



Programa Estratégico
de Estruturas Artificiais
Marinhas da Paraíba

Nota Técnica 05

Falésias de Conde – PB

Diagnóstico dos processos erosivos e riscos associados na falésia da praia de Carapibus

Fevereiro de 2026

EQUIPE AUTENTICADORA

Prof. Rubson Pinheiro Maia
Geógrafo, Dr. em Geodinâmica e Geofísica

Prof. Larissa Fernandes de Lavor
Geógrafa, Dra. em Geociências

Prof. Alexandre dos Santos Souza
Geógrafo, Dr. Geografia

Prof. Vinícius Ferreira Lima
Geógrafo, Dr. em Geografia

Prof. Rodolfo José Angulo
Geólogo, Dr. em Geociências

Prof. Cláudio Dybas da Natividade
Biólogo, Dr. em Ecologia e Conservação

Carlos Alberto Cavalcanti Soares
Gestor Ambiental, Esp. Geotecnologias e SIG

Gabriel Sereneski Rocha *Geólogo,*
Msc. em Geologia

MAPAS TEMÁTICOS E ANÁLISES MÉTRICAS ESPACIAIS

Prof. Rubson Pinheiro Maia
Carlos Alberto Cavalcanti Soares
Profa. Larissa Fernandes de Lavor

AEROLEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS AÉREAS

Prof. Rubson Pinheiro Maia
Gabriel Sereneski Rocha

FIGURAS

Prof. Rubson Pinheiro Maia
Prof. Alexandre dos Santos Souza

COLABORAÇÃO TÉCNICA

Ana Luiza Epifanio de Souza
Msc. em Ecologia

Prof. Bráulio Almeida Santos
Biólogo, Dr. em Ciências

Gustavo César Ojeda Baez
Sociólogo, Dr. em Ciências Sociais

Ricardo Lira Pereira
Técnico em Agrimensura

Profa. Christianne Maria Moura
Geógrafa, Dra. Em Geociências

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	8
4. RESULTADOS	10
4.1. USO E OCUPAÇÃO	10
4.2. CARACTERIZAÇÃO INTEGRADA DO CLIMA DE ONDAS E HIDRODINÂMICA COSTEIRA	12
4.3. PROCESSOS EROSIVOS:	12
4.3.1. Controles estruturais	16
4.3.2. Empilhamento Estratigráfico	17
4.3.3. Resistência à compressão uniaxial	19
4.3.4. Tipologia de erosão.....	21
4.3.5. Classificação de Risco.....	23
5. RECOMENDAÇÕES	25
6. CONCLUSÃO	27
7. REFERÊNCIAS	28
ANEXOS	31

RESUMO

A Nota Técnica PREAMAR nº 05 apresenta o diagnóstico técnico dos processos erosivos e dos riscos geológicos associados às falésias do município de Conde, Paraíba. A análise baseia-se na avaliação da evolução morfológica das escarpas da Formação Barreiras, atualmente em estágio de erosão ativa, sob condicionantes naturais e intensa pressão antrópica. A metodologia adotada apresenta elevado rigor técnico e caráter interdisciplinar, integrando aerofotogrametria com drones, modelos digitais de alta resolução, escaneamento a laser, ensaios geomecânicos de compressão uniaxial por esclerometria e descrição estratigráfica. A quantificação da retrogradação da linha de costa entre 1969 e 2026 foi realizada com o Digital Shoreline Analysis System (DSAS), indicando taxas médias predominantes de recuo da ordem de 0,2 a 0,4 m/ano e perda areal estimada em aproximadamente 10.210 m². Os resultados demonstram que a elevada vulnerabilidade geológica das falésias decorre da baixa coesão dos sedimentos da Formação Barreiras, associados a diagênese e laterização incipientes, e a controles estruturais, especialmente sistemas de fraturas verticais, que favorecem mecanismos de instabilidade gravitacional, autocolapso e queda de blocos. Esse quadro é intensificado pela dinâmica marinha, caracterizada pelo impacto direto das ondas na base das escarpas, com remoção do tálus e manutenção de faces íngremes e instáveis, e pela ocupação irregular do topo das falésias, que introduz sobrecarga e drenagens pluviais inadequadas, intensificando processos erosivos internos. O diagnóstico indica a presença de estruturas inseridas em áreas de risco geológico elevado, com potencial iminente de colapso. Como medidas mitigadoras prioritárias, recomendam-se a delimitação de faixa de segurança mínima de 10 m a partir da borda da falésia, a adequação dos sistemas de drenagem pluvial e a implantação de sinalização de alerta. Conclui-se que a mitigação dos riscos exige gestão integrada baseada em critérios técnicos, compatibilizando o uso e ocupação do solo com a dinâmica natural de retrocesso costeiro.

Palavra-Chave: Falésias costeiras; erosão costeira; risco geológico; erodibilidade; litoral de Conde-PB.

1. INTRODUÇÃO

Falésias são escarpamentos costeiros que possuem como atributo geomórfico comum a mudança abrupta na altitude. Sua formação resulta da ação combinada das ondas, chuvas, fluxo de água subterrânea, geometria da praia, tectônica e litologia (YOUNG; CARILLI, 2019; FURLAN, 2014; LEE, 2008; MASSELINK). Estão presentes em cerca da metade das costas mundiais e são importantes não apenas para fornecer sedimentos para as zonas de praia, mas também para o equilíbrio do habitat de plantas e animais (NAYLOR *et al.*, 2012; YOUNG; CARILLI, 2019). No Nordeste brasileiro, essas morfologias estão geralmente associadas às deposições sedimentares cenozoicas que sustentam os Tabuleiros Costeiros (Formação Barreiras e pós-barreiras), cuja evolução é atribuída às flutuações eustáticas (MEIRELES, 2014; MAIA *et al.*, 2022) e aos reajustes crustais pós-miocênicos (MAIA; BEZERRA, 2014; FURLAN, 2014; PEULVAST; GONZÁLEZ; LIMA, 2021).

Nesta Nota Técnica apresenta-se um diagnóstico dos intensos processos erosivos atualmente observados nas falésias de Carapibus, no município de Conde (PB). O trabalho tem como objetivo subsidiar a tomada de decisão acerca da dinâmica erosiva e dos riscos associados às falésias de Conde, com base em evidências científicas e diagnósticos geomecânicos. A elaboração deste documento atende à demanda apresentada pela Prefeitura Municipal de Conde, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMAM), no âmbito do Painel Científico do PREAMAR, instituído pelo Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), conforme estabelecido em sua cláusula segunda, decorrente do Inquérito Civil nº 1.24.000.000504/2023-37. Ao reunir métodos interdisciplinares, busca-se contribuir para uma leitura integrada da instabilidade das escarpas frente à ocupação urbana e à dinâmica costeira. A análise destaca a urgência de medidas mitigadoras e de manejo técnico para salvaguardar a integridade física de residentes e transeuntes diante do risco iminente de autocolapso gravitacional na zona de falésias.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.

A área corresponde a uma enseada de 800 metros de extensão de praias estreitas, sem berma e sem vegetação de restinga (figura 01). Ao longo de toda a enseada, formam-se falésias escarpadas com altitudes variando de 12 a 20 metros.

