



ANÁLISE MORFODINÂMICA DO PONTAL DA SANTA CRUZ, SANTANA DO CARIRI, CEARÁ

Rosagleyde da Silva Pereira
Universidade Federal do Cariri

Marcelo Martins de Moura-Fé
Universidade Regional do Cariri

RESUMO

O Pontal da Santa Cruz se configura como um segmento da linha de escarpa da chapada do Araripe, destacando-se por suas características estéticas e potencial turístico e educacional. No entanto, levantamentos bibliográficos revelaram uma lacuna significativa no que se refere a uma abordagem geomorfológica da região, especialmente sob uma perspectiva evolutiva. Nesse contexto, considerando a importância geomorfológica local, a expansão populacional e urbana do distrito situado ao sopé do relevo, a presença do geossítio do Geopark Araripe que recebe um grande número de visitantes, além de diversos outros segmentos do entorno, torna-se imprescindível refletir sobre os riscos de degradação ambiental, a segurança dos moradores e visitantes, bem como a continuidade das atuais formas de uso e ocupação do Pontal da Santa Cruz. Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar a atual morfodinâmica do Pontal da Santa Cruz. A metodologia para a obtenção de resultados incluiu revisão sistemática da literatura especializada, elaboração de mapas temáticos e realização de trabalhos de campo. A análise dos dados permitiu compreender a dinâmica atual da modelagem do relevo, resultante da atuação conjunta de processos areolares que inclui os intemperismos químico e físico em subsuperfície e superfície, e os processos lineares, resultantes da ação intempérica e erosiva do rio Cariús, que age na ampliação do Vale do Brejo Grande, e a ação dos riachos Buriti e Buxié que possivelmente modelará o relevo do Pontal da Santa Cruz em um Morro Testemunho. Logo, compreender essa dinâmica atual possibilita a implementação de estratégias de geoconservação, o que pode contribuir diretamente para a redução da degradação da geodiversidade, notadamente dos aspectos geomorfológicos.

Palavras-chave: Chapada do Araripe, Evolução Geomorfológica, Mapeamento Geomorfológico, Áreas Protegidas, GeoPark Araripe.

Morphodynamic analysis of Pontal da Santa Cruz, Santana do Cariri, Ceará

ABSTRACT

Pontal da Santa Cruz, a segment of the escarpment line of the Chapada do Araripe, is renowned for its esthetic characteristics and tourist and educational potential. However, bibliographic surveys have revealed a significant lack of a geomorphological approach to the region, especially from an evolutionary perspective. Given the local geomorphological significance, the district's growing population and urban growth at the base of the area,

the presence of the Araripe Geopark geosite, which draws a big number of tourists, and other sections of the surrounding region, it is crucial to consider the risks of environmental degradation, ensure the safety of residents and visitors, and maintain the existing forms of use and occupation in Pontal da Santa Cruz. The objective of this article is to examine and study the present-day morphodynamics of Pontal da Santa Cruz. The methodology included a systematic review of specialized literature, the creation of thematic maps, and field research. The data analysis offered insight into the existing dynamics of relief modeling brought about by the simultaneous effects of areal processes, such as chemical and physical weathering at both subsurface and surface levels, and linear processes resulting from the Cariús River's weathering and erosive action, which contributes to the widening of the Brejo Grande Valley, and the Buriti and Buxixé streams' action, potentially shaping the relief of Pontal da Santa Cruz into a butte. Understanding this current dynamic enables the implementation of geoconservation strategies that can reduce the degradation of geodiversity, especially geomorphological aspects.

Keywords: Chapada do Araripe, Geomorphological Evolution, Geomorphological Mapping, Protected Areas, Araripe Geopark.

INTRODUÇÃO

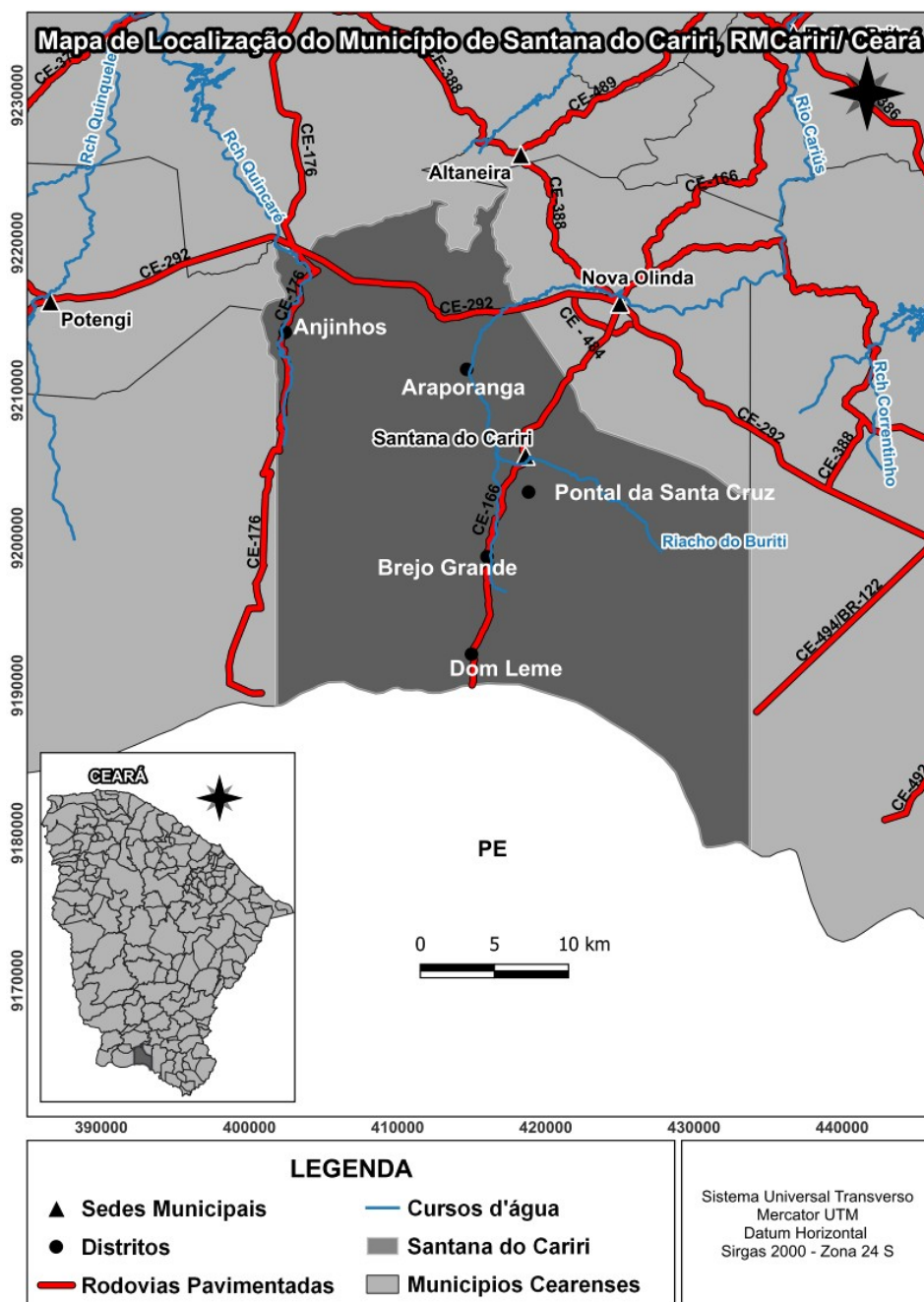
O Cariri Cearense, de maneira geral, encontra-se situado sobre o arranjo geológico da bacia sedimentar do Araripe, destacando-se pela notável geodiversidade, evidenciada por diversos estudos geológicos (ASSINE, 2007; 2014; CHAGAS, 2006), pesquisas sobre a identificação e conservação de fósseis (ALENCAR *et al.*, 2018; BARROS *et al.*, 2020), e em trabalhos hidrogeológicos que retratam a região como um verdadeiro oásis no semiárido (CPRM, 2012; GUERRA *et al.*, 2020). Nesse contexto, o município de Santana do Cariri (**Figura 1**) se destaca, sendo reconhecido pelo seu excepcional patrimônio paleontológico (SARAIVA *et al.*, 2007, 2015) e, igualmente, pelo seu patrimônio geológico, especialmente por meio do geossítio Pontal da Santa Cruz, que integra o Geopark Araripe (GA).

