



MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE DO MACIÇO ESTRUTURAL SERRA DOS CAVALOS – PE E SEU ENTORNO

Detailed Geomorphological Mapping of the Serra dos Cavalos Structural Massif – PE and Its Surroundings

Mapeo Geomorfológico de Alta Resolución del Macizo Estructural Serra dos Cavalos – Pernambuco y su Entorno

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v28.1151>

Larissa Furtado Lins dos Santos¹

Danielle Gomes da Silva Listo²

Rhaissa Francisca Tavares de Melo Balder³

Histórico do Artigo:

Recebido em 09 de junho de 2025

Aceito em 19 de março de 2026

Publicado em 02 de maio de 2026

RESUMO

Este trabalho apresenta o mapeamento geomorfológico de detalhe do Maciço Estrutural Serra dos Cavalos – PE e sua área adjacente, com base na integração entre análise morfoestrutural e morfoesculturas dominantes. A área de estudo, inserida na Província Borborema, caracteriza-se por um compartimento montanhoso constituído por rochas cristalinas, fortemente condicionado por estruturas tectônicas pré-existentes. O mapeamento foi realizado na escala 1:100.000, com base na interpretação de modelos digitais de elevação (MDE), imagens de satélite, observações de campo e dados altimétricos. As unidades mapeadas foram classificadas em modelados de denudação (unidades pedimentares, cimeiras e formas residuais), modelados de acumulação (encostas coluvionares) e encostas de degradação. A cartografia resultante evidencia a compartimentação altimétrica e o controle estrutural da paisagem, permitindo distinguir superfícies planas e residuais, áreas de acumulação coluvial e setores sob intensa dissecação. Destacam-se as cimeiras a partir de 800 metros de altitude, associadas a cristas estruturais, os inselbergs e maciços residuais resistentes à erosão, bem como os pedimentos desenvolvidos em cotas decrescentes, frequentemente utilizados para uso agropecuário. Os resultados obtidos contribuem para a compreensão da organização espacial dos compartimentos geomorfológicos do agreste pernambucano e subsidiam análises ambientais voltadas à gestão territorial e ao planejamento do uso do solo em ambientes tropicais semiáridos.

Palavras-Chave: Geomorfologia. Compartimentação. Estrutura Geológica. Semiárido.


¹ Doutoranda e Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Email: larissa.furtado@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0002-4247-5317>

² Professora Adjunta do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Email: danielle.gsilva@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0002-9391-1211>

³ Professora do Instituto Federal de Sergipe (IFS), campus São Cristóvão. Email: rhaissatavares@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8953-6009>

ABSTRACT

The Serra dos Cavalos Structural Massif, located in the Borborema Province, presents a high degree of compartmentalization resulting from the articulation between lithostructural conditioning and geomorphological processes. This article presents a detailed geomorphological mapping of the massif and its surroundings, emphasizing the identification and classification of landforms according to genetic, morphometric, and morphostructural criteria. Through integrated analysis of satellite images, topographic data, fieldwork, and GIS techniques, it was possible to individualize morphogenetic units associated with denudational processes, such as pediments, residual massifs, inselbergs, summit surfaces, and steep slopes. The resulting mapping enabled the recognition of spatial patterns that reflect the structural influence on the configuration of the relief, as well as the geomorphological dynamics acting under semi-arid climatic conditions. The detailed scale adopted in the research allowed a more precise understanding of the relationships between topography, lithology, and erosive processes, providing a robust basis for interpreting the geomorphological evolution of the region. The results also contribute to environmental management and territorial planning, especially regarding the vulnerability of slopes and the use of flat or gently undulating areas. The work reinforces the importance of detailed geomorphological cartography in structurally complex and climatically sensitive terrains.

Keywords: Geomorphology. Compartmentalization. Geological structure. Semi-arid.

RESUMEN

Este artículo presenta un mapeo geomorfológico de detalle del Macizo Estructural Serra dos Cavalos, localizado en el municipio de Caruaru, agreste de Pernambuco, Brasil. El objetivo principal fue identificar, describir y clasificar las unidades geomorfológicas que componen el área, integrando aspectos morfológicos, estructurales y litológicos. La investigación se basó en análisis de gabinete, interpretación de imágenes satelitales y trabajo de campo para validación. Se identificaron unidades relacionadas a modelados de denudación, incluyendo superficies de cumbre, cristas, macizos residuales, inselbergs, pedimentos y rampas coluviales. La compartimentación geomorfológica evidenció una estrecha relación entre el relieve y la estructura geológica, indicando que los factores tectónicos desempeñaron un papel fundamental en la organización del paisaje local. Además, las formas de relieve reconocidas están vinculadas a procesos actuales y pretéritos de degradación, intemperismo y sedimentación, propios del ambiente semiárido. El resultado fue la elaboración de un mapa geomorfológico detallado que contribuye al conocimiento científico regional, siendo una herramienta útil para estudios ambientales, planificación territorial y gestión de recursos naturales.

Palabras clave: Geomorfología. Compartimentación. Estructura geológica. Semiárido.

INTRODUÇÃO

O mapeamento geomorfológico constitui-se em ferramenta essencial para a compreensão da dinâmica da superfície terrestre, permitindo a identificação e interpretação dos processos que modelam a paisagem ao longo do tempo (Strahler e Strahler, 2002; Ritter et al., 2006). No contexto da Geografia Física e da Geomorfologia Estrutural, a análise detalhada de maciços cristalinos, como o Maciço Estructural da Serra dos Cavalos, localizado no estado de Pernambuco, revela padrões de relevo diretamente relacionados à sua gênese tectônica, litológica e evolutiva, proporcionando subsídios para a reconstrução da história geológica e para a avaliação dos processos morfogenéticos contemporâneos (Twidale, 2004; Summerfield, 2014).

A Serra dos Cavalos insere-se na Província Borborema, região marcada por intensa complexidade estrutural e significativa diversidade morfoclimática, características que influenciam diretamente a modelagem do relevo e a distribuição dos processos geomorfológicos (Lima, 2018;

Almeida et al., 1981). A atuação de lineamentos, zonas de cisalhamento dúcteis-rúpteis, estruturas dobradas e compartimentações crustais resultantes de ciclos orogênicos proterozóicos compõem um arcabouço geológico que condiciona diretamente a compartimentação morfoestrutural da área, gerando uma paisagem com feições típicas de relevos dissecados, inselbergs, escarpas de falha e vales encaixados em zonas de fraqueza estrutural.

Neste contexto, o mapeamento geomorfológico de detalhe torna-se imperativo para a delimitação precisa das unidades morfoestruturais, identificação dos sistemas de drenagem, avaliação da influência dos fatores estruturais e climáticos na evolução do relevo, bem como para subsidiar ações de planejamento territorial e gestão ambiental (Ross, 2006). Em especial, nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, onde a dinâmica hídrica apresenta forte sazonalidade, a cartografia geomorfológica é um recurso estratégico para a identificação de áreas suscetíveis à erosão, escorregamentos, processos de colúvio e degradação de solos, sendo, portanto, fundamental no contexto da análise de vulnerabilidades ambientais e na proposição de políticas públicas sustentáveis.

Este artigo propõe-se a apresentar o mapeamento geomorfológico de detalhe do Maciço Estrutural Serra dos Cavalos e seu entorno, articulando dados de campo, imagens de sensoriamento remoto e análise cartográfica, com vistas a compreender as inter-relações entre estrutura geológica, processos exógenos e configuração morfológica atual. A pesquisa se insere em um paradigma interdisciplinar, buscando promover uma abordagem integrada, capaz de contribuir para o avanço do conhecimento geomorfológico regional e para o desenvolvimento sustentável da área estudada.