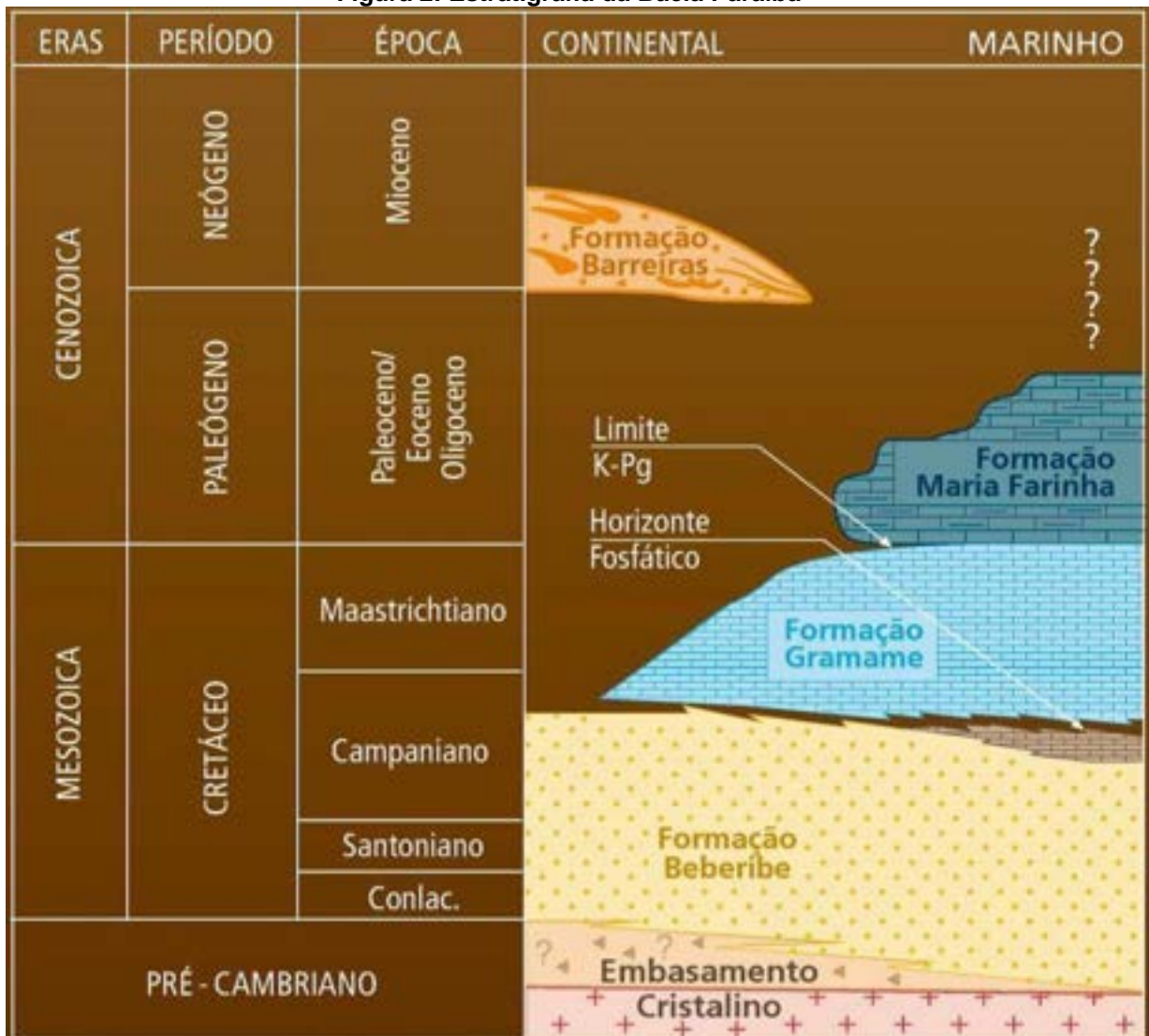
Figura 1: Localização da área de estudo (Enseada de Conde – Paraíba). A: Representa a localização da área no globo. B: Ortomosaico feito com aerofotogrametria mostra a enseada disposta na direção S-N. C: Fotografia oblíqua da área de estudo mostra as falésias, assim como diversas ocupações em sua borda escarpada.



Fonte: PREAMAR (2026)

A área de estudo encontra-se inserida na Bacia Paraíba. A seção aflorante que origina as falésias ocorre na unidade superior denominada Formação Barreiras (Figura 02). A Formação Barreiras estende-se do Rio de Janeiro até o estado do Amapá (ARAI, 2006) recobrimdo o embasamento e os depósitos sedimentares mesozóicos das bacias costeiras.

Figura 2: Estratigrafia da Bacia Paraíba



Fonte: BARBOSA *et al.* (2003)

O termo “Barreiras” foi usado inicialmente por Branner, em 1902, quando se referiu às rochas sedimentares que ocorrem de forma contínua por quase toda faixa costeira brasileira (MABESOONE, 1971) na sua maioria na forma de falésias. Esses depósitos foram interpretados classicamente como extensos glaciais pré-litorâneos de origem continental e atualmente têm sido alvo de muitas discussões acerca de seu ambiente deposicional, idades e caracterização morfológica (MAIA *et al.*, 2022).

Do ponto de vista climático, o município de Conde possui os maiores índices pluviométricos estendendo-se de fevereiro a agosto, ocorrendo em seguida um período seco. De acordo com a classificação realizada por Silva (2007), para o estado da Paraíba, o Conde encontra-se inserido na microrregião do Litoral, cuja pré-estação chuvosa ocorre nos meses de fevereiro, março e abril, com variação

pluviométrica de 450mm - 175,3mm e na estação chuvosa, ocorrendo nos meses de maio, junho, julho e agosto, cuja pluviosidade pode variar de 765,8mm - 285,3mm.

Os ventos são controlados pelo movimento da ZCIT, o que faz com que os alísios de sudeste sejam mais intensos quando essa zona se posiciona a norte, durante os meses de agosto a outubro, e diminuem progressivamente com o deslocamento da ZCIT em direção ao equador, atingindo valores mínimos anuais entre março e abril (PEREIRA, 2018).

A região caracteriza-se por um regime de ventos relativamente estável, no qual a velocidade e as direções apresentam pouca variabilidade ao longo do ano. Os ventos sopram preferencialmente do quadrante leste-sul, com direções dominantes de incidência de S (35,60%), SE (21,02%) e ESE (11,42%). A velocidade média horária varia entre 0,28 m/s e 6,11 m/s. As maiores frequências de ocorrência concentram-se na faixa de velocidades entre 10 e 15 m/s, predominantemente associadas à direção ESE (SILVA, 2018).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Em campo, realizou-se um levantamento aerofotogramétrico com um drone DJI Mavic 3 Pro, equipado com câmera de 24 mm e 20 MP. O procedimento seguiu o protocolo de aquisição fotogramétrica, adaptado ao contexto da falésia (com fotos em Nadir, a 45° e a 0°). Em todos os intervalos angulares, foi aplicada uma sobreposição frontal e lateral de 80%. Os dados foram processados no software Agisoft Metashape, via algoritmo *Structure from Motion* (SfM), permitindo a criação de um modelo detalhado (18,1 pontos/m²) das características morfológicas e texturais das escarpas.

Foram realizados testes não destrutivos para determinação da dureza de superfícies rochosas (falésia e enrocamento), utilizando-se um esclerômetro (*Schmidt Hammer*) MKT-1015, modelo padrão Tipo N, com energia de impacto de 2,207 Nm (ou 2,207 J) e capacidade de medição de resistência à compressão entre 10 e 70 N/mm² (MPa). Os resultados dos ensaios geomecânicos são expressos pelo valor de rebote (R), um índice adimensional que quantifica a dureza superficial da rocha em resposta ao impacto do pistão.

Do ponto de vista morfoestrutural, foi feita uma classificação com base na morfologia da falésia conforme Maia *et al.* (2024), e uma descrição dos aspectos

morfológicos e estruturais como níveis lateríticos e planos de fraturas expostos. Nessa descrição, foram identificados conjuntos de fraturas verticais que foram agrupadas para correlação entre processos erosivos. Foram identificadas, a partir de inspeção visual direta, cicatrizes de colapso gravitacional recentes, com seus respectivos depósitos de tálus. Outros processos associados a tombamento e colapso de blocos também foram identificados e descritos.

O mapeamento da zona de retração foi elaborado com base no sistema Digital Shoreline Analysis System (DSAS), desenvolvido pelo United States Geological Survey (USGS), amplamente reconhecido como padrão internacional para análises de variação costeira. Foi realizada análise espacial baseada em transectos perpendiculares à uma linha de referência (*baseline*), posicionada à 40 metros leste da linha de topo de falésia de 2026. A *baseline* foi definida a partir da linha do topo da falésia de 1969, deslocada 40 m em direção ao mar, funcionando exclusivamente como referência geométrica para a geração e padronização dos transectos. O recuo da falésia foi calculado apenas pelas distâncias entre as posições históricas do topo da falésia ao longo dos transectos, sem influência direta da *baseline*. Esse método permitiu quantificar a retrogradação da falésia de Conde, entre 1969 e 2026, e estimar gradualmente os pontos mais suscetíveis à erosão ou que recuou mais ao longo do tempo analisado.