Uma revisão da literatura científica sobre o Pontal da Santa Cruz revelou um considerável volume de estudos voltados à geologia, geoconservação, geodiversidade e articulações regionais. No entanto, foi identificada uma lacuna na compreensão geomorfológica do relevo da área, sobretudo em seus aspectos evolutivos, e devido ao Pontal da Santa Cruz abranger um distrito com um núcleo central localizado no sopé do relevo, um geossítio do GeoPark Araripe e uma Unidade de Conservação (UC), uma área protegida não institucionalizada, surge a necessidade de refletir sobre os riscos de degradação da área, a continuidade das atuais formas de uso e ocupação do local, ponderando também sobre sua sustentabilidade, sensibilizando sobre questões ambientais, tais como questionamentos de como a paisagem contemplada se formou e como ela tem evoluído.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é compreender a morfodinâmica atual do Pontal da Santa Cruz selecionando os setores que melhor exemplificam essa dinâmica. Essa abordagem foi fundamentada no conceito de etchplanação que

estuda os processos e interações dos elementos naturais, com ênfase nos processos ativos que modelam o relevo (CHRISTOFOLETTI, 1980; GUERRA; CUNHA, 2018), que pode ser segmentado em processos areolares e lineares (CHRISTOFOLETTI, 1980; FLORENZANO, 2008; GUERRA; CUNHA, 2018), que contribuem para o desenvolvimento e aprimoramento das formas de relevo e condições ambientais específicas (BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



MATERIAIS E MÉTODOS

Para a etapa de levantamento bibliográfico desta pesquisa, adotou-se o método de revisão sistemática, que contou com a aplicação dos operadores booleanos (*and*, *or* e *not*), bem como de descritores como: geomorfologia, geomorfologia estrutural, morfodinâmica, bacia Sedimentar do Araripe, Chapada do Araripe e etchplanação, de modo a selecionar majoritariamente artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, livros, capítulos de livros, teses e dissertações, bem como dados disponíveis nos bancos de dados de órgãos brasileiros. Os materiais levantados são a base científica teórica para a construção da pesquisa. Associado a este levantamento, também foram consultados o diário Oficial do estado o Decreto nº 28.506, art. 1 que define o Pontal a Santa Cruz como uma Unidade de Conservação UC, assim como a Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do clima do Estado do Ceará, sobre a institucionalização da mesma.

Além disso, foram coletados dados vetoriais geográficos para a elaboração do mapa de localização, desenvolvido no *software* QGIS 3.28. No mesmo *software*, com dados da geodiversidade e o apoio do mapa Geológico do Ceará foi elaborado o mapa geológico e geomorfológico. Para a construção do mapa morfodinâmico, além da imagem de satélite foi utilizado em campo um GPS portátil *Garmin*, onde coletou-se pontos que melhor exemplificassem a morfodinâmica do Pontal, ajudando assim a especializar a área estudada, que se estende para além dos limites do Geossítio. Também foram criadas as figuras que apresentam imagens de satélite, as quais ajudam a ilustrar os processos e elementos descritos no texto.

O levantamento iconográfico foi realizado a partir de imagens reproduzidas de materiais bibliográficos de outros autores, adaptadas para o contexto do Pontal da Santa Cruz. Essas imagens foram elaboradas em dois *softwares*, PowerPoint e Paint 3D, utilizando uma mescla das ferramentas de ambos. A coleta iconográfica também incluiu o uso de uma câmera fotográfica Canon e de um drone DJI durante a realização de trabalhos de campo, que foram realizados em novembro de 2023 e setembro de 2024, construindo assim um arcabouço iconográfico de registros primários apresentados no decorrer da descrição dos resultados que descreve a dinâmica geomorfológica *in loco*.

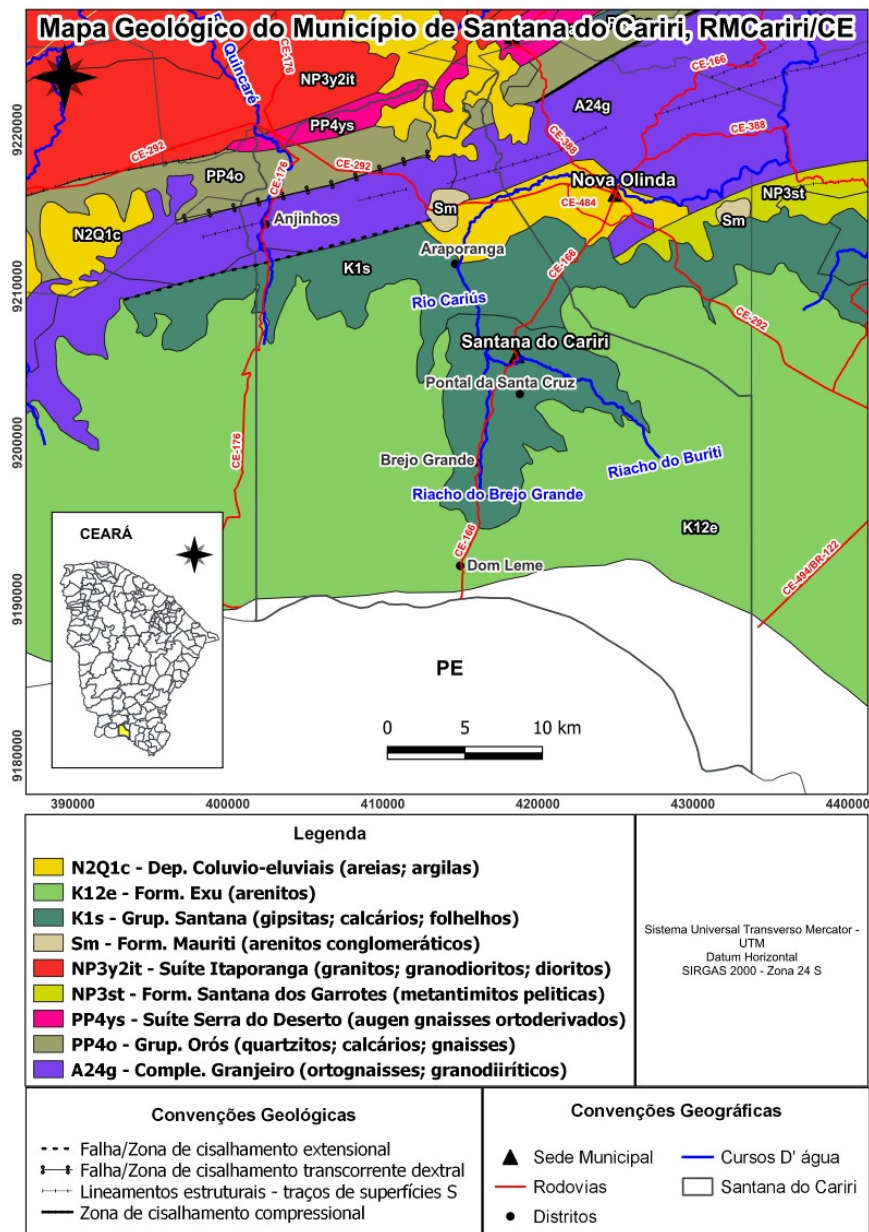
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com mais de 900km² a bacia sedimentar do Araripe (FAMBRINI *et al.*, 2020) se encontra alongada no sentido leste oeste, se estendendo para além dos limites da chapada do Araripe, compreendendo também a depressão do Vale do Cariri. Com uma complexa história geológica situa-se sobre terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema, a sul do Lineamento de Patos, se caracterizando como a mais extensa das bacias interiores da região Nordeste (ASSINE, 2007). Seu embasamento é composto por litologias magmáticas e metamórficas (SANTOS *et al.*, 2008), e sobre esse embasamento estão as unidades estratigráficas que preenchem a bacia Sedimentar do Araripe,

