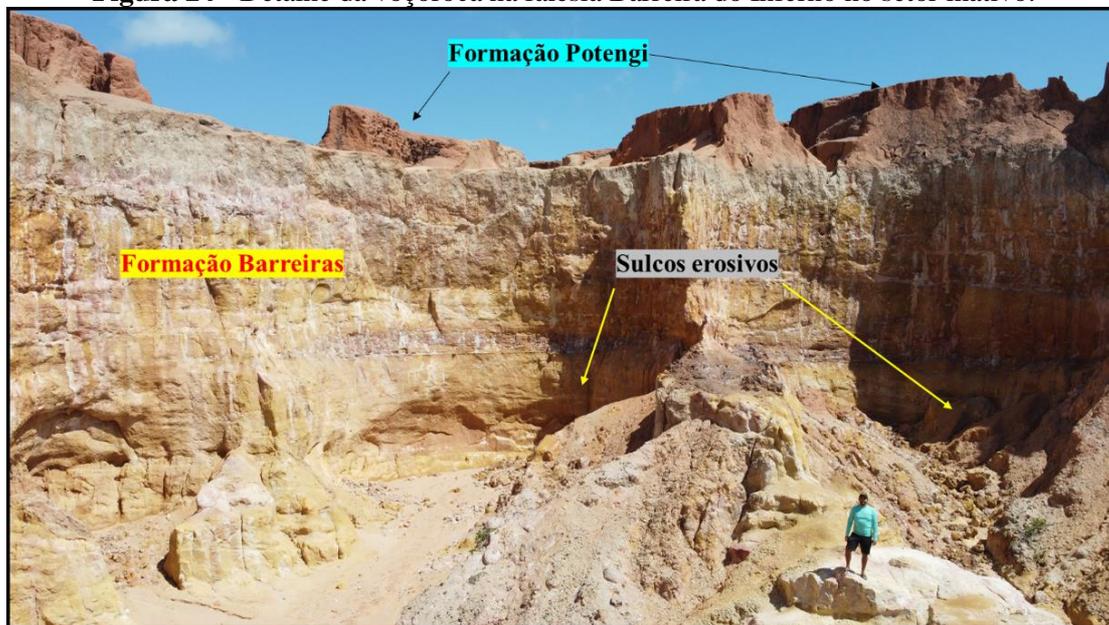
**Figura 23** - Voçorocas no setor inativo da falésia Barreira do Inferno, em Parnamirim-RN.



Fonte: Silas Samuel, 2020.

Há maior evidência de recuo da Formação Potengi (Figura 24) por se tratar de um material mais jovem e menos consolidado, se comparado à Formação Barreiras. Sulcos erosivos e tombamento de blocos também são percebidos, quando realizado o detalhamento do setor interno das voçorocas.

**Figura 24** - Detalhe da voçoroca na falésia Barreira do Inferno no setor inativo.



Fonte: Do autor, 2020.

Entre o setor de falésias ativas e inativas há um afastamento de cerca de 10 metros, no sentido E-W. Tal deslocamento pode indicar movimentação recente das camadas sedimentares, pois, tanto a Formação Barreiras, quanto a Formação Potengi foram deslocadas. No entanto, embora Lucena (2005) já tenha discutido a influência de falhas nesse setor, mais pesquisas devem ser realizadas para atestar tal situação.

Dunas fixas, semifixas, e evidências de erosão dunar estão presentes no entorno imediato do topo da falésia. A vanguarda, estão presentes escarpas modeladas em depósitos arenosos, indicando um sistema praiar de declividade acentuada pela energia das ondas.

### *Falésia de São José de Touros, em Touros (RN)*

Na praia de São José de Touros, no município de Touros (RN), as falésias demonstram um nítido contato entre a Formação Barreiras e a Formação Touros. O acesso pode ser feito pelas rodovias BR-101, RN-023 e RN-021, no sentido Touros-São Miguel do Gostoso, nas coordenadas de localização  $5^{\circ}8'20.28''S/35^{\circ}32'54.35''O$  e  $5^{\circ}8'15.37''S/35^{\circ}33'39.92''O$ . Tais escarpas alcançam cota máxima de 7 metros de altitude (Figura 25).

**Figura 25** - Localização da falésia São José de Touros, em Touros-RN.



A falésia São José de Touros apresenta a Formação Barreiras, nas vertentes no sentido E-W; e a Formação Touros, em situação sobreposta. A Formação Touros é recoberta por sedimentos eólicos em um trecho de 100 metros. Diferente do que ocorre com a Formação Barreiras, a qual se encontra associada a arenitos ferruginosos, e que é capeada por latossolos vermelho-amarelos por 1,1 km, perfazendo, aproximadamente, 1,2 km.

Cabe destacar que é necessário realizar pesquisas mais detalhadas em relação ao setor identificado como latossolo vermelho-amarelo, que também pode ser identificado como Formação Potengi, presente em alguns pontos do litoral potiguar. A relevância da realização de mais pesquisas se dá porque os resultados obtidos contribuirão para a identificação e caracterização desses depósitos, ampliando as evidências das etapas da evolução do litoral potiguar. No setor dessa falésia sustentado pela Formação Barreiras, é importante destacar que ele possui, a vanguarda, uma superfície de abrasão marcada por arenitos ferruginosos (Figura 26).