Nos cálculos foram utilizadas quatro linhas vetoriais representando o topo da falésia nos anos de 1969, 2006, 2025 e 2026, organizadas em um único shapefile do tipo *MultiLineString*, com atributo identificador do ano. Todas as camadas foram verificadas quanto à consistência geométrica (geometrias vazias/inválidas) e confirmadas em sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM zona 25S (EPSG:31985), garantindo que os cálculos de distância fossem realizados em metros. Como produto cartográfico utilizou-se: (a) fotografia aérea de 1969 da FAB, imagens planialtimétricas de 2006 da SPU, e imagens de drones de 2025 e 2026 do PREAMAR.

A partir da *baseline* posicionada no mar, foram gerados transectos perpendiculares com espaçamento regular de 25 m, cobrindo toda a extensão do trecho analisado. O espaçamento de 25 m foi adotado por equilibrar representatividade espacial e viabilidade de conferência e ajustes manuais em escala de diagnóstico. Para cada transecto calculou-se as distâncias lineares entre o ponto de origem do transecto na *baseline* e a interseção com cada linha anual do

topo da falésia (1969, 2006, 2025 e 2026). Os resultados foram sintetizados por estatísticas descritivas (mínimo, máximo, média, mediana, desvio padrão e quartis) do recuo no período 1969 e 2026, além de classificação temática por classes de magnitude para suporte à interpretação e comunicação do diagnóstico.

4. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho são apresentados em tópicos temáticos, abordando separadamente os condicionantes morfoestruturais que influenciam os padrões de erodibilidade das falésias. Ao final, apresenta-se uma lista de recomendações possíveis, considerando o contexto natural de evolução da área.

4.1. USO E OCUPAÇÃO

Com o crescimento urbano dos municípios costeiros da Paraíba, o município de Conde, especificamente, atravessa hoje uma reconfiguração resultante do processo de conurbação com a Região Metropolitana de João Pessoa e a intensa expansão do setor imobiliário de veraneio. O crescimento demográfico do município apresentou uma aceleração de 29% entre 2010 e 2022, superando a média estadual. Esse fluxo, com projeção superior a 30 mil habitantes para 2026 (IBGE, 2022), decorre da migração intraurbana na Região Metropolitana e da consolidação do município como vetor de expansão imobiliária. Tal conjuntura promove o aumento da pressão sobre os meios biótico e abiótico, exigindo que o planejamento considere a proteção integral, o uso sustentável, a suscetibilidade e vulnerabilidade da zona costeira frente à urbanização dispersa. Observou-se que, na praia de Carapibus, as edificações não obedeceram ao recuo estabelecido na legislação em relação à linha de falésia, encontrando-se atualmente instáveis e com risco iminente de colapso (Figura 03).

Figura 3: A: Estruturas de concreto colapsadas na praia e B: Calçada projetada sobre a linha da falésia prestes a colapsar.



Fonte: PREAMAR (2026)

O descumprimento do recuo mínimo, fundamentado na Resolução CONAMA nº 303/2002 (Art. 3º, IX), Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. (Art. 4º, VIII) e no Plano Diretor Municipal, agrava a vulnerabilidade das edificações em Carapibus, uma vez que a ocupação da faixa de Área de Preservação Permanente (APP) de 100 metros a partir da borda da falésia ignora a dinâmica natural de retrocesso da costa e a instabilidade geomecânica da Formação Barreiras.

Atualmente, verifica-se uma expressiva deposição de resíduos de construção civil na base da falésia, provenientes do colapso parcial de edificações situadas no topo da escarpa. A presença desse material constitui um indicador crítico de risco, alertando não apenas para o perigo aos transeuntes na praia, mas também para a instabilidade severa do topo da falésia. O trânsito de pessoas e a permanência nessas bordas são atividades de alto risco, uma vez que a sobrecarga e a vibração em áreas já fragilizadas podem deflagrar novos processos de ruptura e queda de blocos.

4.2. CARACTERIZAÇÃO INTEGRADA DO CLIMA DE ONDAS E HIDRODINÂMICA COSTEIRA

O clima de ondas em Carapibus é dominado por direções E e ESE, com Hs médio em torno de 2,5 m e período próximo de 9,4 s. O cordão recifal exerce forte controle hidrodinâmico, promovendo refração, difração e dissipação da energia incidente. Observa-se marcada variabilidade sazonal, com predominância de E/ESE ao longo do ano e alturas geralmente entre 0,29 m e 1,4 m.

As simulações indicam que o recife redistribui espacialmente a energia das ondas, formando zonas de sombra junto à costa e setores de intensificação associados às aberturas recifais. Nessas janelas ocorre focalização energética e aumento local de Hs, estabelecendo fortes gradientes laterais de energia.

O padrão de correntes é coerente com essa configuração, com predomínio longitudinal e aceleração nas aberturas, que atuam como corredores hidrodinâmicos e intensificam o transporte sedimentar. Assim, áreas sob sombra recifal são mais estáveis, enquanto os setores alinhados às aberturas apresentam maior suscetibilidade à erosão e à reorganização morfodinâmica.

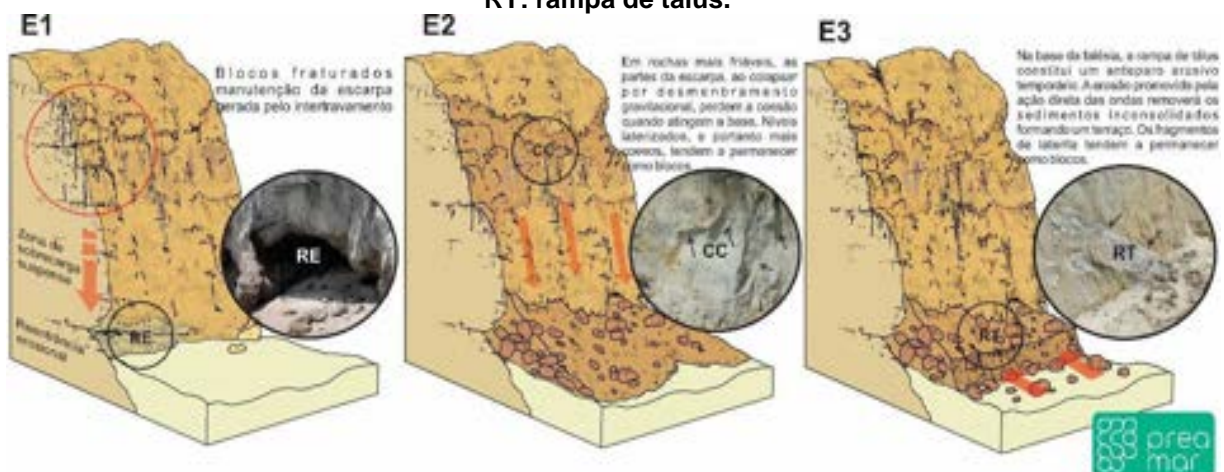
4.3. PROCESSOS EROSIVOS:

O potencial erosivo e a intensidade com que se manifesta derivam de variáveis como: (i) a intensidade e a duração das chuvas; (ii) as características topográficas do terreno, em especial a declividade; (iii) as condições geológico-geomorfológicas; (iv) o tipo de solo; (v) o recobrimento vegetacional; e (vi) o uso e a cobertura do solo. Os atributos de maior influência na erosão estão relacionados à resistência exercida pelo tipo de substrato (solo e/ou rocha) à ação erosiva promovida pela água e/ou vento, à capacidade do substrato em resistir à capacidade de infiltração da água no substrato, ao arranque e arrasto de partículas, além da quantidade e do tipo do recobrimento vegetal (AHMED, 2009). Os processos erosivos que caracterizam uma falésia podem ser entendidos a partir de 2 (duas) variáveis: tipo de processo e taxa de recorrência.

Processos abruptos associados a queda de blocos tendem a originar feições mais íngremes, principalmente nos casos em que a taxa de recorrência é elevada.