compostas de uma notável variedade litológica, estrutural e de ambientes de sedimentação (ASSINE *et al.*, 2014).

Situado sobre este cenário litoestratigráfico estão os terrenos de Santana do Cariri, com uma menor diversidade litológica em comparação ao Vale do Cariri, apresentando em menores proporções afloramentos da formação Mauriti ao norte, em maiores proporções afloramentos do Grupo Santana a noroeste, no centro e ao sul os arenitos da Formação Exu (litologia predominante no município) onde está situado o Pontal da Santa Cruz (Figura 2).

Figura 2 - Mapa Geológico de Santana do Cariri e adjacências (Ceará, Brasil)



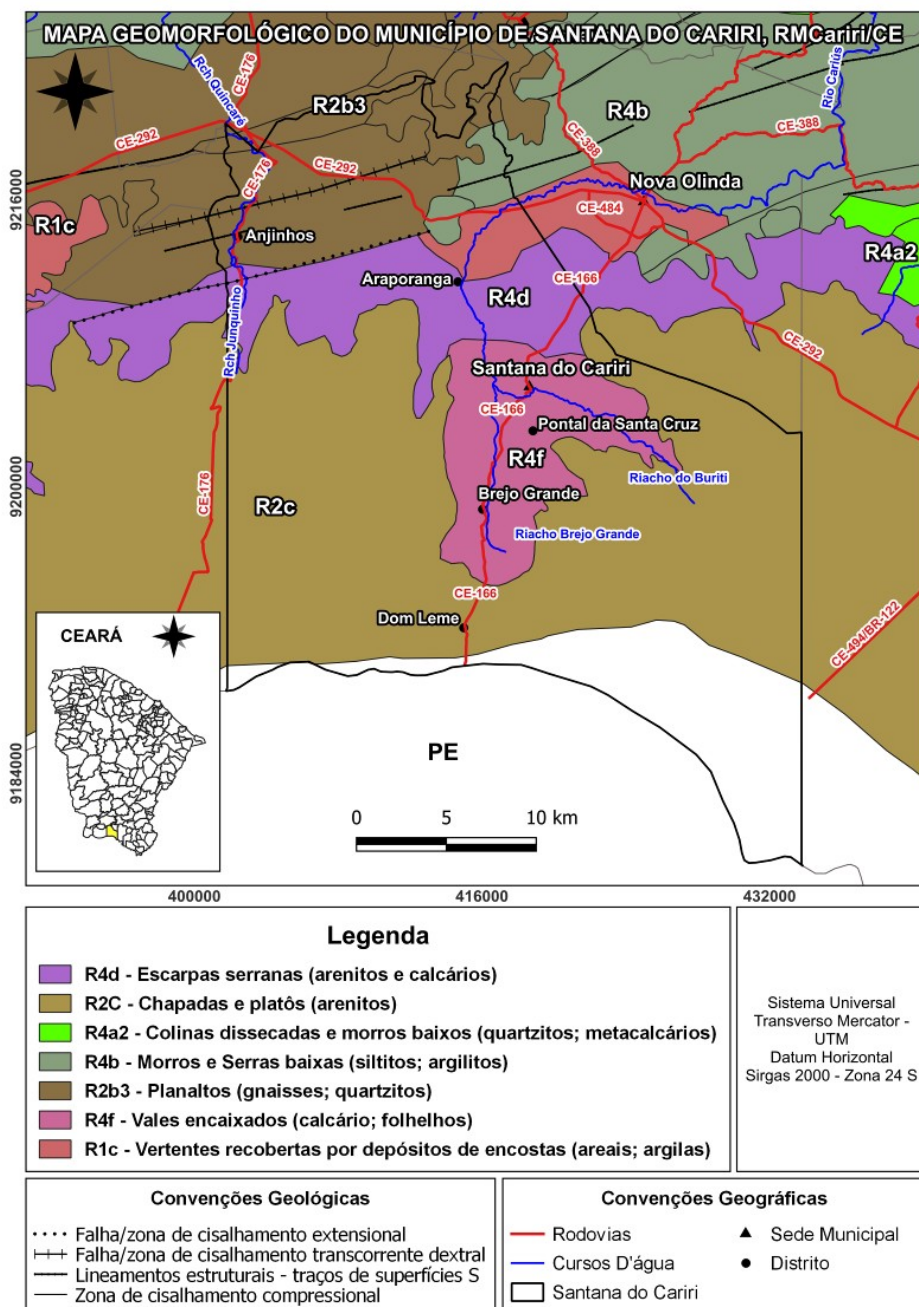
Fonte: IBGE (2021); IPECE (2019); Pinéo *et al.* (2021). Elaboração: autora (ago. 2024).

Como resultado dos processos tectônicos e inferências geológicas da bacia sedimentar do Araripe, a chapada do Araripe pode ser percebida como uma porção fisiográfica elevada da sua bacia sedimentar, sendo produto direto dos processos de sedimentação e erosão ao longo de milhões de anos (AULER; SMART, 2001; ASSINE, 2007; BÉTARD; MAGALHÃES; PEULVAST, 2011; FAMBRINI *et al.*, 2020; MOURA-FÉ; BASTOS; NASCIMENTO, 2024). Sua evolução é decorrente da elevação dos terrenos na última fase do soerguimento o que tornou sua topografia instável, desencadeando os processos de erosão linear seccionando os vales fluviais, originando assim vertentes que, devido o último máximo glacial (2,58 Ma), uma fase de aridez (AULER; SMART, 2001), ou seja, de condições semiáridas (BEHLING *et al.*, 2000), recuaram, diminuindo lateralmente as encostas, porém mantendo a altimetria e assim formando os anfiteatros composto por especificidades morfodinâmicas, pontas e pontais. A chapada do Araripe caracteriza-se como um planalto que se debruça sobre as depressões semiáridas do sertão, alongada de leste a oeste, apresentando uma ligeira inclinação para oeste (PEULVAST; BÉRTARD, 2015), aumentando sua topografia em degraus para leste, onde atinge cerca de 1000m, diminuindo para oeste onde atinge aproximadamente 800m (MARQUES *et al.*, 2014). Delimita-se de forma abrupta em seus flancos por escarpas festonadas, em distintos níveis de recuo erosivo, representando um escarpamento dissecado em amplos arcos de cabeceira de drenagem, singularmente visíveis junto a depressão do Cariri (DANTAS, *et al.*, 2014).