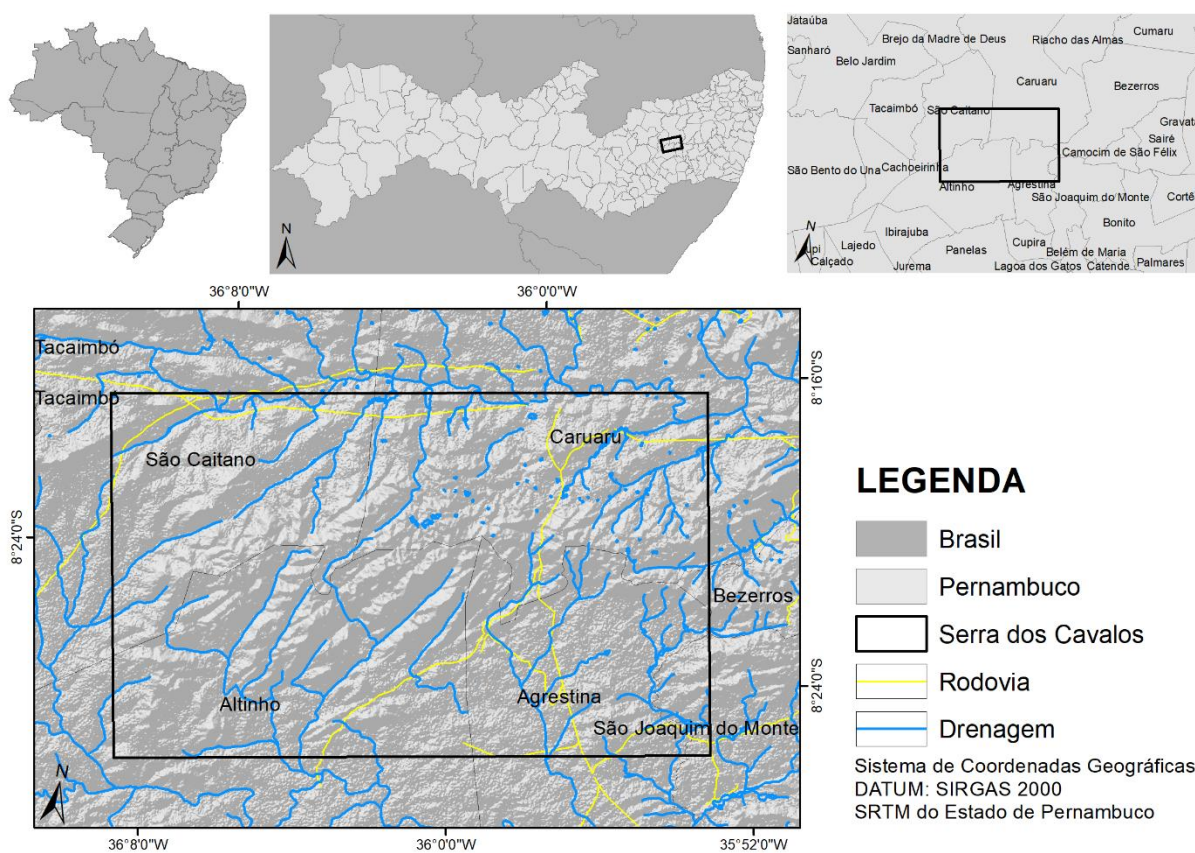
A escolha metodológica que orienta o presente mapeamento geomorfológico fundamenta-se na necessidade de compreender a organização da paisagem da Serra dos Cavalos a partir da integração entre as formas de relevo, os processos morfogenéticos dominantes e a estrutura geológica subjacente, em consonância com os princípios da geomorfologia estrutural e climática. A abordagem adotada combina a análise morfoestrutural — com base na cartografia geológica e na análise de lineamentos estruturais — com a leitura morfoescultural, considerando o papel dos processos erosivos, da dinâmica hidrológica e da cobertura superficial nos distintos compartimentos da paisagem.

Além do valor científico, o mapeamento aqui apresentado possui aplicação prática no âmbito da geoconservação, da educação ambiental e do ordenamento do território, especialmente em áreas de preservação ambiental, como a Unidade de Conservação existente na Serra dos Cavalos. Ao aliar robustez teórica, rigor metodológico e relevância aplicada, este trabalho busca consolidar-se como referência na cartografia geomorfológica de ambientes cristalinos tropicais e semiáridos.

ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o Maciço Estrutural Serra dos Cavalos – PE e seu entorno, completamente localizado na porção centro-leste do Estado de Pernambuco, abrangendo os municípios a seguir: São Caetano, Caruaru, Bezerros, Altinho, Agrestina e São Joaquim do Monte. É distante de Recife aproximadamente 145 km, sendo acessado pela BR-232 via Caruaru e BR-232, BR-104 e PE-149, adentrando pelo município de Altinho (IBGE, 2018) (figura 1).

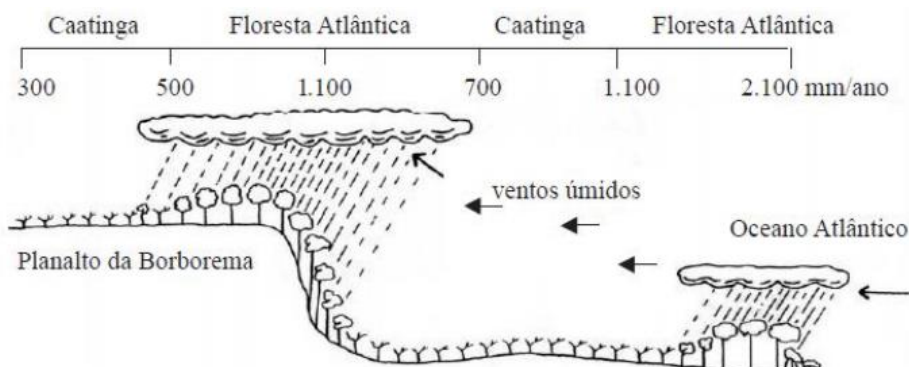
Figura 1: Localização do maciço estrutural Serra dos Cavalos – PE.



Fonte: As autoras.

Compreende uma região elevada, com cotas altimétricas que podem ultrapassar os 950 metros, sendo responsável por ser nascente de riachos (Riacho do Chuchu e Capoeirão) (Sousa, 2018) e curso médio de rios, como o Capibaribe e o Ipojuca (APAC, s.d.). É considerado ainda parte integrante de um conjunto de áreas elevadas, conhecidas localmente como “brejos de altitude”, como o Brejo da Madre de Deus, Triunfo e Taquaritinga do Norte. São verdadeiros oásis em meio ao semiárido nordestino (figura 2), caracterizando-se como ilhas produtivas.

Figura 2: Perfil esquemático de um brejo de altitude.



Fonte: Adaptado de Mayo & Fevereiro (1982).

Apresentam temperaturas mais amenas do que o seu entorno semiárido, com médias que variam de 17°C a 26,5°C (Agritempo, 2024) e índices pluviométricos médios entre 540 mm e 690 mm, associados aos ventos úmidos de sudeste. A presença de solos mais desenvolvidos em vertentes suavizadas e topos aplainados, associados a maiores índices pluviométricos orográficos, favoreceu historicamente a instalação de sistemas agrícolas de base familiar, voltados sobretudo para culturas de subsistência e horticultura (Andrade, 1998; CPRH, 2011). Esse padrão contrasta com o entorno regional, dominado por agropecuária extensiva adaptada às condições semiáridas.

Em uma perspectiva histórica, a ocupação da Serra dos Cavalos foi impulsionada por uma lógica de uso intensivo do espaço, com desmatamento seletivo da cobertura vegetal original — predominantemente Floresta Estacional Semidecidual e formações associadas à Mata Atlântica interiorana — para a implantação de roçados, pequenas lavouras permanentes e sistemas agroflorestais rudimentares. Esse processo foi particularmente intensificado ao longo do século XX, acompanhando a expansão urbana de Caruaru e a crescente demanda por produtos agrícolas frescos para abastecimento local (Ab'Sáber, 2003).