No caso dos colapsos de blocos, aplica-se o conceito de queda gravitacional, que consiste em um típico movimento de massa em que um ou mais blocos desconexos do maciço rochoso, se precipitam ao longo de um declive por queda livre, saltação ou rolamento (YILMAZ *et al.*, 2008). Brunsden e Prior (1984) definem a queda de blocos rochosos como todo movimento de material por meio de queda livre abrupta, em encostas muito íngremes e precipícios, em que o material é desprendido sob a forma de blocos. Trata-se de um dos movimentos de massa mais rápidos, onde a velocidade pode variar de poucos metros por segundo até cerca de 30 m/s (VARNES, 1984; PEILA e RONCO, 2009). Conforme Frattini *et al.* (2008), essa alta velocidade é a característica principal que diferencia a queda de blocos dos outros movimentos de massa (Figura 04).

Figura 4: Processo erosivo caracterizado por colapso parcial da escarpa, formação de uma rampa de talús e formação de um terraço. RE: reentrância erosional; CC: cicatriz de colapso; RT: rampa de talús.



Fonte: PREAMAR (2026)

As causas de quedas de blocos são diversas, e não estão necessariamente relacionadas a períodos de chuva. Assim, torna-se difícil a previsão da deflagração do processo, no qual a movimentação do bloco depende basicamente de sua geometria e da configuração da encosta (PROJETO GIDES, 2018). Já nos casos de Falésias modeladas pela ação do escoamento superficial, as feições erosionais e seus depósitos associados, criam um perfil topográfico mais rampeado tornando a falésia menos íngreme. Nesses casos, a previsibilidade da ocorrência de movimentos de massa é mais factível, uma vez que o meio deflagrador está diretamente associado às precipitações que, mesmo no litoral, costumam acontecer em período predefinido. A figura 05 mostra exemplo de uma falésia com obras

rígidas na base e mesmo assim, exibindo feições de erosão recentes na escarpa. As cicatrizes de erosão recentes indicam que falésias com anteparos erosionais na base permanecem sujeitas a autocolapso parcial da escarpa, corroborando Maia *et al.* (2025) e Souza (2022).

Figura 5: Falésia com anteparo erosional na base formado por blocos de granito e base concretada.



Fonte: PREAMAR (2026)

O grau de diagênese da Formação Barreiras condiciona comportamento frágil, favorecendo colapsos gravitacionais em escarpas íngremes, nos quais o peso próprio gera tensões cisalhantes críticas, resultando em fraturamento paralelo, tombamento de colunas ou colapso direto (Maia *et al.*, 2022), com formação de rampas de tálus.

Nas falésias de Conde predominam quedas de placas de escamação e de blocos, sendo secundários anfiteatros e voçorocas. Observa-se redução da cobertura vegetal na borda das falésias nas últimas décadas (Figura 06), sem efeito estabilizador comprovado, podendo ser removida conjuntamente aos processos erosivos naturais, como observado em Pipa (RN), em 2024.

Figura 6: Comparativo entre 2011 e 2026 da Falésia de Conde – PB. No detalhe C1 e C2 observa-se uma reentrância erosional ampliando-se a partir de uma base de rochas fraturadas (Detalhe B) Essa situação é bastante comum na área, onde fraturas levam a formação de reentrâncias e estas ao colapso da escarpa.

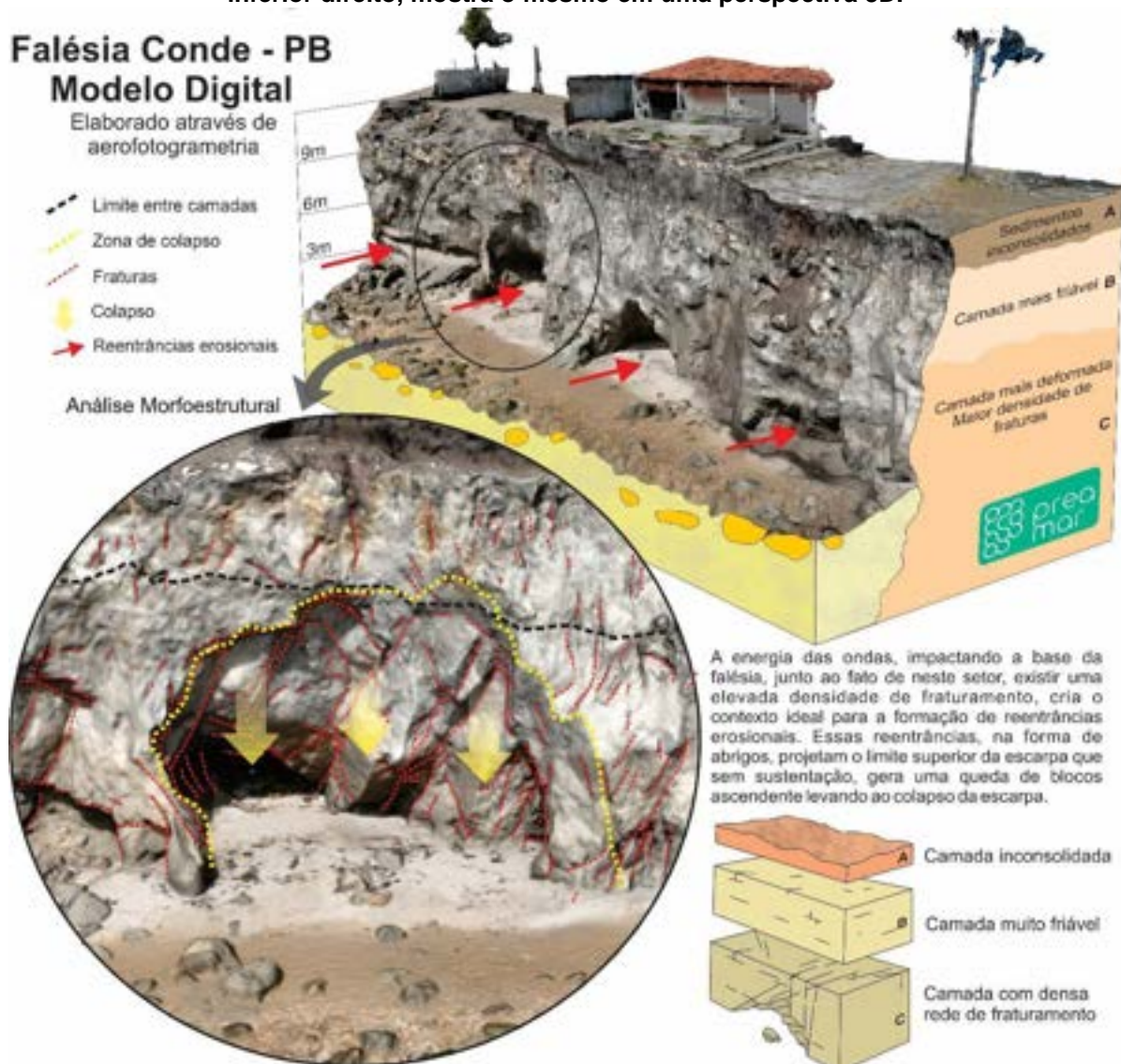


Fonte: PREAMAR (2026)

4.3.1. Controles estruturais

Características como o grau de diagênese da rocha, nível de estratificação, diferenciação de fácies, e densidade e distribuição do fraturamento são em conjunto, condicionantes estruturais que podem condicionar a disposição da escarpa, assim como definir o padrão de evolução através da erosão (figura 07). Foi observado que na área de estudo, a base da falésia, até uma altura aproximada entre 4 e 5 metros, tem-se uma fácies de cor cinza claro, composta por areia média e grânulos dispersos sem uma estratificação aparente.

Figura 7: Bloco Diagrama elaborado a partir de modelo digital de falésia. O bloco diagrama mostra a as reentrâncias erosionais na base da falésia. A área em zoom, representada pelo círculo, mostra a densidade de fraturamento ao longo dos estratos. O detalhe no canto inferior direito, mostra o mesmo em uma perspectiva 3D.



Fonte: PREAMAR (2026)

Nesse setor, concentra-se a maior deformação rúptil, com muitos *sets* paralelos de fraturas. Na sua maioria, fraturas verticais associadas a tensão gerada pelo peso das rochas expostas no escarpamento. Essa tensão, gerada pela gravidade, é responsável pelo fraturamento e queda de blocos.