A depressão periférica do Brejo Grande, onde drena o rio Cariús em Santana Do Cariri (MOURA-FÉ; BASTOS; NASCIMENTO, 2024), é um grande anfiteatro esporadicamente sulcado em vales encaixados ao centro do município, perfazendo o contato a sudeste, ao sul e a oeste com o platô sedimentar da chapada do Araripe, e à noroeste com a chapada, morros e serras baixas e escarpas (**Figura 3**).

Associado aos resultados do processo de soerguimento e evolução geral das vertentes da chapada do Araripe, que são sua altimetria e declividade de suas vertentes, atualmente tem-se uma significativa morfodinâmica nas suas diferentes encostas. Para uma descrição mais clara da morfodinâmica específica da área de estudo, segmentamos o território em três partes: topo, encosta e vale.

Figura 3 – Mapa Geomorfológico de Santana do Cariri e adjacências (Ceará, Brasil)



Fonte: CPRM (2016, 2014, 2022); IBGE (2021); IPECE (2019). Elaboração: autora (ago. 2024).

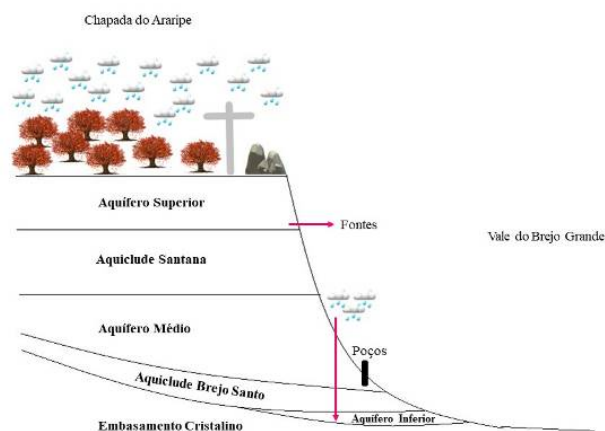
Topo

O condicionamento físico dos arenitos da formação Exu apresenta um controle litológico hidrogeológico na região, permitindo a infiltração da água da chuva, decorrendo na não formação de rios em cima da chapada do Araripe, mas por

outro lado favorecendo a formação de bolsões d'água subterrâneas (GUERRA; SOUZA; SILVA, 2020). Neste contexto destacam-se:

- I. Aquífero Superior (formação Exu): embora exista a distinção entre as duas formações, não ocorre separação espacial contínua entre ambas, indícios disso é a ocorrência de fontes na base da formação Exu e outras dentro da formação Araripina ou em contato com o grupo Santana (DNPM, 1996);
- II. Aquiclude Santana: de pouca relevância por se constituir de rochas porosas, mas com baixa permeabilidade o que resulta em aquíferos de pequena espessura, mas com bastante atenuação na separação entre o aquífero superior e médio (DNPM, 1996);
- III. Aquífero Médio (formações Barbalha, Abaiara e Missão Velha): mais complexo pela adesão de 3 unidades, porém todas com características litológicas e hidrodinâmicas similares, e é onde possui a maior exploração das águas subterrâneas (DNPM, 1996);
- IV. Aquiclude Brejo Santo: menor importância no contexto hidrogeológico devido a baixa produtividade da unidade abaixo (DNPM, 1996);
- V. Aquífero inferior (Porção de base da formação Brejo Santo e formação Cariri): considerado confinado, suas águas são possíveis de captação na cobertura do aquíclode Brejo Santo. (DNPM, 1996).

Entende-se que a chuva que cai sobre o topo da chapada (formação Exu) é parcialmente retida pela vegetação, contudo, a maior parte atinge o solo, infiltrando-se ligeiramente e percolando através da formação Exu até sua zona de interação com a formação Araripina, que, em razão da descontinuidade hidráulica, torna-se uma área saturada, resultando em horizontes de fontes. A porção remanescente percola pela formação Araripina, acumulando-se na interface entre ela e o aquíclode Santana, onde, devido à rápida mudança de condutividade hidráulica, forma-se um novo horizonte de fontes que, quando saturado, pode alcançar algumas dezenas de metros. Por conseguinte, mesmo com a baixa condutividade do aquíclode Santana, parte da fração pluvial menor do aquífero superior consegue se acumular e percolar, abastecendo também os aquíferos médio e inferior do vale (MENDONÇA, 2001) (**Figura 4**).

Figura 4 – Sistema Hidrogeológico das águas subterrâneas da Chapada do Araripe

Fonte: DNPM (1996); Mendonça (2001). Elaboração / adaptação: autora (maio 2024).

De acordo com esse sistema hidrogeológico, os processos de intemperismo e de transporte, que podem ocorrer de forma superficial ou subsuperficial (LOPES, 2024), indicam que este é o início da modelagem do Pontal da Santa Cruz. As águas subsuperficiais, devido o condicionamento físico do arenito em sua movimentação, provocam inúmeras reações químicas (LOPES, 2024), atuando no remanejo ou eliminação de elementos das vertentes, além de influenciar diretamente o processo de pedogênese, iniciando ou acelerando os processos erosivos na superfície (QUEIROZ, 2000; WICANDER; MONROE, 2009).

Durante as quadras chuvosas (período de maior saturação dos solos), as águas que infiltram no topo do Pontal da Santa Cruz atuam no processo de pedogênese, formando a cobertura pedológica. Esse processo contribui para a preparação de material que será posteriormente afetado por processos mecânicos de superfície (ÁTILA; CARVALHO, 2012). Assim, a porção de água derivada do saturamento do solo escoar, promovendo a exumação da superfície do modelado por meio da lavagem, com predomínio dos processos mecânicos de escoamento superficial (ÁTILA; CARVALHO, 2012). Já nos períodos de seca, a modelagem do relevo ocorre principalmente pela ação eólica, com o vento removendo as partículas finas do solo, originadas pelo intemperismo químico.

Os tipos de escoamento são inter-relacionados, nos setores suavemente ondulados e ondulados, como é o caso do topo do Pontal da Santa Cruz, o escoamento difuso é predominante, e sua concentração leva à formação de escoamento superficial concentrado (MOURA-FÉ, 2017), isso provoca cortes nas laterais da estrada, resultando em erosões lineares no topo, cujos produtos incluem a formação de pequenos sulcos (**Figura 5**).

Figura 5 – Ação do escoamento superficial na Estrada do topo



Foto: co-autor (set. 2024). Edição: autora (fev. 2025).

Observou-se que, para reduzir a evolução desses sulcos e, conseqüentemente, minimizar os danos nas estradas, têm sido realizadas algumas passagens e desvios (**Figura 6 – a, b**). No entanto, o desvio, juntamente com outros fatores como construções e plantios, tem contribuído para o aumento das áreas desmatadas (**Figura 7**). Sem a cobertura vegetal, a ação erosiva da água se intensifica no topo, escavando-o além dos limites da estrada.

É possível concluir que um dos sistemas de modelagem do Pontal da Santa Cruz resulta do mecanismo de intemperismo basal (*leaching surface*), no qual ocorre a denudação geoquímica da subsuperfície, em consonância com o processo de lavagem da superfície (*washing surface*), no qual predominam os processos mecânicos (MOURA-FÉ, 2015).

Encosta

Nas encostas tem-se o mesmo quadro intempérico e erosivo do topo. A água em subsuperfície age como uma mistura solvente que em contato com o dióxido de carbono se torna uma solução química ácida capaz de dissolver rochas de ambientes cársticos (WICANDER; MONROE, 2009), como é o caso dos arenitos da Formação Exu. Prontamente fragilizadas, essas rochas são submetidas à ação mecânica do escoamento superficial durante os períodos chuvosos, enquanto, nos períodos secos, os materiais transportados pelo vento causam abrasão nas litologias expostas da encosta, contribuindo para a formação de sulcos nas rochas.