Atualmente, as condições físico-naturais do maciço, marcado por relevos residuais, solos rasos e cobertura vegetal remanescente da Mata Atlântica, têm favorecido a implementação de práticas agroextrativistas em pequena escala. Dentre essas atividades destacam-se a agricultura de subsistência sob regime de policultura, a exploração mineral da argila — utilizada como matéria-prima na indústria ceramista local — e a captação de água mineral proveniente de nascentes situadas nas altitudes mais elevadas. Esses usos, embora tradicionais, vêm promovendo pressões crescentes sobre os recursos naturais, sobretudo em contextos de maior vulnerabilidade ecológica, como os verificados em áreas de encosta e fundos de vale (Souza e Guerra, 2001).

Com o objetivo de mitigar tais impactos e preservar os recursos hídricos e a vegetação nativa, foi criado em Caruaru em 1983, por meio da Lei Municipal nº 2.804/83, o Parque Natural Municipal João Vasconcelos Sobrinho, abrangendo uma área de 359 hectares. Este parque abriga fragmentos significativos de Floresta Atlântica estacional e importantes mananciais hídricos, que desempenham papel estratégico no abastecimento das populações de Caruaru. As águas captadas na unidade de conservação são destinadas, prioritariamente, ao abastecimento público, irrigação de lavouras e dessedentação de animais — especialmente em períodos de estiagem, nos quais a demanda hídrica tende a se intensificar (MMA, 2010; Plano de manejo, 2020).

Tendo em vista a complexidade geoambiental da área de estudo, é preciso identificar a influência das interações entre: condicionantes geoambientais, processos históricos de ocupação humana e formas contemporâneas de apropriação do território. De modo geral, relevo, solos, clima e cobertura vegetal exercem papel estruturante sobre as possibilidades e limitações do uso do solo.

A Serra dos Cavalos é muito marcada por uma intensa dinâmica superficial, que sofre com uma expressiva remobilização de materiais ao longo das vertentes (Santos, 2020). Conforme Lima et. al. (2021), os depósitos coluviais encontrados e datados na área de estudo são fruto de processos de remobilização dos mantos eluviais, desenvolvidos sob o embasamento cristalino. Esses processos são modulados por variações climáticas e pela reorganização vegetal. Ainda que o foco do trabalho seja sedimentológico, os autores evidenciam que a instabilidade superficial da paisagem se torna particularmente sensível a intervenções antrópicas, sobretudo aquelas associadas à supressão da vegetação e à ocupação de encostas, contexto recorrente em áreas de uso agrícola tradicional.

Sousa et. al. (2018) aponta que os remanescentes de Mata Atlântica inseridos em ambiente semiárido vêm sendo historicamente descaracterizados pela ação antrópica, com destaque para diferentes formas de uso e ocupação do espaço. Segundo os autores, a intensificação dessas práticas tem ampliado os processos de degradação ambiental. Isso reflete no aumento de áreas de solo exposto e na fragmentação da vegetação, elementos diretamente associados às pressões exercidas pelo uso agrícola e pela ocupação humana no entorno e, em períodos pretéritos, no interior da serra.

Do ponto de vista histórico, análises de cunho geoambiental e histórico-territorial indicam que os condicionantes naturais da área — como solos rasos, elevada declividade e baixa capacidade de retenção hídrica em determinados setores — sempre impuseram limites à ocupação humana e às atividades produtivas. No Agreste, a predominância de solos rasos e pouco desenvolvidos favorece a drenagem rápida e reduz a infiltração, condicionando tanto o abastecimento hídrico quanto as formas de uso do solo (IBGE, 2018). Na Serra dos Cavalos, tais limitações foram parcialmente compensadas pelas

condições mais úmidas do brejo de altitude, o que historicamente favoreceu a instalação de práticas agrícolas, mas também intensificou conflitos entre uso produtivo e conservação ambiental.

CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A região Nordeste do Brasil encontra-se assentada sobre um embasamento geológico de natureza predominantemente cristalina, cuja evolução remonta ao Pré-Cambriano, com ênfase no Proterozóico. Este substrato é caracterizado por estruturas de deformação dúcteis e rúpteis, que se manifestam em zonas de cisalhamento e sistemas de falhas, formados sob diferentes regimes tectônicos ao longo do tempo geológico (Almeida et al., 1981; Brito Neves et al., 2000).

O arcabouço estrutural do Nordeste brasileiro é resultado da amalgamação de terrenos crustais durante a Orogênese Brasileira (c. 900–540 Ma), associada à convergência e colisão continental no contexto da formação do Gondwana Ocidental (Cordani et al., 2003; Santos et al., 2000). Nesse processo, destaca-se a Província Borborema, uma das mais complexas unidades tectônicas do território brasileiro, caracterizada por zonas de cisalhamento transcorrentes, blocos crustais com diferentes histórias termotectônicas e expressiva reativação estrutural (Van Schmus et al., 2008).

Durante o Mesozoico, sobretudo no Cretáceo Inferior, o evento de rifteamento que culminou na fragmentação da Pangeia e na abertura do Oceano Atlântico Sul acarretou a reativação de diversas falhas e zonas de fraqueza preexistentes, herdadas do Proterozóico (Mattos, 1992). Essa herança estrutural condicionou o desenvolvimento de bacias sedimentares do tipo rifte, como a Bacia do Jatobá, e contribuiu para a compartimentação morfoestrutural do relevo nordestino. Além disso, a orogenia brasileira originou extensas zonas de cisalhamento, com o predomínio de direções NE-SW e E-W. Ao longo do Cretáceo, essas zonas foram reativadas de forma rúptil, originando trends de falhamentos também de direção NE-SW e E-W.

A geodinâmica da região é marcada pela justaposição de terrenos arqueanos a neoproterozoicos e pela presença de zonas de cisalhamento associadas ao Ciclo Brasileiro/Pan-Africano (750–450 Ma), evento orogenético de grande magnitude que condicionou a configuração estrutural regional (Brito Neves et al., 1995; Santos et al., 1997). O município de Caruaru, onde se localiza o maciço, encontra-se sob a influência direta do Lineamento Pernambuco, uma zona de cisalhamento crustal de direção E–W, que delimita, ao norte, o Domínio da Zona Transversal (DZT), e ao sul, o domínio externo da província. Essa estrutura, em associação ao Lineamento Patos, contribui para a sismicidade local e o controle geomorfológico da região.

O Maciço da Serra dos Cavalos compõe-se de litologias intrusivas, com predomínio de granitos porfíricos associados à Suíte Intrusiva Itaporanga, inserida no contexto do batólito Caruaru–Arcoverde — o maior plúton brasileiro da Província Borborema, com cerca de 120 km de extensão, constituído por granitos e dioritos de granulação grossa a porfírica (Neves & Mariano, 1999; Neves et al., 2000). A geomorfologia local expressa encostas abruptas sujeitas a intemperismo diferencial, físico em áreas mais secas e químico nas encostas úmidas, o que favorece a ocorrência de processos denudacionais ativos, tais como a formação de depósitos de tálus nas vertentes.

Estruturalmente, o maciço exhibe cristas alinhadas no sentido NE–SW, com vales encaixados que evidenciam forte controle tectônico, possivelmente reativado durante o Neocenozóico, gerando condições favoráveis ao surgimento de nascentes. A geodiversidade litológica da área abrange ainda unidades como o Complexo Belém do São Francisco, com migmatitos e ortognaisses tonalíticos-granodioríticos mesoproterozoicos, e a Suíte Intrusiva Serra Taquaritinga, com biotita-sienogranitos porfíricos e porfiroblastos de feldspato potássico, além da suíte leucocrática peraluminosa contendo ortognaisses com biotita, muscovita, granada e cordierita (CPRM, 2001; França et al., 2018).