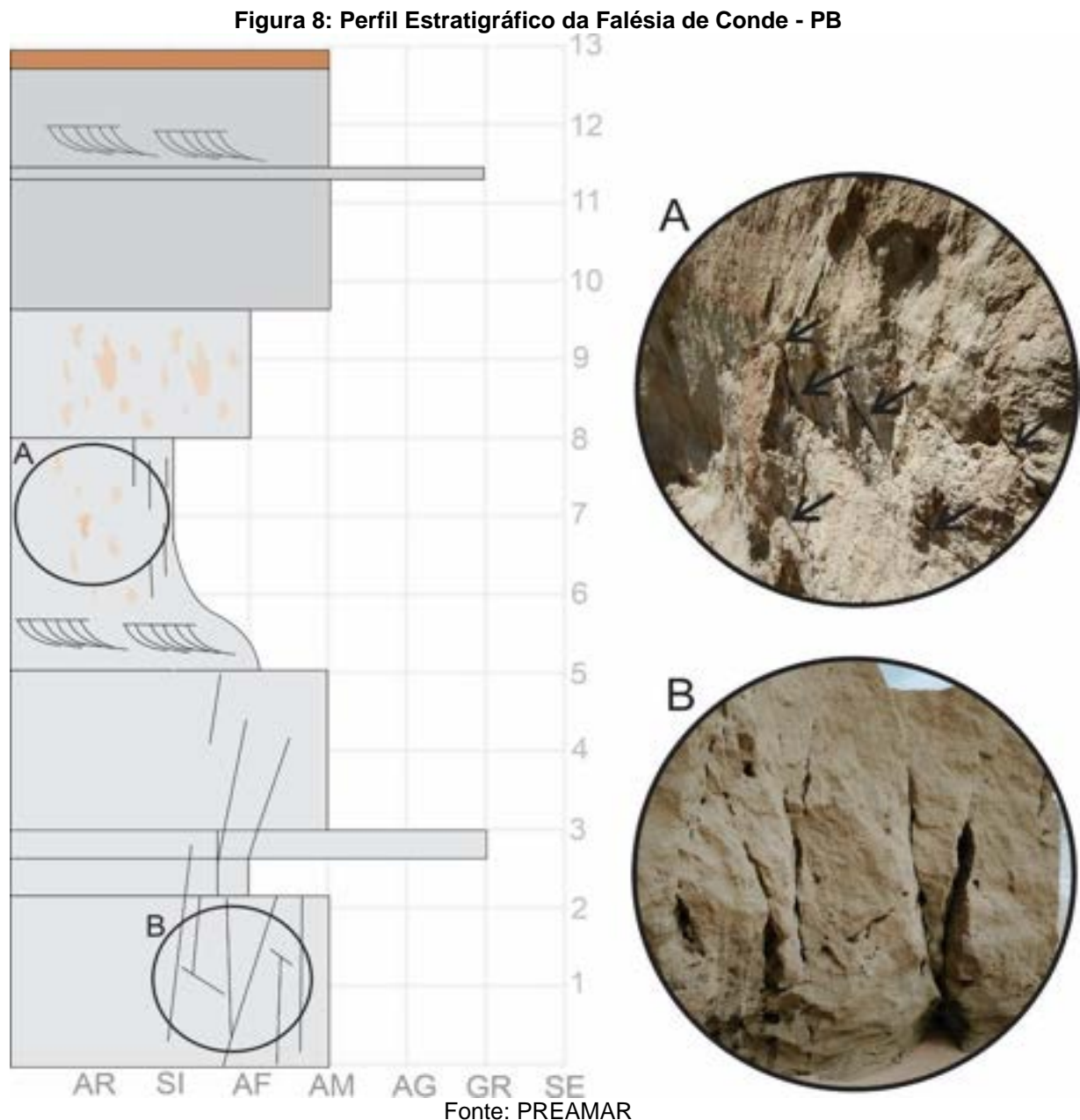
A conjugação de *sets* de fraturas favorece a formação de zonas de alta permeabilidade, configurando corredores verticais de infiltração. A maior circulação de fluidos ao longo dessas fraturas contribui para a diminuição da coesão da rocha, auxiliando o intemperismo nos planos de fraturas. Isso também viabiliza o desenvolvimento de raízes que, por sua vez, intensificam o desprendimento e colapso de blocos. Isso porque a permeabilidade do solo arenoso e a existência de fraturamentos na rocha contribuem para o aumento do peso na borda da escarpa, o que eleva o fator de ruptura do material. Ao mesmo tempo, a percolação da água nas fraturas dissolve os cimentos que ligam os grãos da rocha e aumenta a lubrificação das descontinuidades internas, promovendo a decomposição química das rochas.

4.3.2. Empilhamento Estratigráfico

Na seção estratigráfica 02 (coordenadas 267075,59 m O e 9330142,29 m S) da Falésia de Conde (figura 08) foram descritos 13 metros de empilhamento vertical, verificados *in situ* por rapel. O pacote sedimentar apresenta baixo grau de laterização na maioria dos níveis descritos, cujas características encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 – Seções estratigráficas da Falésia de Carapibus, Conde – PB.

Posição Estratigráfica	Descrição Litológica e Estrutural
Camada 6 (Topo)	Coloração amarelada com mosqueados em tons alaranjados, com aumento na quantidade de grânulos dispersos e níveis de quartzo e feldspato; clastos variando entre 1 e 3 cm no eixo maior.
Camada 5	Arenito de textura média, com estratificação cruzada incipiente, clastos de quartzo e feldspato e matriz diagenética.
Camada 4	Pacotes muito maciços, sem estratificação aparente, com baixo grau diagenético e evidências de formação de lateritas, o que dificultou a descrição detalhada.
Camada 3	Arenito de textura média, com clastos de feldspato dispersos em matriz lamosa.
Camada 2	Matriz arenosa com grânulos, apresentando grandocrescência ascendente.
Camada 1	Arenito de textura média, com grânulos dispersos e matriz lamosa.
Base	Presença de pequena rampa de material coluvial (tálus).



Observou-se que as unidades 2 e, sobretudo, 3 concentram a maior densidade de fraturas. Na unidade 1, a figura 08 (ampliação A) demonstra fraturas sob a forma de deslocamentos em fase pré-colapso; já em B, sets de fraturas paralelas rompem a totalidade da camada sedimentar. A presença dessas camadas mais rúpteis na base gera instabilidade, uma vez que as fraturas conectadas ampliam a rede de permeabilidade interna. Esse cenário favorece a formação de reentrâncias erosivas na base das falésias, as quais atuam como o mecanismo deflagrador do processo de autocolapso da escarpa.

4.3.3. Resistência à compressão uniaxial

Foram realizadas leituras com esclerômetro tipo S para avaliar o grau de coesão e resistência da rocha. Entretanto, a faixa operacional do equipamento (10–70 MPa) não registrou valores mensuráveis, em razão da baixa coesão e do elevado grau de friabilidade do material. Mesmo em zonas mosqueadas por óxidos de ferro, as leituras foram nulas, indicando que a laterização incipiente não é suficiente para promover coesão entre os grânulos. Esse comportamento resulta em falésias submetidas à deflação por corrosão, associada ao impacto e ao atrito de partículas transportadas pelo vento (erosão eólica).