A presença de feições menores, como arcos (Figura 27-A), relevo testemunho (Figura 27-B e C) e grutas de abrasão (Figura 27-D), evidenciam a atuação da abrasão marinha no desgaste das vertentes da Formação Barreiras, de acordo com o modelo apresentado por Bird (2000). Outra feição importante é a que possui uma forma similar a uma torre, por ser estreita no topo e mais larga na base. As grutas de abrasão da falésia São José de Touros possuem dimensão que varia de 0,5 a 1 metro de altura, e de 0,1 a 2 metros de largura, estando distribuídas em diversos pontos dessa falésia (Figura 27-D). O setor E é limitado lateralmente por dunas, que recobrem uma parcela das vertentes da Formação Touros.

**Figura 26** - Aspectos das vertentes da falésia São José de Touros, em Touros-RN.



Fonte: Silas Samuel, 2019.

**Figura 27** - Feições morfológicas que compõem as escarpas da falésia São José de Touros. Caverna semelhante a um arco esculpido em arenitos ferruginosos (A); Grutas de abrasão dispostas verticalmente (B); Relevo testemunho do recuo da falésia (C); e Grutas de abrasão dispostas horizontalmente (D).



Fonte: Saraiva Junior, 2021

Na falésia São José de Touros, há um terraço de abrasão esculpido no contato entre a Formação Barreiras e a Formação Touros. As vertentes, em função das diferenças litológicas, e, conseqüentemente, do comportamento litológico em relação aos processos erosivos, apresentam depósito de tálus marcado por blocos com dimensões de até 3 m<sup>2</sup>. A porção superior das vertentes possui aspecto semelhante a ruínas, elaborando um relevo parcialmente ruiforme, bastante atacado pelos processos aéreos e subaéreos.

A partir disso, nota-se que as falésias de Touros (RN) devem ser mais estudadas, pois compreendem um setor bastante peculiar, com diversidade de litologia e de feições.

### Tipo III - Falésia com Saliência

#### *Falésia Morro do Chapéu, em Tibau (RN)*

A falésia Morro do Chapéu foi qualificada por Saraiva Junior (2021) como uma falésia com saliência, de acordo com as considerações de Hill (2004). Localizada na praia de Tibau (Figura 28), na divisa com o estado do Ceará, essa escarpa possui cerca de 800 metros de extensão, 18 metros de altura e orientação predominante de NW-SE, nas coordenadas 4°49'59.16"/37°15'13.06"O, 4°49'56.84"S/37°15'8.90"O e 4°50'14.31"S/37°14'59.17"O; com acesso possível pela RN-013, sentido Mossoró-Tibau, e por uma estrada asfaltada que percorre a zona oeste da sede de Tibau.

Essa feição também é denominada, regionalmente, de Falésia Tibau (SOUSA, 2002; SILVA, 2016) ou ainda, pelos praianos, de “Pedra do Chapéu”. Entretanto, para evitar repetições de escrita em relação ao município de Tibau do Sul, localizado no litoral oriental potiguar, foi adotado o termo “Morro do Chapéu”, o qual evidencia a forma da escarpa.

O Morro do Chapéu é uma falésia ativa modelada na Formação Tibau, apresentando, no limite NW, alto grau de inclinação do topo até a base, e forte recuo na porção mediana da face da falésia (Figura 29). A escarpa da falésia Morro do Chapéu é sustentada por sedimentos arenoargilosos, com camadas sedimentares de areia grossa na base da vertente, dispostas em situação horizontal e sub-horizontal. Com essas características, o Morro do Chapéu assemelha-se ao “Penhasco com Saliência”, da classificação de Hill (2004), e, por isso, é classificado como tal.

O Morro do Chapéu é apontado por Moura Lima *et al.* (2011) como um relevo afetado por falhas, configurando-se como o ponto mais elevado da faixa litorânea de Tibau. Como resultado da atuação das falhas, no setor a SE, há decaimento topográfico da escarpa, especificamente, no sentido NW-SE, onde a Formação Tibau é mascarada por sedimentos eólicos arenosos.

No topo da falésia Morro do Chapéu, há sedimentos avermelhados oriundos do intemperismo químico, que atinge o ferro presente em sua composição. A existência, nessa falésia, de minerais ricos em ferro oxidado possibilitou a modelagem de uma superfície mais resistente aos processos intempéricos, originando, assim, uma saliência (Figura 30).

**Figura 28** - Localização da falésia Morro do Chapéu, em Tibau-RN.



Fonte: Adaptado do Google, 2020.

**Figura 29** - Falésia Morro do Chapéu, em Tibau-RN.



Fonte: O autor, 2019.

No entanto, nos últimos anos, foram registrados diversos eventos de tombamento de blocos oriundos da parte superior, denunciando, portanto, a evolução dessa falésia (G1 RN,

2020; 2021). Tais blocos formam o depósito de tálus, que foi colonizado por crustáceos marinhos, conhecidos como “cracas”.

**Figura 30** - Aspecto das vertentes com saliências e depósito de tálus na falésia Morro do Chapéu, em Tibau-RN.



Fonte: O autor, 2018.

O relevo adjacente à falésia Morro do Chapéu é constituído pelas praias arenosas a W e a E, pela superfície de abrasão marinha marcada por depósito de tálus na zona do estirâncio, e por dunas a retaguarda (sobre o Tabuleiro Costeiro). Vale salientar que a falésia Morro do Chapéu é um registro único no estado do Rio Grande do Norte, pois, embora existam outros pontos de afloramentos da Formação Tibau no litoral potiguar associados a outros depósitos, essa falésia se constitui como uma feição sustentada totalmente por essa formação, o que a torna singular.