Figura 6 (a, b) – Drenagem para as águas pluviais no topo e sopé do Pontal da Santa Cruz



Foto: co-autor (set. 2024). Edição: autora (fev. 2025).

Figura 7 – Desmatamento no topo do Pontal da Santa Cruz



Foto: co-autor (set. 2024).

Esses sulcos são pequenas cavidades, que com o passar do tempo, a ação do intemperismo e da erosão evoluem para cavidades maiores que acabam por desestabilizar os horizontes superficiais (**Figura 8 - a, b, c**) (LOPE, 2024; PENTEADO, 1978; ROSSATO *et al.*, 2008; VITTE, 2005), promovendo o colapso das

fáceis superiores (MAIA; CASTRO, 2017). Nas camadas mais finas do arenito Exu, os processos erosivos são mais intensos, resultando em uma maior corrosão (MAIA; CASTRO, 2017; ROSSATO *et al.*, 2008), o que dá origem a espaços utilizados para manifestações religiosas e/ou abrigos de animais, com cerca de 4 metros de comprimento e altura.

Figura 8 (a, b, c) – Solapamento basal no sopé do Pontal da Santa Cruz



Foto: co-autor (set. 2023). Edição: autora (fev. 2025).

Com a intensificação dos processos intempéricos por um longo período de tempo, essas cavidades podem evoluir ao ponto de formarem cavernas, grutas e dolinas (WICANDER; MONROE, 2009), o que parece ser o caso da caverna do cão (MAIA; CASTRO, 2017) (**Figuras 9**), localizada próxima a vertente do Pontal da Santa Cruz. Neste caso, supõe-se que a água subterrânea tenha fragilizado internamente o arenito devido à umidade, pois dissolveu os sais presentes nas rochas, o que aumentou seu volume e facilitou o fissuramento. Isso permitiu a penetração crescente de águas provenientes do escoamento superficial nas rochas, o que, por sua vez, favoreceu a ação mecânica do vento. Esse último processo, ao mover partículas sobre a superfície, gerou abrasão, promovendo a desagregação das rochas. Como resultado, ocorreu um desequilíbrio na estrutura de base da rocha, o que solapou as camadas superiores, ampliou a cavidade e causou a queda dos blocos rochosos na entrada da caverna.

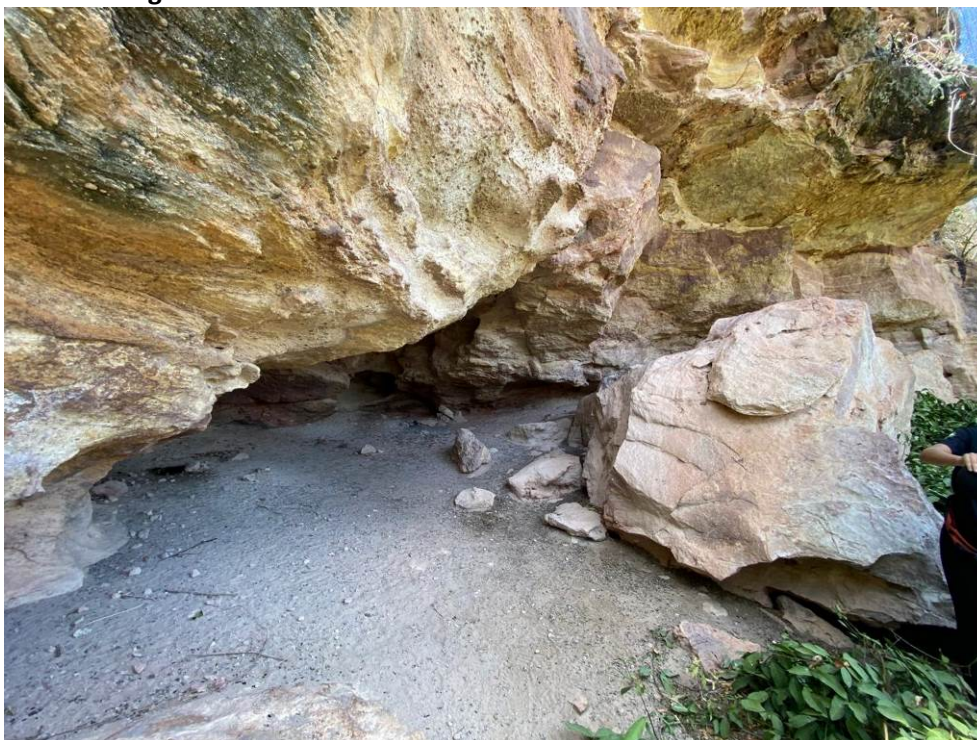
Figura 9 – Caverna do Cão na encosta do Pontal da Santa Cruz

Foto: co-autor (set. 2024).

Pode-se compreender que as encostas integram uma forma de relevo naturalmente vulnerável, cuja fragilidade é acentuada pela intervenção humana, o que pode acelerar os processos erosivos (AMORIM; OLIVEIRA, 2007), contribuindo para a manifestação de riscos naturais, fenômenos capazes de ocasionar prejuízos ambientais e sociais (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Dito isto, morfologicamente o trabalho prévio da água em subsuperfície, fomentado pela ação mecânica da água e do vento em superfície, podem favorecer a ocorrência de um segundo processo modelador, os movimentos de massa, identificados de forma significativa nas encostas, são entendidos como a movimentação inconsolidada de sedimentos ou solos do topo para o sopé (LOPES, 2024; MOURA-FÉ, 2015). Comumente esses processos não são “puros”, há sempre uma mistura das suas tipologias (LOPES, 2024).

Assim, as rochas, devido ao processo de pedogênese, perdem nutrientes, o que altera sua composição mineralógica e, possivelmente, química, "enfraquecendo-as", facilitando assim a ação do intemperismo biológicos que se caracteriza pelo atrito causado pela penetração de organismos, à compactação e abrasão das litologias por grandes animais, e a ação das raízes das vegetações (MEDEIROS, 2016; WARNAVIN; ARAÚJO, 2016; WICANDER; MONROE, 2009). Todavia, apesar de as raízes das vegetações exercerem intemperismo biológico, elas continuam sendo fundamentais para a estabilidade dessas áreas e para a proteção contra desastres naturais. Suas raízes agregam partículas do solo, aumentando sua

coesão e resistência, enquanto facilitam a infiltração da água. Além disso, as folhas e caules das plantas ajudam a mitigar a erosão hídrica e eólica, atuando como uma barreira física que desacelera a ação da água e do vento (COELHO; PEREIRA, 2006).

Os exemplos mais significativos de risco de movimentos de massa no Pontal da Santa Cruz ocorrem com maior frequência durante os períodos chuvosos, tanto pela ação da água quanto pela vegetação que neste período apresenta uma cobertura mais densa, proporcionando maior proteção ao solo. Entre os tipos de movimentos de massa observados na trilha do geossítio, destacam-se as quedas de blocos (*rockfall*), que são rápidas e envolvem fragmentos de litologias desagregadas de diferentes tamanhos (**Figura 10**).