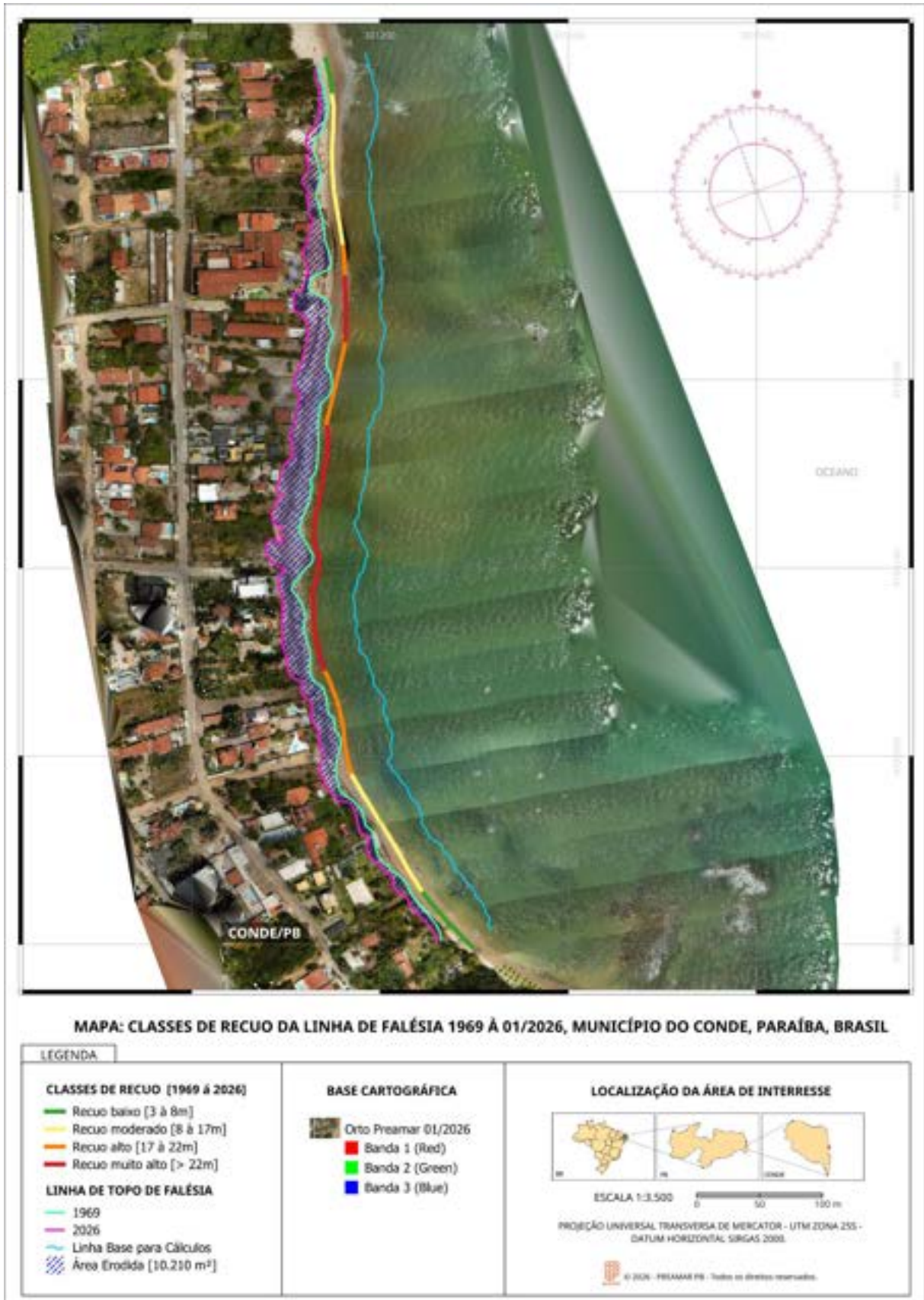
Os baixos valores observados refletem diagênese incipiente e laterização parcial, favorecendo o fraturamento e o colapso gravitacional da escarpa. Na porção superior da falésia, a inconsolidação dos sedimentos inviabilizou as medições, condição comum em escarpamentos íngremes, nos quais o peso próprio conduz ao desmembramento estrutural. Esses processos estão condicionados principalmente pelo baixo grau de diagênese e pela elevada taxa de retração da falésia.

Essa fragilidade estrutural é corroborada pela análise geoespacial multitemporal (1969–2026), que indica recuo progressivo da linha de costa, com perda areal estimada em aproximadamente 10.210 m² (Figura 09). Os dados quantificam a dinâmica de retração da escarpa, evidenciando que a baixa competência mecânica do substrato, associada aos processos de autocolapso, resulta em taxas de erosão elevadas ao longo das últimas décadas.

Apesar da elevada erodibilidade da falésia de Carapibus, o recuo do topo não é homogêneo, ocorrendo setores relativamente estáveis e trechos com maior intensidade erosiva (figura A1 em anexo). As taxas médias anuais, calculadas para um período de 57 anos, situam-se predominantemente entre 0,2 e 0,4 m/ano, com valores superiores em setores mais suscetíveis. Embora moderadas quando analisadas isoladamente, essas taxas acumulam deslocamentos expressivos do topo da falésia ao longo do tempo, com potencial impacto direto sobre áreas ocupadas próximas à borda.

Mesmo em escarpas desenvolvidas em rochas de baixo grau de diagênese, como as fácies da Formação Barreiras e os sedimentos pós-Barreiras da praia de Carapibus, a escarpa pode manter-se íngreme sob condições de elevada erodibilidade basal.

Figura 9 Mapeamento da zona de retração da falésia na Enseada de Carapibus entre 1969 e 2026



Fonte: PREAMAR (2026)

4.3.4. Tipologia de erosão

Os processos erosivos que ocorrem na área são sobretudo por colapso resultante do desprendimento parcial da escarpa (Figura 10). Isso acontece a partir do fraturamento vertical e desprendimento de parte da escarpa por deslocamento. Com a retrogradação lateral da escarpa, esta mantém seu gradiente topográfico elevado.

Figura 10: Principais elementos que influenciam a tipologia de erosão em Carapibus – Conde – PB. 1. Blocos na forma de Tálus, 2. Reentrâncias erosionais. 3. Superfícies de deslocamento. 4. Superfícies de deflação.



Fonte: PREAMAR

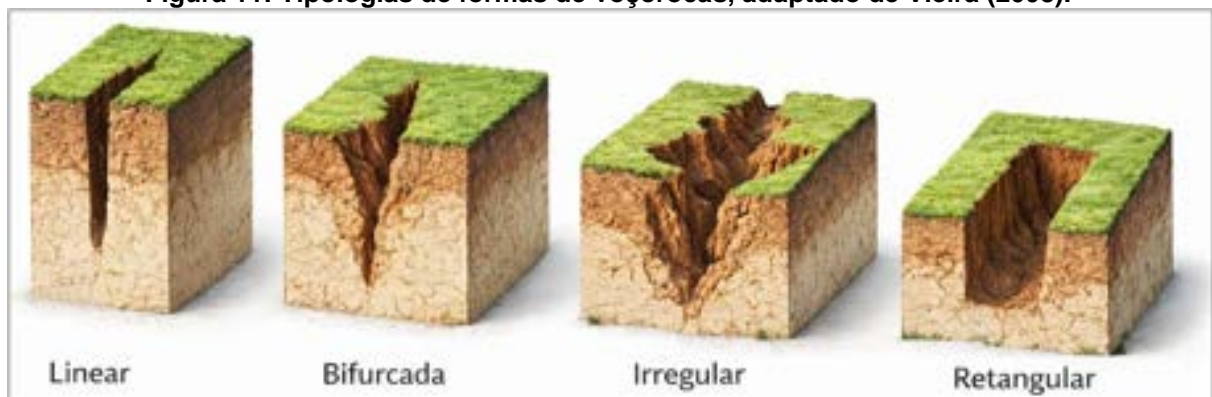
Em casos de praias estreitas e ausência de faixa de berma, na maré alta, o impacto direto das ondas na base da falésia cria as condições necessárias para a manutenção da escarpa íngreme, como é o caso da praia de Carapibus. Isso se deve a dois fatores, e ambos conduzem ao colapso gravitacional da escarpa. O primeiro resulta da formação de reentrâncias erosionais na base da falésia, como resultado da ação direta das ondas, e o segundo, pela remoção constante da rampa de tálus, que se forma como resultado do colapso gravitacional da escarpa.

Essa erosão da base da escarpa remove constantemente o anteparo natural representado pelos depósitos de tálus. Isso faz com que a escarpa fique completamente exposta e, assim, submeta-se aos efeitos do desmembramento,

levando a processos do tipo deslocamento, queda de blocos e tombamento. Nesse contexto de retração constante e remoção de depósitos de tálus, as condições para a erosão por colapso são mantidas, o que ocorre em velocidade superior ao ravinamento e formação de voçorocas. Isso porque o nível de laterização, embora incipiente, é suficiente para a manutenção da escarpa. Contudo, é preciso destacar que tal constatação requer uma velocidade de retração elevada, para que o ravinamento não tenha tempo de formar feições erosivas do tipo voçorocas, como constatado em falésias mais estáveis.