No tocante ao clima, entre os principais sistemas climáticos que influenciam o Nordeste do Brasil (NEB), merece destaque a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que resulta da convergência dos ventos alísios e exerce papel determinante na sazonalidade das chuvas na região, especialmente entre março e abril. A posição mais ao sul da ZCIT durante o verão e outono do Hemisfério Sul está associada a anos mais chuvosos, enquanto o deslocamento mais ao norte resulta em estiagens (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

Outros sistemas de escala regional e global também interferem na dinâmica climática do NEB, como os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), que ocorrem na alta troposfera entre dezembro e fevereiro e modificam a circulação atmosférica; o Dipolo do Atlântico, que regula a posição da ZCIT a partir da diferença térmica entre o Atlântico Tropical Norte e Sul; e o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), que aquece o Pacífico Equatorial, enfraquece os ventos alísios e inibe a precipitação na região. O inverso ocorre com a La Niña, que tende a aumentar as chuvas no NEB, embora com exceções condicionadas por outros fatores atmosféricos.

A rede de drenagem da área é dominada pelos rios Ipojuca e Una, ambos com cursos significativos em Pernambuco. A bacia do rio Una compreende uma das principais unidades de drenagem litorânea do Estado de Pernambuco, inserida na Divisão Hidrográfica Estadual como Unidade de Planejamento Hídrico nº5 (UP5). Sua nascente encontra-se no município de Capoeiras, no Planalto da Borborema, e seu curso segue na direção leste, percorrendo até 290 km até a sua foz, no Oceano

Atlântico em Barreiros. A bacia possui uma área de cerca de 6 740,31 km², dos quais 6 262,78 km² estão em território pernambucano (6,37% do Estado). A extensão e dimensão espacial dessa bacia fazem dela uma das mais importantes para os recursos hídricos, abastecimento, irrigação e usos múltiplos de água na região Sul de Pernambuco, incluindo municípios como Palmares, São Bento do Sul e Quipapá. Em seu curso superior, apresenta regime intermitente, tornando-se perene a montante de Altinho. Isso reflete respostas hidrológicas condicionadas pela variabilidade pluviométrica e heterogeneidade do relevo na região de planalto e transição para áreas baixas da Mata Sul (APAC, 2021).

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca é identificada como UP3 no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco. É parte integrante da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental e possui uma área de drenagem de aproximadamente 3 435,34 km² (3,49% do Estado). O rio Ipojuca nasce na Serra do Pau d'Arco, na porção Agreste do Estado, e seu percurso principal se desenvolve no sentido oeste-leste, atravessando diferentes domínios geomorfológicos, até desaguar na região do litoral sul, próximo ao Complexo Industrial Portuário de Suape. Ao longo de seu curso, apresenta um padrão hidrológico caracterizado por um regime fluvial intermitente em trechos superiores, condicionados pela irregularidade pluviométrica típica do Agreste. Torna-se mais perene apenas a partir do seu médio curso, especialmente nas proximidades de Caruaru. A bacia atravessa cerca de 25 municípios, incluindo Caruaru, Bezerros e Ipojuca, com impactos significativos no uso e ocupação do solo, qualidade da água e planejamento territorial, especialmente em razão de atividades urbanas, agrícolas e industriais em seu entorno (APAC, s.d.; SRH-PE, 1998).

Os canais fluviais predominam em padrões dendríticos e retangulares, refletindo a influência da estrutura geológica local. O relevo do Planalto da Borborema condiciona o início de muitas drenagens, enquanto os brejos de altitude funcionam como fontes permanentes de água. Três açudes (Guilherme de Azevedo, Serra dos Cavalos e Jaime Nejaim), localizados no Parque Vasconcelos Sobrinho, desempenham importante papel no armazenamento hídrico. Tais características têm implicações diretas para o manejo de recursos hídricos, controle de cheias, qualidade da água e estratégias de conservação ambiental, articulando aspectos físicos e antrópicos da organização espaço-territorial nesses sistemas fluviais pernambucanos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi estruturada em três macroetapas integradas e complementares, explicitadas a seguir: (1) organização e sistematização de dados em gabinete; (2) levantamento e validação de informações em campo; e (3) processamento, análise espacial e integração dos dados em ambiente SIG.

Essa abordagem multiescalar e multimétodo assegura replicabilidade científica e consistência interpretativa, conforme recomendações clássicas para mapeamento geomorfológico de detalhe (Tricart, 1977; Ross, 1992; IBGE, 2009).

O mapeamento geomorfológico foi elaborado a partir da integração de Modelos Digitais de Elevação (MDE), imagens orbitais multiespectrais e dados vetoriais temáticos. As bases primárias utilizadas foram sintetizadas no quadro 1.

Base de dados	Sensor / Missão	Resolução espacial	Resolução vertical	Ano de aquisição	Fonte	Aplicação principal
ASTER GDEM v3	Terra/ASTER	30 m	~20 m (RMSE médio)	2000–2019 (composição)	USGS	Geração de MDE, hipsometria, declividade, perfis topográficos
Imagens ópticas de alta resolução	Google Earth Pro (diversos sensores)	~0,5 a 2 m (variável)	—	2005–2023 (variável)	Google	Fotointerpretação de detalhe, identificação de feições morfodinâmicas
Cartas topográficas	IBGE	1:50.000	—	diversas datas	IBGE	Controle altimétrico e validação morfológica

O ASTER GDEM, disponibilizado pelo United States Geological Survey (USGS), foi selecionado por apresentar cobertura contínua, resolução espacial de 30 metros e consistência altimétrica adequada para análises morfométricas em escala de detalhe regional (Abrams et al., 2020). As imagens de alta resolução disponíveis no Google Earth Pro foram empregadas como suporte à fotointerpretação sistemática, sobretudo para identificação de feições lineares estruturais, canas intermitentes, depósitos coluviais e padrões de uso da terra.

O processamento digital foi realizado no software ArcGIS 10.2.2, seguindo rotinas consolidadas de análise geomorfométrica (Moore et al., 1991; Florinsky, 2017). As etapas incluíram: (1) correção e condicionamento do MDE; (2) geração de derivados topográficos – declividade, orientação de vertentes, curvaturas e hipsometria –; e (3) modelagem hidrológica.

Esses parâmetros permitiram a compartimentação preliminar do relevo, com distinção entre topos estruturais, vertentes dissecadas, rampas coluviais e planícies aluviais. A associação entre variáveis morfométricas e controle estrutural segue os pressupostos clássicos da análise sistêmica de relevo de autores como Christofletti (1980) e Ross (1992).

O processo de delimitação das unidades geomorfológicas foi resultado da integração entre: análise morfoestrutural (correlação entre lineamentos, padrões de drenagem e litologia),

fotointerpretação visual sistemática (tonalidade, textura, padrão e forma), análise de perfis topográficos longitudinais e transversais e cruzamento com dados geológicos regionais da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). A interpretação adotou como referencial metodológico o mapeamento geomorfológico hierárquico proposto por Ross (1992) e as diretrizes técnicas no Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), contemplando níveis taxonômicos compatíveis com a escala de detalhe.

Em áreas de relevo fortemente dissecado, como a Serra dos Cavalos, a combinação entre declividade elevada, alta densidade de drenagem e controle estrutural resultou na identificação de compartimentos de denudação diferenciados de superfícies residuais estruturais. A abordagem geomorfológica integrada mostrou-se particularmente eficiente para discriminar contatos entre vertentes convexas, associadas a cristas quartzíticas e setores de acumulação coluvionar nos sopés.