#### ***Tipo IV - Falésia Convexa (Falésia Chico Martins em Diogo Lopes, Macau-RN)***

Localizada na comunidade Barreiras (pertencente ao distrito de Diogo Lopes, em Macau-RN) (Figura 31), a falésia Chico Martins encontra-se nas coordenadas 5°5'0.44"S/36°31'10.30"O e 5°4'59.85"S/36°30'52.83"O. O acesso a essa feição ocorre pelas rodovias: BR-406, que liga Natal a Macau; RN-221, que conecta Macau a Diogo Lopes; e RN-403, que interliga o distrito de Diogo Lopes à comunidade Barreiras.

**Figura 31** - Localização da falésia Chico Martins, em Macau-RN.

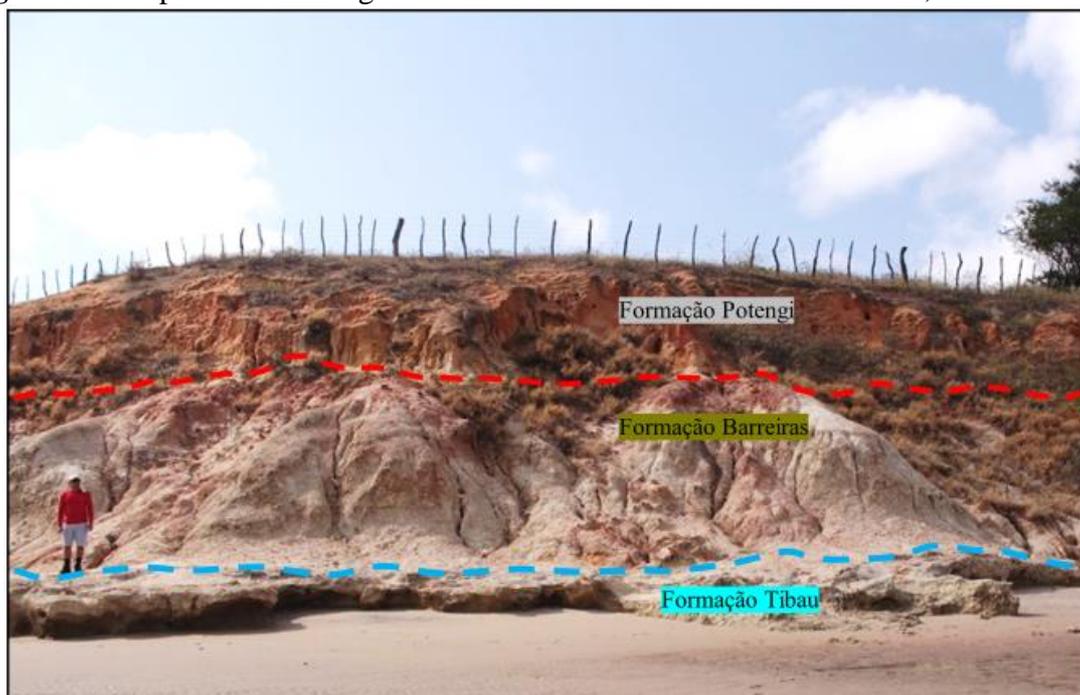


Fonte: Adaptado do Google Earth, 2020.

A falésia Chico Martins resulta do arranjo de fatores que originou uma classe específica de falésias de registro ímpar no estado do Rio Grande do Norte. Essa classe foi qualificada por Hill (2004) como “penhasco convexo”. A falésia de que tratamos possui extensão aproximada de 1,3 km, com orientação E-W e altitude máxima de 6 metros.

Essa feição é morfodinamicamente ativa, e apresenta-se como uma franja bastante marcada por reentrâncias e interrompida no setor centro-leste por dunas frontais. Além disso, é sustentada por três unidades litoestratigráficas: a Formação Tibau, na porção basal; a Formação Barreiras, na porção mediana; e a Formação Potengi, no topo (DANTAS e AMARO, 2012) (Figura 32).

**Figura 32** - Aspecto litoestratigráfico da vertente da falésia Chico Martins, em Macau-RN.



Fonte: Silas Samuel, 2020.