Figura 10 – Movimento de massa (queda de blocos) no Pontal da Santa Cruz

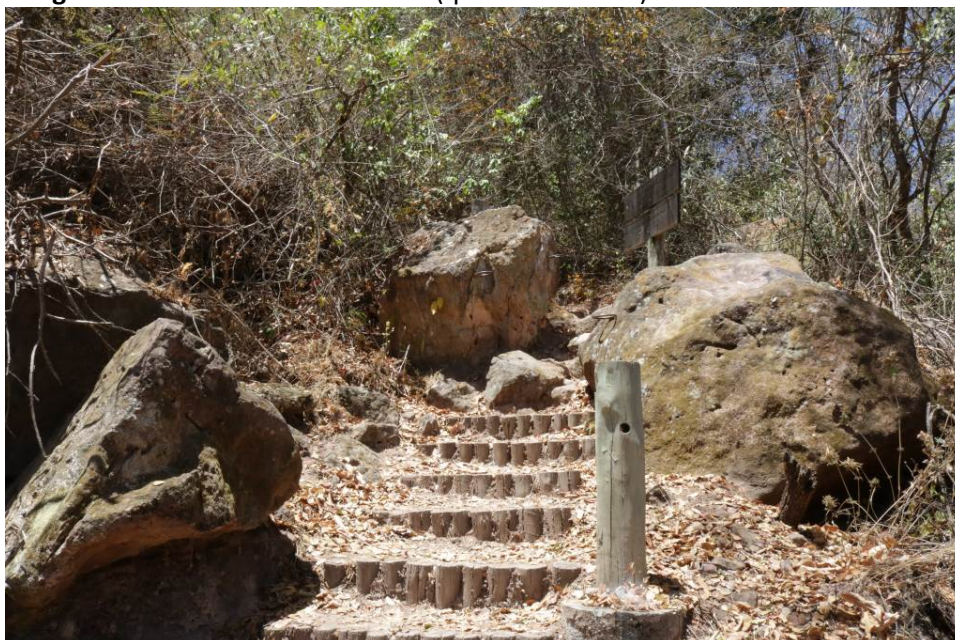


Foto: co-autor (set. 2024).

Há também movimentos de massa mais recentes do tipo escorregamentos na margem da estrada, e cicatrizes de escorregamentos mais antigos (**Figura 11 – a, b**), que ocorrem devido às chuvas intensas sobre rochas sãs, geralmente controlados por superfícies de fraqueza entre as rochas e o solo residual ou transportado, que sofreu escoamentos superficiais intensos. A falta de vegetação nessas áreas favoreceu a movimentação das camadas desagregadas, tanto de rochas quanto de solo.

Esses processos atuam na modelagem das escarpas por meio do desmoronamento dos blocos solapados a partir do sopé, resultando na formação de encostas íngremes e no recuo das vertentes (PENTEADO, 1978; RIBEIRO, 2014; ROSSATO *et al.*, 2008; VITTE, 2005). Esse fenômeno gera níveis recuados e projetados em um padrão repetitivo, melhor dizendo, reentrâncias (anfiteatros) e

protuberâncias (pontas ou pontais) (MOURA-FÉ, 2015) como os que ocorrem em Santana do Cariri (Figura 12) e como parece ser o caso do Pontal da Santa Cruz (Figura 13).

Figura 11 – Movimentos de massa (escorregamentos) no Pontal da Santa Cruz



Foto: autores (set. 2024). Edição: autora (fev.2024).

Figura 12 – Modelagem das escarpas da Chapada do Araripe em Santana do Cariri



Fonte: Google Satélite (2024). Elaboração: autora (ago. 2024).

Outro resultado decorrente do processo de erosão regressiva é a exposição do substrato litológico na superfície, levando à 'regressão' do relevo à espessura anterior ao evento deformacional (MAIA; CASTRO, 2017). Esse processo está em curso e pode ser observado no vale do Brejo Grande, na depressão localizada no sopé do Pontal da Santa Cruz (**Figuras 14 e 15**).

Figura 13 – Panorama do Geossítio Pontal da Santa Cruz

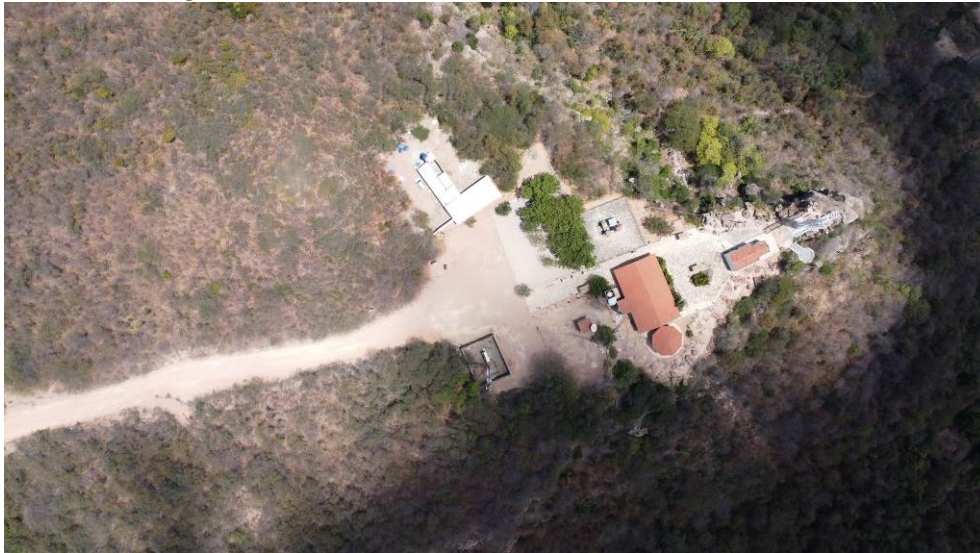


Foto: co-autor (set. 2023).

Figura 14 – Panorama da Depressão Sedimentar do Vale do Brejo Grande



Foto: co-autor (set. 2023). Edição: autora (set.2023).

Figura 15 – Contexto litológico-textural do Vale do brejo Grande

Foto: co-autor (set. 2023). Edição: autora (set. 2023).

Vale

Como a Bacia Sedimentar do Araripe é composta por camadas horizontais ou quase horizontais, pode-se entender que sua estrutura é do tipo concordante horizontal, o que faz com que as rochas apresentem resistências distintas. Assim, os rios começam a erodir nas zonas de fraqueza litológica, escavando os vales. O entalhe do rio avança até as rochas mais tenras subjacentes, onde a erosão ocorre mais rapidamente, enquanto nas rochas mais resistentes o processo de entalhe é mais lento. Esse fenômeno provoca solapamentos nas bases das rochas mais duras, gerando movimentos de massa nas cornijas e ampliando o vale à medida que as escarpas recuam (PENTEADO, 1978).

Ao longo do seu percurso as águas do rio Cariús vão intemperizando quimicamente (corrosão) seu leito, juntamente com a ação mecânica proveniente do turbilhamento das águas favorecidos por cargas grosseiras (abrasão). Isto provoca pontos de rebaixamento de suas águas causando a diminuição da velocidade da sua corrente, elevando o nível do seu leito e diminuindo seu declive a jusante. Rapidamente acima dos pontos rebaixados o declive aumenta e a corrente acelera sua velocidade resultando em erosões que se estende em direção a montante do rio. Desta maneira, as águas a montante do rio, erodem a base rochosa da Chapada do Araripe causando o desmoronamento dos blocos superiores, resultando no recuo das escarpas e no aprofundamento do anfiteatro que consequentemente vem ampliando o Vale do Brejo Grande.