Voçorocas são feições erosivas, geralmente associadas a solos ou a sedimentos incoesos onde a saturação dos mesmos, pelo escoamento superficial, leva a remoção de materiais formando assim, feições erosivas ativas, que passam a canalizar as águas pluviais. Em um curto intervalo de tempo, as voçorocas podem remover grandes volumes de solo ou sedimentos na forma de um canal estreito (POESEN *et al.*, 2011). Além disso, são canais com vazão efêmera, com presença de escoamento durante e imediatamente após eventos de chuva devido ao escoamento superficial e/ou subsuperficial via drenagem. Segundo Vieira (2008) podem ter as seguintes formas (Figura 11):

Figura 11: Tipologias de formas de voçorocas, adaptado de Vieira (2008).



Fonte: PREAMAR

Nos casos em que a voçoroca se situa em áreas com elevado declive, o potencial erosivo aumenta uma vez que a competência erosional das correntes fluviais é diretamente proporcional à declividade da escarpa. Foram observadas voçorocas pontualmente ao longo das falésias sendo recomendável que as drenagens pluviais não sejam direcionadas no sentido da voçoroca uma vez que o escoamento concentrado pode intensificar o processo.

4.3.5. Classificação de Risco

A definição do risco baseou-se nos princípios do Projeto GIDES (2018), adaptados ao contexto das falésias costeiras e às especificidades de seus processos erosivos, usos e relevância paisagística e socioeconômica. Nesta Nota Técnica, adotou-se uma abordagem multi-proxy para o mapeamento do perigo associado a movimentos gravitacionais de massa e à erosão marinha e pluvial, etapa prévia à análise de risco. Dos mecanismos definidos pelo GIDES, foram identificados na área de estudo o deslizamento planar e a queda de blocos, além da erosão pluvial, não contemplada originalmente pelo projeto.

A identificação dos processos considerou cicatrizes erosivas, depósitos correlatos, feições de pré-colapso e relatos locais. O grau de instabilidade foi ponderado a partir de fatores como diagênese e laterização, fraturamento, ângulo da escarpa, estratigrafia, posição em relação à linha de costa, ângulo de ataque das ondas, presença de tálus ou colúvio, feições pluviais, berma e cobertura vegetal, reconhecendo-se que falésias vivas são ambientes naturalmente instáveis.

A análise incorpora ainda o cenário de mudanças climáticas, com projeções de aquecimento global de $\sim 1,5$ °C (IPCC AR6, 2021) e elevação do nível do mar entre $\sim 0,28$ m e valores superiores a 1,0 m até 2100, além de marés meteorológicas associadas a ressacas, ventos persistentes e variações de pressão atmosférica, fatores que tendem a intensificar os processos erosivos na base das falésias.

Na avaliação do risco foram considerados os usos do solo, incluindo construções, visitação turística, circulação de pedestres, vias próximas e estimativas de fluxo de pessoas. As áreas de maior risco foram delimitadas a partir da definição de uma faixa de proteção mínima de 10 m a partir da borda da falésia em direção ao continente, configurando uma margem de segurança dinâmica, que deve ser ajustada conforme o recuo progressivo da escarpa (Figura 12).

Figura 12: Perfis topográficos e morfologia da falésia (elaborados a partir de modelos digitais de elevação gerados através de técnicas de aerofotogrametria)



Fonte: PREAMAR (2026)

5. RECOMENDAÇÕES

Os principais resultados deste trabalho demonstram que, de forma geral, o comportamento do perfil vertical da falésia pode ser resultante da influência dos componentes litológicos e estruturais, associados ao grau de abrasão marinha a que a escarpa pode estar submetida, respondendo pela diversidade de tipologias de falésias no Nordeste brasileiro. Litologia, história tectônica, padrão de fraturamento, altura da falésia e declividade são aspectos que exercem efeito de vulnerabilidade ou de resistência à erosão marinha, que ataca, sobretudo, a base da escarpa (MORTIMORE *et al.*, 2004).

As falésias de Conde, na Paraíba, encontram-se em fase de erosão ativa, processo intrínseco à sua evolução natural. Esse quadro de elevada instabilidade resulta da conjunção de fatores críticos: (i) geografia da área disposta em enseada, que favorece a difração de ondas e a intensificação da erosão; (ii) a natureza geológica das rochas, composta por sedimentos friáveis que aceleram o desgaste; e, (iii) a inexistência de uma faixa de areia com vegetação de restinga associada. A convergência desses fatores, somada à atual fase de elevação global do nível do mar, promove a intensificação contínua dos processos erosivos.

Como forma de mitigar os riscos associados a erosão das falésias propõe-se:

- a) **Implantar um Programa de Segurança**, consistindo na remoção de infraestruturas situadas em uma faixa de segurança de, no mínimo, 10 metros a partir da linha da falésia (primeira linha de quebra topográfica, onde se inicia o escarpamento). Tal medida visa garantir a segurança de pessoas, uma vez que a presença de infraestruturas próximas ao topo da escarpa favorece a ocupação e a circulação em áreas atualmente sujeitas a processos erosivos predominantemente do tipo colapso da escarpa. Esse tipo de erosão é caracterizado por eventos episódicos e de rápida ocorrência, capazes de remobilizar dezenas de metros cúbicos de material rochoso de forma quase instantânea. Destaca-se, ainda, que durante a maré cheia há riscos adicionais associados ao trânsito de pessoas na praia, que frequentemente ocorre próximo à base da escarpa, o que demanda a adoção de ações preventivas com vistas à mitigação de acidentes. Nesse contexto, torna-se necessário que todas as intervenções de desinvestimento sejam executadas de forma planejada e

integrada, com o menor impacto possível sobre o sistema costeiro, considerando-se os aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos.

- b) **Instalação de cercas simples**, feitas com eucalipto autoclavado (estaca de 3 em 3 metros) e corda de demarcação de área de segurança no topo das falésias, demarcando a faixa de proteção mínima de 10 metros.
- c) **Desconexão imediata e remanejamento das infraestruturas de drenagem pluvial**, que atualmente realizam o descarte de águas pluviais em direção à borda e face da falésia. O fluxo hídrico deve ser interceptado e redirecionado para a planície do “Maceiozinho de Jacumã”, que possui maior capacidade de amortecimento. No ponto de deságue desse sistema, é imprescindível a instalação de ecobarreiras para o controle e retenção de resíduos sólidos, impedindo a contaminação e o assoreamento do corpo hídrico receptor e da orla praial.
- d) **Instalar na base e no topo da falésia placas de sinalização** alertando aos transeuntes sobre o iminente risco de queda de blocos ou estruturas provenientes das construções. As placas devem ser instaladas: nos acessos principais à praia (escadarias e trilhas); no topo da falésia, recuadas da borda para não serem perdidas em um eventual colapso, e na base da falésia, em intervalos de 50 metros nos trechos identificados com maior fraturamento (modelo na figura A2 em anexo).
- e) Após a implantação das medidas indicadas acima, iniciar o **monitoramento geotécnico permanente e detalhado da escarpa para acompanhar sua evolução, identificar áreas de risco iminente e propor soluções específicas dependendo das características particulares de cada caso**. Sendo constatadas taxas de erodibilidade elevadas, acima das médias históricas, poderão ser consideradas novas medidas mitigadoras como remoção de infraestruturas ou a estabilização da base da encosta, com a instalação de enrocamento de blocos, preferencialmente de rochas existentes na área como lateritas. Caso seja constatada a necessidade desses enrocamentos pontuais (áreas propícias indicadas no na figura A3 em anexo), sua função seria diminuir o impacto direto das ondas na base da falésia. Isso pode gerar a longo prazo, uma diminuição da instabilidade da mesma. Importante ressaltar que no curto prazo, o enrocamento não terá efeitos práticos pois a erosão da falésia continuará. Isso acontece porque em toda sua extensão a falésia é muito íngreme e colapsa

naturalmente sobre seu próprio peso. Adicionalmente, o escoamento superficial de águas pluviais intensifica a erosão no topo da falésia. A impermeabilização urbana, aliada à ausência de drenagem eficiente, concentra o fluxo hídrico, deflagrando voçorocamentos e a percolação em fraturas, o que reduz a coesão do solo e precipita colapsos.