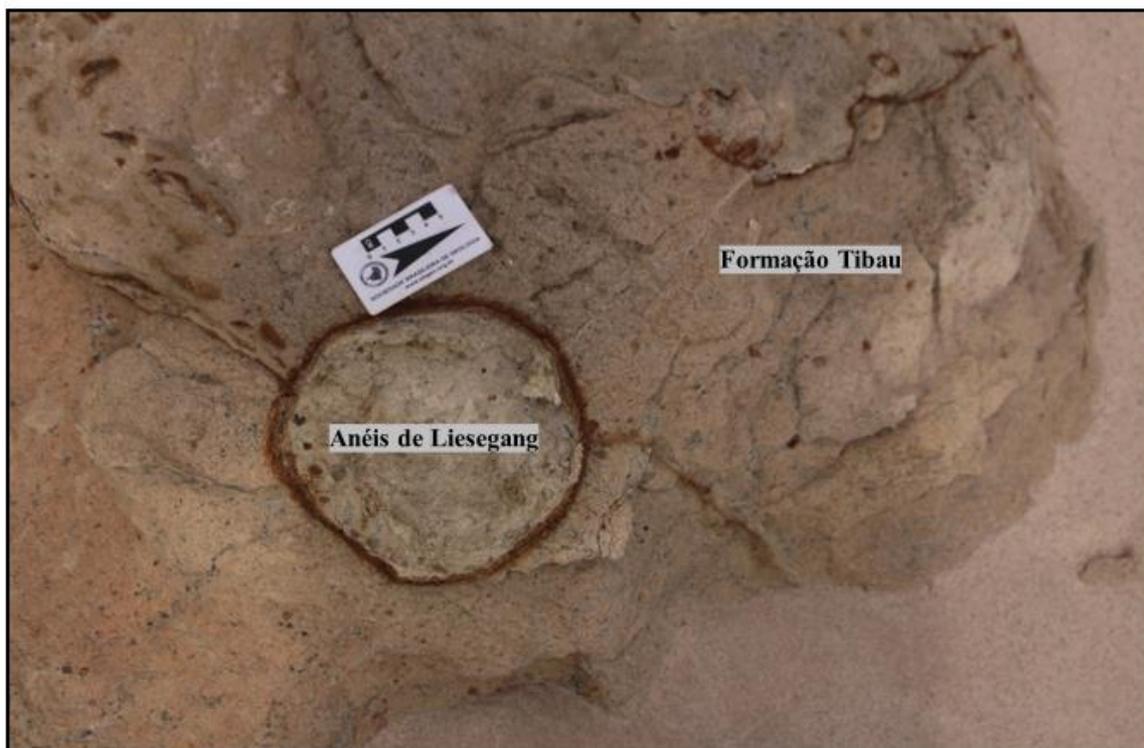
Nessa falésia, há três níveis de escalonamento sustentados por diferentes litologias. As Formações Tibau e Barreiras são mais resistentes e por isso sofreram menor recuo. A Formação Potengi é menos consolidada e, por isso, apresenta maior desgaste, evidenciado por sulcos erosivos.

De acordo com Souto (2004, p. 25), a fácies correspondentes à Formação Tibau são “esbranquiçadas e constituídas por arenito grosso, composto por grãos calcíferos dolomitizados, concreções ferrosas e por grânulos de quartzito de idade paleógena”. Já a Formação Barreiras caracteriza-se por ser amarelada e de idade paleógena/neógena, além de corresponder a um arenito grosso com porções mais argilosas, alguns níveis conglomeráticos e porção lateritizada no contato com a Formação Potengi. Esta camada é amarelo-avermelhada, composta por sedimentos quartzosos pouco argilosos e inconsolidados (SOUTO, 2004).

Na falésia Chico Martins, anéis de Liesegang de dimensões centimétricas estão presentes na Formação Tibau (Figura 33). A presença desses anéis evidencia a alta concentração de ferro, o que torna a camada basal mais resistente aos processos de abrasão marinha.

Quanto à morfodinâmica evidente na falésia Chico Martins, ela é fortemente controlada pela ação pluvial. A reduzida cobertura vegetal facilita a ação hídrica, produzindo ravinas que atingem todas as camadas, em particular, o topo. Com isso, os sedimentos produzidos pela ação hídrica são carregados para a faixa de estirâncio. A abrasão marinha é suavizada pela existência de feições geomorfológicas a vanguarda da falésia, como ilhas e barras arenosas, configurando um ambiente transicional.

**Figura 33** - Anel de Liesegang na Formação Tibau, em Macau-RN.



Fonte: Do autor, 2020.

Em relação ao relevo do entorno da falésia Chico Martins, ele é marcado por dunas móveis nas laterais, praia lamosa a vanguarda e dunas semifixas a retaguarda. E, por fim, quanto à vegetação, a semiaridez influencia o porte vegetacional, que é herbáceo e arbustivo.

***Tipo V – Falésia Irregular (praias de Ponta Negra, Ponta do Morcego e Areia Preta, em Natal-RN)***

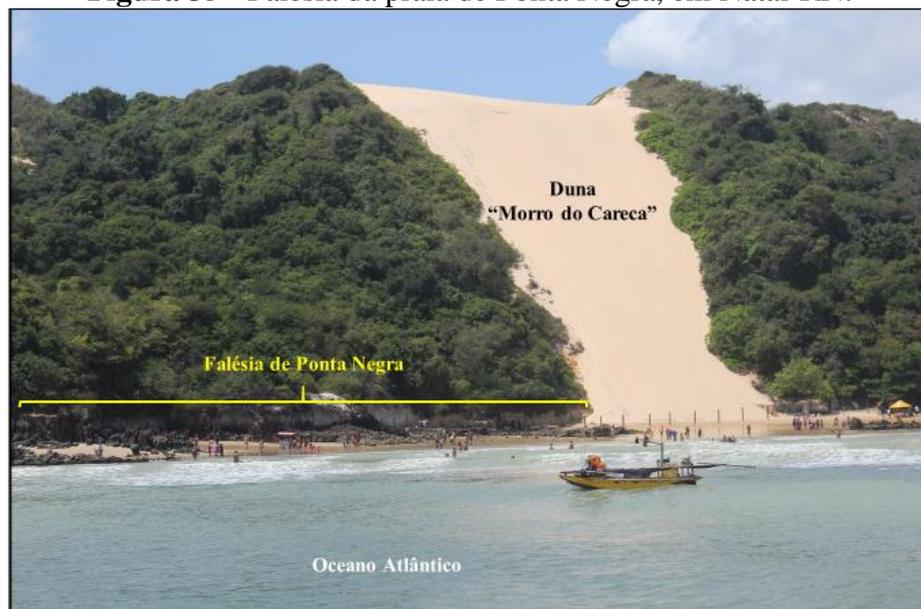
As falésias irregulares, embora sejam encontradas em outros pontos do litoral potiguar, possuem maior expressão geomorfológica em Natal. Modeladas em arenitos ferruginosos, as falésias irregulares em Natal são encontradas nas praias de Ponta Negra, Areia Preta e Ponta do Morcego (Figura 34).