Além do rio Cariús, os riachos Buxixé e Buriti (conhecido também como riacho do Pecado) desempenham um papel crucial nesse processo morfodinâmico, sendo responsáveis pela modelagem do Pontal da Santa Cruz, que gradualmente assume uma nova forma. O desgaste causado pelo intemperismo e pela erosão, especialmente ao longo do riacho Buriti, já é bastante avançado (**Figura 16**),

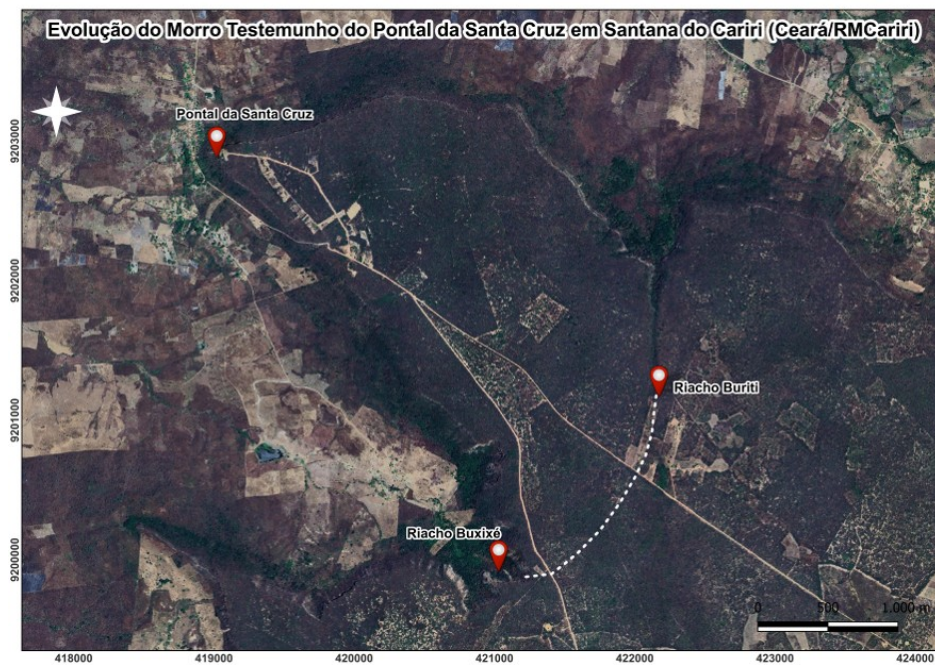
sugerindo que os rastros de erosão dos dois riachos podem se unir, separando o Pontal da Santa Cruz do restante da Chapada do Araripe e transformando-o, futuramente, em um morro testemunho (**Figura 17**).

Figura 16 – Riacho Buriti, Pontal da Santa Cruz



Foto: co-autor (set. 2024). Edição: autora (set.2023).

Figura 17 – Segmentação inicial do Morro Testemunho do Pontal da Santa Cruz



O morro testemunho é uma forma de colina de topo plano, situada à frente de uma escarpa de *cuesta*, preservada pela camada mais resistente. Ele representa o vestígio de uma antiga posição da *cuesta*, antes do recuo de *front*. Quando expostos à erosão, esses morros tendem a perder o coroamento da camada resistente, podendo desaparecer rapidamente (PENTEADO, 1978).

Considerando a análise da dinâmica geomorfológica atual do Pontal da Santa Cruz, bem como os elementos geomorfológicos e os processos atuantes na área, elaborou-se um mapa (Figura 18) com o objetivo de sintetizar as informações obtidas. Essa representação cartográfica evidencia os setores com maior incidência de processos geomorfológicos, permitindo uma compreensão espacial mais precisa das dinâmicas em curso.

Figura 18 – Mapa Morfodinâmico do Pontal da Santa Cruz.



Fonte: Dados dos trabalhos de campo (set. 2024); Google Satélite (2024). Elaboração: autora e co-autor (mai. 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a morfodinâmica do Pontal da Santa Cruz, conclui-se que sua dinâmica geomorfológica é predominantemente influenciada pelo escoamento subsuperficial, em interação com o escoamento superficial. Ambos, em combinação, favorecem os processos de intemperismo químico, atenuados pelos processos físicos, o que resulta no solapamento dos arenitos da Formação Exu e desencadeia processos erosivos. Esses fenômenos, por sua vez, geram um segundo efeito: os movimentos de massa, que podem variar em tipologia. No Pontal da Santa Cruz, as duas tipologias mais predominantes são os escorregamentos e as quedas de arenitos. Além disso, destaca-se a influência do rio Cariús e dos riachos Buxixé e Buriti, cujas capacidades erosivas, de transporte e deposição

contribuem para a ampliação do Vale do Brejo Grande, favorecendo o recuo das vertentes.

Compreender essa dinâmica possibilita a implementação de estratégias de geoconservação, o que pode contribuir diretamente para a redução da degradação da geodiversidade. Prontamente, a identificação das fragilidades e vulnerabilidades dessa área permite desenvolver abordagens específicas para atender a essas necessidades, isto indiretamente promove a conservação e/ou recuperação dos ecossistemas locais, alinhando-se ao objetivo da ODS 15, voltada para a proteção, restauração dos ecossistemas terrestres, promovendo o uso sustentável desses locais a longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa durante a realização desta pesquisa e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável-Proder.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-AYALA, Irasema. Geomorfologia, riscos naturais, vulnerabilidades e prevenção de desastres naturais em países em desenvolvimento. *Geomorphology*, v. 47, ed. 2-4, p. 107-124, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X02000831>. Acesso em: 15 dez. 2024.

ALENCAR, Damares Ribeiro; PINHEIRO, Allysson Pontes; SARAIVA, Antônio Álamo Feitosa; OLIVEIRA, Gustavo Ribeiro de; SANTANA, William. A new and species of Solenoceridae (Crustacea, Decapoda, Dendrobranchiata) from the Cretaceous (Aptian/Albian) of the Araripe Sedimentary Basin, Brazil, *Zootaxa*, v. 4527, n. 4, 2018. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.4527.4.2>. Acesso em: 12 abr. 2024.

AMORIM, Raul Reis. OLIVEIRA, Regina Célia de. Análise geoambiental dos setores de encosta da área urbana de São Vicente-SP. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, p. 123-198, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/yK3Sxd8vqqgjWRX8RnnrcKh/>. Acesso em: 25 dez. 2024.

ÁTILA, Frederico Fernandes de; CARVALHO, Vilma Lúcia Macagnan. Morfogênese, pedogênese e etchplanação: análise integrada dos aspectos geoquímicos, mineralógicos e micromorfológicos dos solos de uma topossequência na depressão de Gouveia, Serra do Espinhaço - Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 13, n. 2, p. 223-233, 2012. Disponível em: [morfogênese, pedogênese e etchplanação: análise integrada dos aspectos geoquímicos, mineralógicos e micromorfológicos dos solos de uma topossequência na](#)

[depressão de gouveia - serra do espinhaço - minas gerais | Revista Brasileira de Geomorfologia](#). Acesso em: 09 set. 2024.

ASSINE, Mario Luís. Bacia do Araripe. *B. Goeci*. Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 371-389, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mario-Assine/publication/279556073_Araripe_basin_Bacia_do_Araripe/links/58543aaf08ae77ec37045ad0/Araripe-basin-Bacia-do-Araripe.pdf. Acesso em: 01 abr. 2024.

AULER, S. Augusto; SMART, L. Peter. Late Quaternary Paleoclimate in Semiarid Northeastern Brazil from U-Series Dating of Travertine and Water-Table Speleothems. *Quaternary Research*, v. 55, p. 159-167, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/requests/r126093702>. Acesso em: 09 jun. 2024.