O trabalho de campo teve caráter confirmativo e interpretativo, contemplando: a verificação de limites cartografados, a descrição morfológica e morfodinâmica das vertentes, o registro fotográfico georreferenciado e a identificação de processos atuais (erosão linear, ravinamento e coluvionamento). A validação *in situ* é considerada uma etapa indispensável no mapeamento de detalhe, pois reduz as incertezas inerentes à interpretação exclusivamente remota (Tricart, 1977; IBGE, 2009).

A adoção de uma escala de detalhe é fundamentada na necessidade de representar as microformas e feições morfodinâmicas ativas, aspectos essenciais na compreensão da evolução geomorfológica regional e à identificação de áreas de fragilidade ambiental. Em contextos inseridos na Província Borborema, onde compartimentos estruturais residuais coexistem com planícies aluviais e depósitos coluvionares quaternários, a cartografia detalhada constitui instrumento estratégico para subsidiar o planejamento territorial, a gestão de unidades de conservação e a análise geoambiental integrada.

A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA COMO CONSTRUÇÃO EPISTEMOLÓGICA E TÉCNICA

A cartografia geomorfológica constitui um dos instrumentos analíticos centrais da Geografia Física e das Geociências, permitindo a representação espacial integrada das formas, processos e estruturas que compõem o relevo. Mais do que um procedimento técnico, trata-se de uma construção interpretativa ancorada em pressupostos epistemológicos específicos, que articulam morfologia, morfogênese, morfodinâmica e morfoestrutura (Tricart e Cailleux, 1979; Verstappen, 2011). Nesse sentido, o mapa geomorfológico não é uma mera transcrição gráfica do terreno, mas sim uma síntese analítica resultante da integração entre observação de campo, interpretação morfoestrutural e análise espacial.

A literatura internacional evidencia que a cartografia geomorfológica evoluiu de abordagens predominantemente descritivas para modelos analíticos e sistêmicos, incorporando princípios da geomorfologia estrutural, da análise de sistemas e, mais recentemente, da geomorfologia digital (Hengl e Reuter, 2009; Simith et al., 2011; Florinsky, 2017). Tal evolução produziu uma significativa diversidade metodológica, refletindo diferenças de escala, objetivos e contextos ambientais. Como assinala Ross (1992, 2003), apesar da existência de diretrizes internacionais, a prática do mapeamento geomorfológico permanece marcada por adaptações contextuais, especialmente em países de grande diversidade morfoestrutural, como o Brasil.

No contexto brasileiro, a consolidação de uma taxonomia hierárquica do relevo (Ross, 1992) e a publicação do Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009) representam avanços significativos na padronização de critérios cartográficos. Todavia, essas diretrizes não eliminam a necessidade de adequações metodológicas frente a realidades geomorfológicas específicas. Estudos aplicados em áreas cristalinas do Nordeste brasileiro demonstram que ambientes inseridos na Província Borborema demandam leitura integrada entre o controle estrutural pré-cambriano, as reativações tectônicas fanerozoicas e a dinâmica denudacional quaternária (Corrêa et al., 2010; Maia e Bezerra, 2014)

A Serra dos Cavalos, inserida no domínio estrutural da Província Borborema, constitui um exemplo emblemático dessa complexidade. O relevo local resulta da interação entre lineamentos estruturais, zonas de cisalhamento e litologias resistentes – que condicionam cristas residuais e alinhamentos serranos – e processos exógenos associados à dissecação diferencial sob clima semiárido (Maia e Bezerra, 2014; Claudino-Sales e Peulvast, 2004). Pesquisas em maciços cristalinos no Nordeste indicam que a compartimentação geomorfológica nessas áreas depende fortemente da herança tectônica e da reorganização da drenagem em resposta a controles estruturais (Bezerra et al., 2008), o que reforça a necessidade de abordagens morfoestruturais integradas.

Do ponto de vista metodológico, a incorporação de Modelos Digitais de Elevação e técnicas de análise geomorfométrica ampliou significativamente a capacidade de discriminação espacial das unidades de relevo (Moore et al., 1991; Hengl e Reuter, 2009; Florinsky, 2017). A extração de variáveis como declividade, curvatura e orientação de vertentes e parâmetros hidrológicos permite a identificação objetiva de padrões morfológicos, reduzindo a subjetividade interpretativa e favorecendo a replicabilidade científica. Entretanto, conforme argumentam Smith et al. (2011), a cartografia geomorfológica digital não substitui o trabalho de campo, mas o complementa, sendo indispensável a validação empírica das interpretações derivadas de dados orbitais.

No semiárido nordestino, estudos recentes têm ressaltado a importância de integrar a análise estrutural, a morfodinâmica atual e os registros sedimentares superficiais para compreender a evolução do relevo em escalas quaternárias (Corrêa et al., 2010; Maia e Bezerra, 2014). Tal perspectiva dialoga com a abordagem ecodinâmica proposta por Tricart (1977), na qual a paisagem é compreendida como resultado da interação dinâmica entre estrutura, processos e cobertura superficial.

Assim, embora o presente estudo dialogue com as diretrizes metodológicas do IBGE (2009) e com a proposta taxonômica de Ross (1992, 2003), adota-se uma adaptação metodológica orientada pelas especificidades morfoestruturais da Serra dos Cavalos. Essa adaptação fundamenta-se em três eixos complementares: (1) análise morfoestrutural detalhada, com ênfase no controle tectônico e litológico; (2) aplicação de técnicas geomorfológicas derivadas de MDE; e (3) validação de campo voltada à identificação de processos morfodinâmicos ativos.

Essa estratégia evita a simples transposição de modelos generalizantes e assegura coerência entre escala cartográfica, complexidade estrutural e objetivos analíticos. O mapeamento resultante não se restringe à descrição morfológica, mas busca evidenciar os mecanismos estruturais e processuais que conferem singularidade à paisagem do maciço estrutural estudado. Dessa forma, a cartografia geomorfológica é concebida como ferramenta analítica estratégica, capaz de contribuir simultaneamente para o avanço do conhecimento geomorfológico regional e para a fundamentação de políticas de planejamento territorial em ambientes de elevada sensibilidade geoambiental.

O PERÍODO QUATERNÁRIO

Por definição do *International Union for Quaternary Research* (INQUA), o Período Quaternário teve início há cerca de 2,6 milhões de anos. Essa definição ocorreu a partir de datações com potássio-argônio e paleomagnetismo. e subdivide o Quaternário em dois períodos, o Pleistoceno, que possui cerca de 2,5 M.a. e o Holoceno, compreendendo os últimos 10 mil anos. Conforme apontado por Melo (2014),

A bipartição deste período se baseia nos critérios de depósitos contendo espécies viventes, ou estrato de fósseis de moluscos com mais de 70% correspondendo à espécie viventes, visto que, quando este período se iniciou os continentes já tinham posição, formas, e floras modernas.

É no Quaternário que os seres humanos surgem e passam a ser agentes ativos modificadores da paisagem, transformando-a de acordo com suas necessidades e desejos. É nesse sentido que Salgado-Laboriau (1994) atrela os últimos 15 mil anos (final do Pleistoceno e o Holoceno inteiro) como o intervalo de tempo detentor da maior quantidade de informações paleoecológicas da

história evolutiva do planeta Terra, justamente por conta da inclusão da história da civilização humana. Esse cenário colabora para o acontecimento de grandes intervenções no ambiente natural, influenciando nos ecossistemas e sendo capaz de proporcionar grandes desequilíbrios.