**Figura 34** - Localização das falésias de Ponta Negra e Ponta do Morcego, em Natal-RN.



Em Ponta Negra, a falésia (Figura 35) é um promontório localizado no limite S de Natal e a Barreira do Inferno, uma importante Unidade de Conservação situada no município de Parnamirim. O acesso ocorre pela BR-101 e pela RN-063, nas coordenadas 5°52'59.60"S/35°9'51.45"O e 5°52'50.07"S/35°9'42.68"O. As vertentes possuem orientação NE-SW, totalizam 450 metros de extensão e alcançam altitude máxima de 3 metros.

**Figura 35** - Falésia da praia de Ponta Negra, em Natal-RN.



As escarpas são modeladas em arenitos ferruginosos, que se encontram capeados por camadas de fácies arenoargilosas com baixa concentração de ferro. Tais fácies arenoargilosas integram a Formação Barreiras, uma unidade litoestratigráfica mais antiga do que os arenitos ferruginosos. Porém, as falésias são predominantemente sustentadas, notadamente na face NW, por arenitos ferruginosos, os quais são atacados pela abrasão marinha.

Os blocos possuem dimensões variadas, não raramente com mais de 1m<sup>2</sup>, configurando a toponímia local de “Ponta Negra”, um prolongamento de coloração escura que fica evidente em contexto de baixamar (figura 36). Os efeitos da abrasão marinha na falésia de Ponta Negra também se refletem na superfície de abrasão nela existente, a qual foi originada a partir da deposição dos fragmentos de granulometria variada gerados pela ação marinha. Além disso, essa falésia exhibe feições associadas, como torres, blocos, sulcos e arcos originados pelo recuo da falésia (Figura 36).

**Figura 36** - Escarpas da falésia Ponta Negra, em Natal-RN.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

De acordo com Chacon (2013), os arenitos ferruginosos apresentam sulcos de erosão estão presentes em setores menos resistentes aos ataques meteóricos, e saliências são evidenciadas em crostas ferruginosas que resistem aos ataques meteóricos (CHACON, 2013). Entalhes verticais, “torres” e cavidades também foram elaborados pela ação intempérica sobre os arenitos ferruginosos (Figura 37).

**Figura 37** - Escarpa da falésia Ponta Negra (Natal-RN), com sulcos de erosão e cavidades.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

Outra feição de destaque associada à falésia de Ponta Negra é o arco elaborado em rocha sedimentar. Sua evolução inicia com a atuação das ondas marinhas contra a superfície rochosa, arremessando materiais abrasivos como areias, calhaus e seixos contra a vertente. Como consequência disso, pequenas cavidades são geradas, após algum tempo, em ambos os lados da base da falésia, e continuam a se expandir de acordo com a variação das marés. Assim, as cavidades evoluem e sequências de colapsos rochosos elaboram o arco por erosão regressiva, de acordo com o modelo apresentado por Bird (2000).

**Figura 38** - Aspecto de arco na falésia de Ponta Negra, Natal-RN.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

Por fim, no que diz respeito à vegetação, as vertentes da falésia de Ponta Negra não possuem cobertura vegetal nas escarpas, pois são constituídas por rochas com alta concentração de ferro, o que dificulta a formação de horizontes pedogenéticos. Com isso, apenas gramíneas e arbustos colonizam depósitos eólicos no topo e na retaguarda das escarpas.

Encaminhando-se para a falésia Ponta do Morcego, ela se encontra localizada nos limites entre a praia do Meio e a praia de Areia Preta, segundo as coordenadas  $5^{\circ}46'57.51''\text{S}$  e  $35^{\circ}11'25.81''\text{O}$ , e alcança a cota altimétrica de 5 metros. Essa falésia é um promontório ferruginoso, modelado somente em arenitos ferruginosos, e, além disso, é marcada por saliências, grutas de abrasão, feições similares a torres (Figura 39) e uma superfície erosiva formada por blocos a vanguarda da escarpa. A abrasão marinha é bastante evidente no contexto de maré alta, com forte atuação sobre as vertentes.

**Figura 39** - Aspectos das vertentes da falésia Ponta do Morcego, em Natal-RN. Feições do tipo torre (A) e grutas de abrasão (B).



Fonte: Saraiva Junior, 2021

O fato de a falésia Ponta do Morcego possuir 5 metros de altitude faz dela um registro ímpar, quando comparada a outras escarpas do estado do RN. Isso acontece porque estas são sustentadas por concreções ferruginosas que não ultrapassam 2 m de altitude.