6. CONCLUSÃO

Diante do cenário exposto, conclui-se que as falésias do município de Conde apresentam um quadro de vulnerabilidade geológica crítica, onde a dinâmica natural de erosão marinha é severamente potencializada pela fragilidade da cimentação das rochas e por intervenções antrópicas inadequadas, como a ocupação desordenada da borda e sistemas de drenagem que favorecem a erosão. A natureza episódica e rápida dos processos de colapso, que remobilizam grandes volumes de rocha sedimentar sem aviso prévio, configura um risco iminente à segurança pública que não pode ser ignorado. Portanto, a mitigação desses danos exige uma abordagem integrada que combine o recuo estratégico das infraestruturas com intervenções de engenharia costeira e manejo hídrico.

Caso seja identificada a necessidade de enrocamentos pontuais, sua eficiência estará intrinsecamente condicionada ao controle rigoroso das águas pluviais no topo. Sem o redirecionamento do fluxo hídrico para a planície do “Maceiozinho” e a devida impermeabilização seletiva, o processo de voçorocamento e a perda de coesão interna do solo continuarão a precipitar colapsos, independentemente da proteção instalada na base. Da mesma forma, o Programa de Segurança com a demarcação da zona de segurança de, no mínimo, 10 metros apresentam-se como as medidas mais assertivas para a preservação de vidas, uma vez que as condições geoambientais apresentam um estado de risco geológico comprovado.

Em última análise, a implementação conjunta e planejada dessas ações permitirá que o desenvolvimento turístico de Conde, pilar fundamental da economia local, ocorra de forma resiliente e sustentável. **A gestão pública deve priorizar a rápida desconexão das drenagens nocivas e o isolamento das áreas de risco**, garantindo que a evolução natural das falésias não resulte em desastres humanos ou patrimoniais, preservando a integridade ambiental do litoral sul paraibano para as futuras gerações.

7. REFERÊNCIAS

- AHMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do Município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério**. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP Série Científica**, v. 6, p. 1-6, 2006. DOI: 10.5327/S1519-874X2006000300002.
- BARBOSA, J. A. *et al.* A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 13, p. 89-108, 2003.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002. Disponível em: [link do site do Ministério do Meio Ambiente/CONAMA]. Acesso em: 23 jan. 2026.
- BRUNSDEN, D.; PRIOR, D. B. **Slope instability**. Chichester: John Wiley & Sons, 1984.
- CONDE (PB). **Lei Complementar nº 01, de 31 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município do Conde e dá outras providências. Conde, PB: Gabinete da Prefeita, 2018. Disponível em: [link do portal da transparência ou câmara municipal]. Acesso em: 23 jan. 2026.
- FRATTINI, P. *et al.* Assessment of rockfall susceptibility by integrating statistical and physically-based approaches. **Geomorphology**, v. 94, n. 3-4, p. 419-437, 2008.
- FURLAN, A. A. **Falésias na Formação Barreiras**: análise regional e proposta tipológica. 2014. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- GIDES. **Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais - PROJETO GIDES**. Rio de Janeiro: CPRM, 2018.
- GONZÁLEZ, O. I. R.; LIMA, C. C. U. Modelagem espacial da neotectônica na costa do descobrimento, sul do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 2, 2021.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**: Resultados de Universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 mai. 2024.

- IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- LEE, E. M. Coastal cliff behaviour: observations on the relationship between beach levels and recession rates. **Geomorphology**, n. 101, p. 558-571, 2008. DOI: 10.1016/j.geomorph.2008.02.010.
- MABESOOONE, J. M. **Facies Sedimentares da Plataforma Continental Brasileira**. Natal: Estudos Sedimentológicos, 1971.
- MAIA, R. P.; BARBOSA, A. B. da S.; LIMA, C. C. U. Falésias: processos erosivos e caracterização geomorfológica. **Margarida Penteado – Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 1-17, jun. 2024.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Inversão tectônica do relevo na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, p. 61-74, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.419.
- MAIA, R. P.; AMORIM, R. F.; MEIRELES, A. J. A. **Falésias: origem, evolução, risco**. Fortaleza: UFC, 2022.
- MASSELINK, G.; HUGHES, M. G. **Introduction to Coastal Processes & Geomorphology**. London: Hodder Education, 2003.
- MEIRELES, A. J. A. **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.
- NAYLOR, L. A.; COOMBES, M. A.; VILES, H. A. Reconceptualising the role of organisms in the erosion of rock coasts: a new model. **Geomorphology**, v. 157, p. 17–30, 2012.
- PEILA, D.; RONCO, C. Technical note: design of rockfall net fences and the new ETAG 027 European guideline. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 9, p. 1291-1298, 2009.
- PEREIRA, M. D. B. **Dinâmica climática e as chuvas na região da Zona da Mata, Nordeste do Brasil**. 2018. 225 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: the Araripe basin as a Keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 233, p. 20-40, 2015. DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.10.009.
- SILVA, L. L. **Precipitações pluviais da Pré-Estação Chuvosa no período chuvoso e suas influências na produtividade agrícola da Paraíba**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

- SILVA, N. T. **As chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- SOUZA, A. S. Percepção ambiental da paisagem antropizada na praia do Cabo Branco, João Pessoa, PB, Brasil. **Terrae Didática**, Campinas, SP, v. 18, n. 00, p. e022032, 2022. DOI: 10.20396/td.v18i00.8670499. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8670499>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- VARNES, D. J. **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice**. Paris: UNESCO, 1984.
- VIEIRA, A. F. S. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- YILMAZ, I.; YILDIRIM, M.; KESKIN, I. A method for mapping the spatial distribution of rockfall computer program analyses results using ArcGIS software. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 67, n. 4, p. 547-554, 2008.
- YOUNG, A. P.; CARILLI, J. E. Global distribution of coastal cliffs. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 44, p. 1309-1316, 2019. DOI: 10.1002/esp.4574.

ANEXOS

Figura A 1: Pontos críticos de erosão na Falésia de Carapibus, Conde – PB.



Fonte: PREAMAR (2026)

Figura A 2: sugestões para confecção do modelo da placa de alerta de risco.



Fonte: PREAMAR (2026)

OBS: Documentos que fundamentam essa tipologia:

- a) ABNT NBR 16820:2020 (Sinalização de Segurança) - Esta é a principal norma para sistemas de sinalização visual. Ela define as cores, formas e dimensões:
 - Triângulo ou Quadrado com Bordas Arredondadas: Utilizado para alertas.
 - Cor Amarela: Indica "Cuidado" ou "Advertência".
 - Cor Preta: Utilizada para os pictogramas e textos.

- b) ABNT NBR 13434 (Sinalização contra Incêndio e Pânico) – Embora focadas em incêndios, as partes desta norma sobre sinalização de advertência (Forma quadrada ou retangular, fundo amarelo e símbolo preto) são frequentemente adaptadas para riscos naturais como quedas de barreiras.

- c) Diretrizes da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec) – A Defesa Civil utiliza padrões internacionais (como os da ONU e ISO) para sinalização de áreas de risco geológico.

Figura A3: Áreas propícias para enrocamento



Fonte: PREAMAR (2026)

OBS: Caso seja confirmada a necessidade dos enrocamentos pontuais, usar preferencialmente rochas locais. Na impossibilidade de usar rochas locais, usar alternativamente blocos de granito angulosos de tamanho submétrico (entre 50cm e 1 metro de eixo longitudinal). O enrocamento poderia ser instalado em todas as áreas onde não há blocos, na base da falésia em uma faixa de 6 metros. Sua função será dispersar a energia das ondas. É imprescindível a instalação de manta geotêxtil sob a estrutura de rochas para garantir a separação entre o substrato e o enrocamento, evitando o recalque das pedras, o que assegura a integridade e a vida útil da obra de proteção.