Além de todo esse contexto, o Quaternário é marcado ainda por intensas oscilações climáticas, marcadas pela alternância entre ciclos glaciais e interglaciais, trazendo importantes e profundas implicações nos sistemas geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos e ecológicos. Essas variações são impulsionadas, em grande medida, pelas alterações nos parâmetros orbitais da Terra – excentricidade, obliquidade e precessão – conhecidas como ciclos de Milankovitch, que modulam a distribuição e intensidade da radiação solar incidente na superfície terrestre (Imbrie; Imbrie, 1980).

Durante os intervalos glaciais, o clima global apresentava-se substancialmente mais frio e seco, favorecendo o predomínio de processos de intemperismo físico e limitando a pedogênese, sobretudo em latitudes médias e altas. Em contrapartida, os períodos interglaciais, como o Holoceno atual, foram marcados por maior umidade e temperaturas elevadas, promovendo maior atividade biogeoquímica, o desenvolvimento de solos mais espessos e o predomínio do intemperismo químico (Silva, 2007; Behling, 2002). Os autores Blurm e Törnqvist (2000), por meio de pesquisas, conseguiram mensurar uma periodicidade associada a esses ciclos alternados que se distribuíram entre o Pleistoceno médio e o superior. Foram observados ciclos de alta amplitude (100.000 anos), associados à intervalos menores (cerca de 40.000 anos), que dominaram prioritariamente desde então.

As consequências dessas oscilações climáticas também se expressam na dinâmica fluvial e nos níveis relativos do mar. Durante os máximos glaciais, os rios intensificaram seus processos de incisão devido à redução da cobertura vegetal e ao aumento do escoamento superficial, ao passo que os interglaciais favoreceram a sedimentação e a expansão das planícies aluviais (Fairbanks e Matthews, 1989). Do mesmo modo, a retração das calotas polares durante os degelos promoveu transgressões marinhas significativas, elevando o nível do mar em mais de 100 metros em relação ao período glacial anterior.

No tocante à distribuição da biota, as alterações climáticas promoveram migrações latitudinais e altitudinais dos ecossistemas, com expansão de vegetações xerófitas em fases secas e posterior recolonização por espécies tropicais durante os intervalos úmidos. No Brasil, essa dinâmica teve papel crucial na reconfiguração das paisagens vegetais, sobretudo na transição entre biomas como a Mata Atlântica, a Caatinga e o Cerrado (Behling, 2002).

AMBIENTES DE DEPOSIÇÃO QUATERNÁRIA

As intensas variações climáticas e a atuação de eventos de alta magnitude durante o Quaternário configuraram importantes inputs de energia no sistema ambiental, resultando em processos erosivos e deposicionais que remodelaram o relevo. Tais processos operam em sinergia com o controle tectônico, que também regula a dinâmica da superfície terrestre.

Os depósitos quaternários, mesmo fora de bacias sedimentares, fornecem registros cruciais para a reconstituição da dinâmica paleoambiental. A compreensão desses materiais exige distinção entre formas resultantes de deposição recente e aquelas produzidas por erosão de unidades mais antigas (Sugiuo, 1999; Mello et al., 2005). Nesse contexto, destaca-se o modelo processo-resposta (Corrêa, 2001), no qual a energia do sistema geomorfológico condiciona a geometria e a composição dos depósitos.

Na Serra dos Cavalos, os depósitos recentes classificam-se em fácies eluvial e coluvial (Mabesoone, 1983). Tal perspectiva contribui para a construção de uma narrativa cronológica e evolutiva da paisagem, possibilitando a integração entre os produtos do intemperismo químico (fácies eluvial) e os produtos do transporte gravitacional (fácies coluvial). Essa articulação é particularmente relevante em ambientes tropicais de altitude, onde os processos morfogenéticos se intensificam em função das variações térmicas, do regime orográfico das chuvas e das especificidades litológicas locais. Esses depósitos apresentam baixa seleção granulométrica, ocorrência descontínua e espessura variável, sendo importantes indicadores de instabilidades paleoambientais. Sua análise fornece subsídios à reconstrução da evolução da paisagem, sobretudo em ambientes tropicais sob regime geotectônico estável, como a Província Borborema.

A ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA

A abordagem morfoestratigráfica constitui uma importante vertente metodológica no mapeamento geomorfológico, ao integrar a análise das formas de relevo com as sequências sedimentares que as constituem. Conforme Frye e Willman (1962), unidades morfoestratigráficas são delimitadas com base na morfologia superficial, independentemente da litologia ou idade dos materiais, permitindo a leitura espacial da evolução da paisagem. Contudo, como destacam Mello et al. (2005), essa abordagem pode apresentar limitações quando diferentes unidades estratigráficas compartilham a mesma feição topográfica ou quando formas erosivas posteriores fragmentam uma unidade originalmente contínua.

Autores como Meis & Moura (1984) propõem uma aplicação mais restrita do conceito, priorizando contextos em que há correspondência genética entre relevo e depósito. Essa perspectiva, ao articular morfologia, estratigrafia e sedimentologia, mostra-se especialmente eficaz na análise de depósitos quaternários, contribuindo para a reconstrução paleoambiental (Suguio, 2000; Philipp e Machado, 2001). Ao considerar dados como fácies, paleossolos, estruturas sedimentares e relações de contato, a abordagem morfoestratigráfica enriquece a interpretação da dinâmica morfogenética, sobretudo em ambientes tropicais com marcada sazonalidade climática.

Nesse contexto, o mapeamento morfoestratigráfico amplia a capacidade interpretativa do mapeamento geomorfológico, ao registrar superfícies de descontinuidade, episódios deposicionais e fases erosivas associadas a variações paleoclimáticas ou intervenções antrópicas (Leigh & Webb, 2006). Assim, consolida-se como instrumento estratégico para a análise evolutiva da paisagem e para o planejamento ambiental em áreas sob dinâmica geomorfológica ativa.

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE

O mapeamento geomorfológico de detalhe constitui uma abordagem refinada na cartografia das formas da superfície terrestre, voltada à caracterização minuciosa dos elementos morfogenéticos, morfoestruturais e morfoesculturais, em escalas compatíveis com a heterogeneidade espacial dos processos atuantes. Diferentemente das abordagens generalizantes, que priorizam compartimentações amplas do relevo, esta vertente metodológica opera em escalas de grande detalhe (geralmente maiores que 1:25.000), permitindo a identificação precisa de feições geomorfológicas elementares, bem como suas relações com os sistemas morfodinâmicos atuais e pretéritos (Guerra e Cunha, 2001; Ross, 1992).

O caráter analítico do mapeamento de detalhe demanda o emprego de múltiplas fontes de dados, entre as quais se destacam: imagens de sensoriamento remoto de alta resolução, modelos digitais de elevação (MDE), levantamentos topográficos e geodésicos, além de dados de campo e registros sedimentológicos. Tal mapeamento permite a identificação de descontinuidades morfoestratigráficas, superfícies de erosão, terraços fluviais, rampas coluviais e outras formas associadas a dinâmicas deposicionais e erosivas multitemporais, o que favorece interpretações paleoambientais robustas (Suguio, 2010; Meis & Moura, 1984).

Essa abordagem é particularmente relevante em áreas sob influência de processos morfogenéticos ativos — como encostas instáveis, planícies de inundação, áreas de sedimentação recente e regiões com passivos geoambientais —, sendo fundamental para diagnósticos geotécnicos,

estudos de suscetibilidade a desastres naturais e planejamento do uso da terra (Ab'Saber, 2003; Christofoletti, 1980). Além disso, quando articulado à morfoestratigrafia e à análise sedimentar, o mapeamento de detalhe permite o refinamento de modelos evolutivos da paisagem, contribuindo de forma decisiva para reconstruções paleoambientais em contextos quaternários.