Já sobre as falésias da praia de Areia Preta, elas são esculpidas na Formação Barreiras, com limites laterais e frontais em contato com arenitos ferruginosos (Figura 40). Essas falésias estão localizadas entre as coordenadas  $5^{\circ}51'33.74''\text{S}/35^{\circ}10'50.68''\text{O}$ , no extremo S, e  $5^{\circ}47'03.58''\text{S}/35^{\circ}11'25.13''\text{O}$ , no extremo NNW. O acesso a elas ocorre pela Avenida Senador Dinarte Mariz, a qual, situada no extremo E do sítio urbano de Natal, estende-se paralelamente à linha de costa, fazendo com que seja também conhecida como Via Costeira.

**Figura 40** - Trechos de falésias ativas com grutas de abrasão (A) e inativas com setor a vanguarda marcado por dunas frontais (B) em Areia Preta, Natal-RN.



Fonte: Saraiva Junior, 2021.

As grutas de abrasão são feições bastante presentes nas vertentes de falésias ativas adjacentes a trechos de falésias mortas, com dunas frontais incipientes colonizadas por vegetação pioneira na base, como pode ser observado nas falésias de Areia Preta (Figura 40). A pesquisa de campo realizada nas falésias dessa praia revelou que foram as estruturas artificiais (“espigões”) que possibilitaram a retenção de sedimentos a barlar das estruturas, promovendo uma engorda suave e a diminuição da abrasão marinha sobre esse trecho.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As falésias do litoral potiguar destacadas neste artigo foram divididos em 05 (cinco) tipologias, segundo os critérios geomorfológicos em: falésias de estratificação horizontal, falésias de descontinuidade estratigráfica, falésia convexa, falésia com saliência e falésia de escarpa irregular. Outras características como tipo de litologia, influência de falhas, situação morfodinâmica, influência climática e presença de cobertura vegetal, foram também destacadas.

Pela análise dos dados obtidos, foi possível identificar que a classificação das falésias pode contribuir para o aprofundamento dos dados referentes à distribuição espacial dos depósitos sedimentares, mecanismos evolutivos e gestão ambiental da zona costeira. Isso ocorre porque, a partir dessa classificação, algumas particularidades foram percebidas, como o fato de a Formação Touros ocorrer nos limites entre a Bacia Potiguar e a Bacia Pernambuco-Paraíba, podendo, portanto, estar relacionada aos grabens adjacentes ao alto estrutural de Touros.

No litoral Setentrional, as falésias modeladas na Formação Barreiras, apresentam menor expressão espacial com exceção da falésia Ponta do Mel que é afetada por neotectonismo. A Formação Tibau não possui registro de ocorrência no litoral Oriental, e a Formação Barra de Tabatinga não ocorre no litoral Setentrional. As falésias da Formação Touros são mais expressivas no limite entre o litoral setentrional e oriental.

Sobre as falésias do litoral Oriental, estas são influenciadas por um clima mais úmido e apresentam cobertura vegetal mais expressiva no topo e em algumas vertentes íngremes. Outro dado importante é que as ravinas, voçorocas e depósitos de tálus também são mais evidentes nesse segmento do litoral, que sofrem maior influência do regimes de ondas, que promovem maior dinâmica de solapamento basal e maiores ângulos de inclinação. Os dados revelaram, ainda, que as falésias modeladas em arenitos ferruginosos, parecem estar associadas a zonas afetadas por deformação estrutural e não apresentam formação de solos.

Assim, a partir de todas as falésias estudadas nesta pesquisa, pode-se afirmar que o Estado do Rio Grande do Norte não possui apenas uma paisagem costeira, mas paisagens costeiras diversas e que é necessário o aprofundamento das pesquisas para que riscos sejam minimizados.

## REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M. M. et al. **Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. Anais. Belém: SBG, 1988. 6v. v.2 p.753-760.

AMARAL, R. F. do (Org.) **Geologia e Recursos Minerais da Folha Touros SB.25-V-C-II Escala 1:100.000**. Estados do Rio Grande do Norte. / Ricardo Farias do Amaral [et al.], - Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil / Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

ANGELIM, L. A. A., MEDEIROS, V. C., NESI, J. R. 2006. Programa Geologia do Brasil – PGB. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Escala. 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2006. 1mapa color.

ARAI, M. A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP**. Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

ARAÚJO, V. D. DE, REYES-PERES, Y. A., LIMA, R. DE O., PELOSI, A. P. DE M. R., MENEZES, L., CÓRDOBA, V. C., & LIMA-FILHO, F. P. Fácies e sistema deposicional da formação barreiras na região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. **Geologia USP**. Série Científica, v. 6, n. 2, p. 43-49, 2006. <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300006>.

ARNOTT, R. D. **An introduction to coastal process and geomorphology**. New York: Cambridge University Press, 2010.

AUGUSTIN, H.C.R.C.; LOPES, M.R.; SILVA, S.M. Lateritas: um conceito ainda em construção. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, p. 241-257, 2013.

BARBOSA, N.M. **Estabilidade das falésias da Barreira do Inferno**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

BARRETO A. M. F.; BEZERRA, F. H. R.; SUGUIO. K.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; PAIVA R. P.; MUNITA, C. S. **Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications**. *Palaeogeogr, Palaeoclimatol, Palaeoecol* Elsevier, n. 179, p. 57–69. 2002.

BEZERRA, F. H. R.; AMARO, V. E. **Sensoriamento Remoto Aplicado à Neotectônica da Faixa Litorânea Oriental do Estado do Rio Grande do Norte**. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 361-369.

BEZERRA, F. H.; BARRETO, A. M. F., SUGUIO, K. Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast Brazil. **Marine Geology**, v. 196, p. 73-89, 2003.