BEHLING, Hermann; ARZ, Helge W.; PATZOLD, Jurgen; WEFER, Gerold. Late quaternary vegetational and climate dynamics in Northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. *Quaternary Science Reviews*, n. 19, p. 981-994, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com.ez98.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0277379199000463?via%3Dihub>. Acesso em: 09 jun. 2024.

BÉTARD, François; PEULVAST, Jean-Pierre; MAGALHÃES, Alexandra de Oliveira. Biodiversité, Géodiversité et Enjeux de leur Conservation dans les Montagnes Humides du Nordeste Brésilien. BAGF. *Géographies*, Paris. p. 17-26, 2011. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_2011_num_88_1_8201. Acesso em: 09 mar. 2023.

BARROS, Olga Alcântara; VIANA, Maria Somália Sales; SARAIVA, Antônio Álamo Feitosa; SILVA, João Hermínio da. Primeira. Ocorrência de camarões fósseis (Crustácea, Decapoda) na formação Ipubi (Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe. *Society na Desenvolpente*, v. 9, n. 8, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343220414_The_first_occurrence_of_fossil_shrimps_Crustacea_Decapoda_in_the_Ipubi_Formation_Lower_Cretaceous_Araripe_Basin. Acesso em: 12 abr. 2024.

BASTOS, Frederico de Holanda; MAIA, Rubson Pinheiro; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. *Geomorfologia*. Fortaleza/EdUece, p.138, 2019. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432890/2/Livro%20Geografia%20-%20Geomorfologia.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2024.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia*. São Paulo: Blucher, 2 ed, p. 179, 1980.

COELHO, Arnaldo Teixeira. PEREIRA, Aloisio Rodrigues. *Efeitos da vegetação na estabilidade de taludes de encostas*. Boletim Técnico – Deflor Biogenharia, ano 1, n. 2, 2006.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Relatório Diagnóstico aquífero Missão Velha Bacia Sedimentar do Araripe*. v. 1, 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/22231?mode=full>. Acesso em: 12 abr. 2024.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. *Projeto avaliação hidrogeológica da bacia Sedimentar do Araripe*. Recife, 1996. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/14512991/avaliacao-hidrogeologica-da-bacia-sedimentar-do-araripe-dnpm>. Acesso em: 01 abr. 2024.

FRAMBINI, Gelson Luíz; SILVESTE, Diego da Cunha; BARRETO-JÚNIOR, Aerson Moreira; SILVA-FILHO, Wellington Ferreira da. Estratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe: estado da arte, revisão crítica e resultados novos. *Geologia Série Científica-USP*, v. 20, n. 4, 2020. Disponível em: [Estratigrafia da Bacia do Araripe: estado da arte, revisão crítica e resultados novos | Geologia USP. Série Científica](#). Acesso em: 09 de set. 2024.

FLORENZANO, Teresa Galloti. Introdução a Geomorfologia. In: FLORENZANO, Teresa Galloti. *Geomorfologia Conceitos e Tecnologias Atuais*. Oficina Textos, p. 318, 2008.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. *Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos*. Bertrand Brasil, 14 ed., p. 474. 2018.

GUERRA, Maria Daniely Freire; SOUZA, Marcos José Nogueira; SILVA, Edson Vicente da. Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil. *Ateliê Geográfico*, v. 14, n. 2, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ateliê/article/view/62824>. Acesso em: 01 abr. 2024.

LOPES, José Antônio Urroz. *Encostas: evolução, equilíbrio e condições de ocupação*. 2ª edição, São Paulo, Oficina de Textos, 2024. Acesso: 25 dez. 2024.

MAIA, Rúbson Pinheiro; 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, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufn.br/revistadoregne/article/view/11107>. Acesso em: 01 abr. 2024.

MEDEIROS, Paulo César. *Geomorfologia: fundamentos e métodos para o estudo do relevo*. Curitiba: Intersaberes, 2016.

MENDONÇA, Luis Alberto Ribeiro. *Recursos Hídricos da Chapada do Araripe*. Universidade Federal do Ceará-UFC, Doutorado em Engenharia Civil/Concentração em Recursos Hídricos, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/14731>. Acesso em: 01 abr. 2024.

MOURA-FÉ, Marcelo Martins de; BASTOS, Frederico de Holanda; NASCIMENTO, Marcos Antônio do. A mineração na Região Metropolitana do Cariri (RMCARIRI), Ceará: Geologia, Geomorfologia e Geoconservação associadas. *Caderno Prudentino de Geografia*, n. 46, v. 3, p. 1-27, 2024. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/9540>. Acesso em: 20 jul. 2024.

MOURA-FÉ, Marcelo Martins de. Etchplanação da Ibiapaba Setentrional, Noroeste do Ceará: abordagem dos principais processos erosivos. *Revista de Geociências do Nordeste - Regne*, v. 3, n. 1, 2017. Disponível em: [Etchplanação da Ibiapaba Setentrional, Noroeste do Ceará: abordagem dos principais processos erosivos | Revista de Geociências do Nordeste \(ufrn.br\)](https://www.ufrn.br/revista-de-geociencias-do-nordeste/article/view/16898). Acesso em: 09 set. 2024.

MOURA-FÉ, Marcelo Martins de. *Evolução Geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará: Gênese, Modelagem e Conservação*. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/16898>. Acesso em: 15 mar. 2023.

PENTEADO, Margarida Maria. *Fundamentos da Geomorfologia*. Secretaria de Planejamento da Presidência da República-Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2º ed. 1978. Acesso em: 15 abr. 2024.

PEREIRA, Rosagleyde da Silva. *Patrimônio Geomorfológico do Pontal da Santa Cruz (Santana do Cariri-CE): morfodinâmica, geoconservação & geoeducação*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Cariri, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, Crato, 2025.

RIBEIRO, Simone Cardoso. *Etnogeomorfologia Sertaneja: proposta de classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE com base no conhecimento tradicional sobre o relevo e seus processos*. RDS, p. 232, 2014.

ROSSATO, Maíra Suertegaray; BELLANCA, Eri Tonietti; FACHINELLO, Alexandra; CÂNDIDO, Luciane Aparecida; SILVA, Cláudia Russo; SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. *Terra feições ilustradas*. (org): SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. 3ºed, Porto Alegre, Editora, UFRGS, p. 264, 2008. Acesso em: 08 abr. 2024.

SARAIVA, Álamo; BARROS, Olga; BANTIM. Renan; LIMA, Flaviana. *Guia de Trabalhos de Campo em Paleontologia na Bacia do Araripe*. Crato, 2 ed, 2015. Acesso: 01 abr. 2024.

SARAIVA, Antônio Álamo Feitosa; HESSEL, Maria Helena; GUERRA, Núbia Chaves; FARA, Emmanuel. Concreções Calcárias da formação Santana, Bacia do Araripe: uma proposta de classificação. *Estudos Geológico*, v. 17 n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/estudosgeologicos/article/view/259734>. Acesso em: 12 abr. 2024.

VITTE, Antônio Carlos. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. *Revista do Departamento de Geografia. Revista do Departamento de Geografia*, v. 16, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47290>. Acesso em: 01 abr. 2024.

WARNAVIN, Larissa; ARAÚJO, Wiviany Mattozo de. *Estudos das transformações das paisagens e do relevo*. Editora Intersabares, 2016.

WICANDER, Reed; MONROE, James S. *Fundamentos de Geologia*. Cengage Learning – São Paulo, 2009.

Contato com o autor: rosagleyde.pereira@aluno.ufca.edu.br

Recebido em: 26/05/2025

Aprovado em: 26/07/2025