Nesse sentido, o mapeamento geomorfológico de detalhe ultrapassa a função meramente descritiva e assume um papel interpretativo, preditivo e aplicável à gestão territorial. Sua adoção amplia a acurácia dos produtos cartográficos, favorece a modelagem ambiental e potencializa sua utilização em estudos interdisciplinares, como a geoarqueologia, a análise ambiental, a geomorfologia fluvial e a avaliação de impactos ambientais.

Desse modo, para uma melhor caracterização geomorfológica, a Serra dos Cavalos foi subdividida, a partir de aspectos morfológicos e topográficos. A área foi dividida a partir das características morfoestruturais e morfoesculturais que, conforme Ross (1992), correspondem respectivamente à base de sustentação do relevo e aos resultados das ações climáticas pretéritas e atuais sob as superfícies. Classificam-se, portanto, segundo as características descritas abaixo:

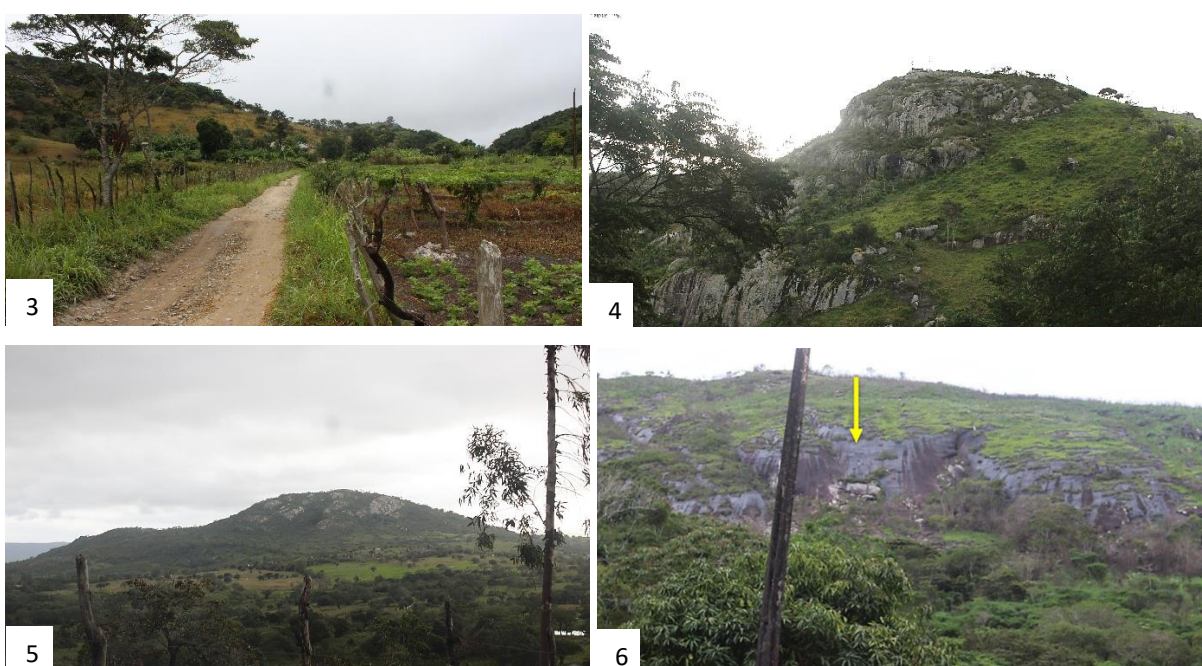
Modelados de denudação:

- 1) Unidade pedimentar: se encontra nas áreas de menor altitude, moderadamente planas, podendo apresentar porções suavemente inclinadas. Sua cobertura superficial foi herdada do manto eluvial das encostas e cimeiras, no entanto, não há presença de deposição excessiva, tão pouco dissecação bem-marcada. Nesta unidade são desenvolvidos os cultivos e a criação de animais, estando subdividida no mapeamento entre pedimentos com cobertura coluvial a 500 e a 400 metros de altitude.
- 2) Unidade residual: está associada à presença de corpos intrusivos, encontrados de modo disperso na região. São corpos que resistiram aos processos denudacionais, reafirmando a relação existente entre os fatores lito-estruturais e morfoclimáticos. Na área estudada, estão associados às altitudes acima dos 600 metros, rodeados por encostas íngremes, modeladas a partir do intemperismo físico. Levando em conta o grau de inclinação dessas encostas, são relevos residuais aptos a sofrer com a influência de processos denudacionais, sendo a unidade subdividida em dois compartimentos – Inselbergs e Maciços residuais.
- 3) Unidade de cimeira: representa as áreas de maiores altitudes, definidas em cotas superiores a 800 metros. Foi subdividida a partir das relações geométricas apresentadas no topo, em duas subunidades: superfície de cimeira e cimeira em crista. Estas últimas, dispõem-se na paisagem

ao longo de cristas, que se direcionam preferencialmente pelas linhas de falhas encontradas na região.

- 4) Encosta de degradação: estão associadas às áreas que circundam as cimeiras, susceptíveis a incisivos processos denudacionais, sem a presença de cobertura coluvial. São fortemente ondulados e podem ser encontrados afloramentos rochosos na região. No mapeamento, aparecem como encosta sem cobertura coluvial.

Figuras de 3 a 6: Representações dos Modelados de denudação (Unidade pedimentar, unidade residual, unidade de cimeira e encosta de degradação, respectivamente).



Fonte: As autoras.

Modelados de acumulação:

- 1) Encostas de agradação: compreendem as áreas de transição entre as superfícies de cimeira e o pedimento a 500 metros, apresentando relevo ondulado, feições deposicionais inclinadas, concatenadas à coalescência de depósitos coluviais. A presença do colúvio suaviza a ruptura de declividade existente entre o fundo plano representado pelo sopé e as encostas. Foram denominadas no mapeamento de encosta com cobertura coluvial e encosta em avental de colúvio.
- 2) Unidade de acumulação: é determinada pela presença do plaino aluvial na área de estudo. Está numa pequena porção do mapeamento, caracterizada por regiões mais baixas e planas,

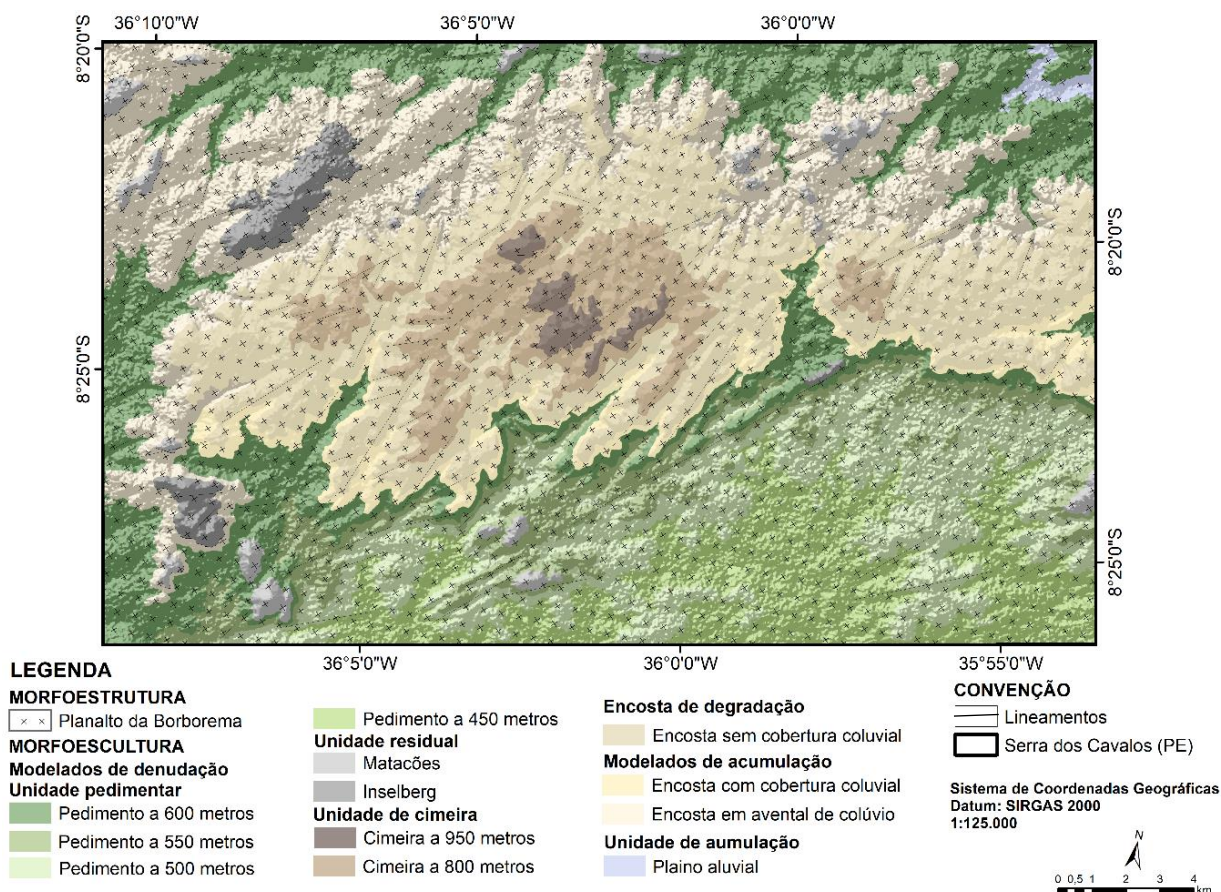
englobando áreas que foram resultado de processos de deposição. Se apresenta completamente circunscrita pela área pedimentar a 600 metros.