BEZERRA, F.; MELLO, C.; SUGUIO, K. A Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. **Geologia USP. Série Científica**, v. 6, n. 2, 2006.

BIRD, E. **Coastal Cliffs: Morphology and Management**. SPRINGER, 2016.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL: Folha SD. 24/25 Jaguaribe/Natal (Levantamento de Recursos Naturais)**, v. 29, Rio de Janeiro, 1981.

CALDAS, L.H.O. STATTEGGER, K., VITAL, H. Holocene sea-level history and coastal evolution: Evidences from coastal sediments of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. **Marine Geology**. v. 228, p. 39-53, 2006.

CÂMARA, M. R. **Análise de recuo de falésias no litoral do Estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

CARNEIRO, C. D. R.; MIZUSAKI, A. M.; ALMEIDA, F. F. M. **A determinação da idade das rochas. Terræ Didática**. v. 1, n. 1, p. 6-35, 2005. Disponível em <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637442>>. Acesso em 09 de fevereiro de 2020.

CARVALHO, A. M.; CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, L. P.; CASTRO, J. W. A. **Eolianitos de Flecheiras/ Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará, Brasil Registro ímpar de um paleo-sistema eólico costeiro**. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C. R. G.; Fernandes, A. C. S.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, Brasília: CPRM, 2009.

CHACON, A. F. **Monitoramento da dinâmica costeira da Praia de Ponta Negra, Natal/RN**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CLAUDINO SALES, V. C. Os litorais cearenses. In: SILVA, J.B; DANTAS, E.W.C; CAVALCANTE, M.T. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**, Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

CÓRDOBA, V.C.; JARDIM DE SÁ, E. F.; SOUZA, D. C.; ANTUNES, A. F. Bacia de Pernambuco-Paraíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 391-403. 2007.

COSTA NETO, L. X. **Caraterização geológica, geomorfológica e oceanográfica do sistema Pisa Sisal, Galinhos/RN-Nordeste do Brasil com ênfase à erosão, ao transporte e à sedimentação**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. UFRN, 2009.

CPRM. **Mapa da Geodiversidade do Brasil**. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 68 p. CD-ROM. 2006.

DANTAS, S. T. P. L.; AMARO, V. E. Caracterização físico-química e avaliação das concentrações de elementos maiores e traços em sedimentos areno-lamosos do estuário de Diogo Lopes, litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Geologia**, Vol. 25, HIDROSEMA-UFRN, p. 101 - 114, 2012.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 17, p. 565 - 590, 2016.

DINIZ, M. T. M.; SILVA, S. D. R. O Método Indutivo e a pesquisa em Geografia: aplicação no mapeamento de unidades da Paisagem. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 54, 2018.

DINIZ, R. F. **Estudo da erosão costeira ao longo do litoral oriental do Rio Grande do Norte**. Tese de Doutorado em Geociências. Universidade Federal da Bahia, 2002.

DINIZ, R. F.; AMARAL, R. F. II. **O papel dos arenitos de praia na configuração e reconhecimento da linha de costa oriental do Rio Grande do Norte**. In: Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas. Publicação em CD Rom. São Paulo, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Recife, 2003.

DINIZ, M. T. P.; PEREIRA, H. V.C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano De Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTINI, L. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 11, p. 227-237. 1981.

EMERY, K. O. KUHN, G. G. Sea cliffs: theirs, processes, profiles, and classification. **Geological Society of America Bulletin**, v. 93, p. 644-654, 1980.

FARIA, A. P. Dinâmica geomorfológica da costa rochosa do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia (On line)**. São Paulo, v. 19, n. 1, 2018. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/718>. Acesso em 20 de março de 2020.

FERREIRA, P. M. S.; LIMA, C. U. C.; BARBOSA, L. M. **A Ação do Neotectonismo sobre o Grupo Barreiras e a conformação da Planície Costeira do Rio São Francisco no litoral sul de Alagoas**. V Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia UFSM RS, 2004.

FINKL, C. W. Coastal Classification: Systematic Approaches to Consider in the Development of a Comprehensive Scheme. **Journal of Coastal Research** 20 1 166–213 West Palm Beach, Florida Winter 2004.

FURLAN, A. A. **Falésias na Formação Barreiras: análise regional e proposta tipológica**. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2014.

G1-RN. **Parte da Pedra do Chapéu despenca na praia de Tibau**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2020/08/27/parte-da-pedra-do-chapeu-despenca-na-praia-de-tibau.ghtml>. Acesso em 09 de novembro de 2020.

G1-RN. **Idema recomenda isolamento de falésia no litoral do RN por risco de desabamento**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2021/03/29/idema-recomenda-isolamento-de-falesia-no-litoral-do-rn-por-risco-de-desabamento.ghtml>. Acesso em 10 de maio de 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. G. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In.: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 149-209, 1994.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

HILL, M. **Coasts and Coastal Management**. Hodder Murray. 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

JULIO, J.; MAGINI, C.; MAIA, L. P.; CASTRO, J. W. A. Ponta de Jericoacoara, CE - Belo promontório de rochas neoproterozoicas associadas a praias e dunas quaternárias com registros de variações do nível do mar. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; SALLUN FILHO, W.; QUEIROZ, E. T.; (EDIT.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. CPRM, 2012. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio059/sitio059.pdf>. Acesso em 17 de dezembro de 2020.

LUCENA, L. R. F. **Implicação da compartimentação estrutural no Aquífero Barreiras na área da Bacia do Rio Pirangi-RN**. Tese de Doutorado da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MAIA, R. P.; AMARAL, R. F.; GURGEL, S. P. P. Geomorfologia do Rio Grande do Norte. In: **Capítulos de Geografia do Rio Grande do Norte**. ALBANO, G. P.; FERREIRA, L.; ALVES, A. M. Natal: Fundação José Augusto, 2013.

MAIA, R. P.; AMARAL, R. F.; GURGEL, S. P. P. Geomorfologia do Rio Grande do Norte. In: **Capítulos de Geografia do Rio Grande do Norte**. ALBANO, G. P.; FERREIRA, L.; ALVES, A. M. 2ª ed. Natal: Fundação José Augusto, 2020.

MAIA, R. P.; CASTRO, H. S. Erosão diferencial e propriedades geomorfológicas das rochas – exemplos do NE Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 3, n. 1, p. 1-15, 30 jun. 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MEIRELES, A. J. A. **Geomorfologia Costeira: funções ambientais e sociais**. 1 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2014.

MELO, M. **Falésias: revisão bibliográfica e sua ocorrência no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. Anais do 14º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2013, Lima. EGAL 2013 - Artículos y ponencias, 2013.

MOURA LIMA, E. N.; SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; CASTRO, D. L.; DAMASCENA, R. V.; VIEIRA, M. M.; LEGRAND, J. M. Reativação Cenozoica do Sistema

de Falhas de Afonso Bezerra, Bacia Potiguar. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 30, n. 1, p. 77-93, 2011.

REMUS, M. V. D.; SOUZA, R. S.; CUPERTINO, J. A.; ROS, L. F.; DANI, N.; VIGNOLLELARGE, M. L. Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicadas. **Revista Brasileira de Geociências**, volume 38 (2 - suplemento), 2008.

ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. **Marine influence in the Barreiras Formation, State of Alagoas, northeastern Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 81, n. 4, p. 741-755, 2009.

SANTOS JUNIOR, O. F., COSTA, Y. D. J., CHAVES, L. F., COSTA, C. M. L. **Avaliação de Processos Erosivos de Falésias em Pirangi do Norte, Parnamirim – RN**. In: 5a Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas, 2009, São Paulo/SP. Anais V COBRAE. São Paulo: ABMS, 2009.

SANTOS, C. L. A.; VITAL, H.; AMARO, V. E.; KIKUCHY, R. K. P. **Mapeamento de recifes submersos na costa do Rio Grande do Norte, NE Brasil**: Macau a Maracajau. Revista Brasileira de Geofísica, 2007.

SARAIVA JUNIOR, J.C. **Classificação tipológica ambiental das falésias costeiras do estado do Rio Grande do Norte (RN), Nordeste do Brasil**. Natal, Tese de Doutorado em Geografia – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

SILVA, A. L. B. **Análise socioambiental da orla marítima nos municípios de Tibau e Grossos (RN)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, 2016.

SILVA, W. S.; SANTOS JUNIOR, O. F.; AMARAL, R. F.; SCUDELARI, A. C. **Erosão costeira nas falésias de Tibau do Sul-Litoral Leste do Rio Grande do Norte**. Anais do II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas, 2001.

SOUSA, D. do C. **Litoestratigrafia e deformação cenozóica na região de Icapuí, Ceará, e implicações para a estruturação de campos de petróleo na borda ocidental da Bacia Potiguar (NE do Brasil)**. Natal, Tese de Doutorado em Geodinâmica - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.

SOUTO, M. V. S. **Análise multitemporal dos elementos geambientais da dinâmica costeira da ponta do Tubarão, área de influência dos campos petrolíferos de Macau e Serra, município de Macau/RN**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN, 2004.

SUERTEGARAY, D. M. **Notas Sobre Epistemologia em Geografia**. Florianópolis: UFSC, 2005.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

SUGUIO, K.; ÂNGULO, R. J.; CARVALHO, A. M.; CORRÊA, I. C. S.; TOMAZZELLI, L. J.; WILLMOCK, J. A.; VITAL, H. Paleoníveis do mar e paleoníveis de costa. In: SOUZA,

C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**.  
Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005.

VITAL, H.; TABOSA, W. F.; SOUZA, Z. S.; FARIAS, P. C.; LIMA, Z. M. C.; ARAÚJO, P.  
C.; CÓRDOBA, V. C.; SOUSA, D. C. **Geologia e recursos minerais da folha Jandaíra  
SB.24-X-D-III: estado do Rio Grande do Norte** / Helenice Vital [et al.,] ... – Recife: CPRM,  
2013.

VITAL, H. Erosão e progradação do litoral do Rio Grande do Norte. IN: MUEHE, D. (Org.).  
**Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente., 2006.

VITAL, H.; SILVEIRA, I. M.; LIMA, Z. M. C.; TABOSA, W. F.; SILVA, A. G. A.; SOARES,  
F. E. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. In: MUEHE, D. (Org.). Ministério do Meio  
Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. Brasília: Ministério do  
Meio Ambiente. 2018, p. 289-326.

VITTE, A. C. **Os fundamentos metodológicos da geomorfologia e a sua influência no  
desenvolvimento das ciências da Terra**. In: VITTE, A.C. e GUERRA, A.J.T. (orgs.)  
Reflexões sobre a geografia física no Brasil. RJ: Bertrand Brasil, 2007.