Figuras 7 e 8: Representação dos modelados de acumulação (encostas de agradação e unidade de acumulação, respectivamente).



Fonte: As autoras.

Figura 10: Mapeamento geomorfológico do maciço estrutural Serra dos Cavalos - PE.



Fonte: Modificado de Santos (2020).

Tabela 1: Síntese das informações geomorfológicas derivadas do mapeamento geomorfológico de detalhe.

Categoria	Unidade	Faixa altimétrica / posição topográfica	Características morfológicas	Processos dominantes	Significado geoambiental
Morfoestrutura	Planalto da Borborema	Superfícies elevadas (> 450 m)	Relevo estrutural cristalino, cristas alinhadas, controle tectônico	Controle estrutural, dissecação diferencial	Base morfoestrutural regional
Morfoescultura – Modelados de denudação	Pedimento a 600 m	Superfícies suavemente inclinadas em níveis elevados	Topografia suavizada, transição entre cimeiras e vertentes	Erosão laminar, retrabalhamento coluvial	Superfícies relictuais elevadas
	Pedimento a 550 m	Nível intermediário	Rampas amplas, declividades moderadas	Dissecação progressiva	Compartimento de transição altimétrica
	Pedimento a 500 m	Nível inferior	Superfícies extensas, menor energia do relevo	Intemperismo químico-físico	Estágio avançado de aplainamento
	Pedimento a 450 m	Próximo às áreas de acumulação	Rampas suaves conectadas a vales	Coluvionamento e erosão difusa	Interface entre denudação e acumulação
	Unidade residual	Elevações isoladas	Morros testemunhos	Resistência litológica diferencial	Indicadores de superfícies pretéritas
	Matacões	Pontuais	Blocos graníticos arredondados	Intemperismo esferoidal	Registro de processos intempéricos
	Inselberg	Isolados e abruptos	Elevações monolíticas	Denudação diferencial	Marcos estruturais e paisagísticos
	Unidade de cimeira (950 m)	Topos mais elevados	Cristas estruturais, forte controle tectônico	Desnudação estrutural	Superfícies estruturais preservadas
	Unidade de cimeira (800 m)	Topos intermediários	Superfícies convexas e alongadas	Dissecação moderada	Compartimento superior secundário
	Encostas de degradação	Encosta sem cobertura coluvial	Vertentes íngremes	Alta declividade, afloramentos rochosos	Erosão concentrada
Modelados de acumulação	Encosta com cobertura coluvial	Sopés e vertentes médias	Depósitos inconsolidados	Coluvionamento ativo	Áreas de instabilidade potencial
	Encosta em avental de colúvio	Base das vertentes	Depósitos espessos e mal selecionados	Movimentos de massa	Zona de transição morfodinâmica
Unidade de acumulação	Plano aluvial	Fundos de vale	Superfície plana, sedimentos recentes	Deposição fluvial	Áreas suscetíveis a inundações

Fonte: As autoras.

A organização espacial das unidades mapeadas revela uma clara hierarquização morfoestrutural, típica dos compartimentos cristalinos inseridos na Província Borborema. O Planalto da Borborema configura a moldura estrutural regional, condicionando a orientação dos lineamentos e o

padrão de drenagem, evidenciando forte controle tectônico na gênese e evolução do relevo. As cristas alongadas e alinhadas sugerem associação com zonas de cisalhamento e fraturas regionais, reforçando a leitura morfoestrutural da paisagem.

Os modelados de denudação, organizados em diferentes níveis altimétricos (entre 600 e 450 metros), indicam superfícies escalonadas, interpretáveis como remanescentes de ciclos sucessivos de aplainamento e rebaixamento topográfico. Essa compartimentação sugere a atuação prolongada de processos de pediplanação em contexto semiárido, com dissecação progressiva comandada pela rede de drenagem. A presença de unidades residuais, matacões e inselbergs reforça o papel da resistência litológica diferencial e do intemperismo físico-químico na esculturação do relevo.

As unidades de cimeira (800 e 950 metros) correspondem aos compartimentos estruturalmente mais preservados, representando remanescentes de superfícies elevadas e sustentadas por litologias mais resistentes. Tais setores funcionam como divisores hidrográficos e áreas-fonte de sedimentos, exercendo papel estratégico na dinâmica hidrossedimentológica regional.

No que concerne às encostas de degradação, observa-se uma distinção entre vertentes com e sem cobertura coluvial, indicando a ocorrência de diferentes estágios morfodinâmicos. As encostas desnudas apresentam uma maior suscetibilidade à erosão concentrada, enquanto os setores com colúvio evidenciam aporte sedimentar recente, associado a movimentos de massa e retrabalhamento gravitacional.

Os modelados de acumulação e o plano aluvial configuram compartimentos morfodinâmicos ativos, nos quais predominam processos deposicionais. O plano aluvial, associado aos fundos de vale, representa área de maior sensibilidade hidrológica, sujeita a inundações periódicas e reorganizações do canal fluvial.

Em termos sistêmicos, o conjunto das unidades revela uma paisagem bastante estruturada, com forte herança tectônica, submetida a longos períodos de denudação diferencial e atualmente marcada por uma dinâmica morfogenética submetida às características semiáridas. A interação entre o controle estrutural, a pediplanação escalonada e processos coluviofluviais recentes confere à Serra dos Cavalos uma elevada complexidade geomorfológica e significativa fragilidade ambiental em determinados compartimentos.

CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Serra dos Cavalos, enquanto testemunho morfológico e geoambiental da Borborema, constitui um verdadeiro arquivo de eventos paleoambientais e neotectônicos. O mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço estrutural da Serra dos Cavalos – PE e seu entorno permitiu a identificação, caracterização e espacialização de unidades morfoesculturais e morfoestruturais com elevado grau de precisão, fundamentando-se na análise integrada de atributos altimétricos, morfogenéticos, litoestruturais e morfodinâmicos. A partir da cartografia gerada, destaca-se a compartimentação da paisagem em unidades associadas a modelados de denudação (como pedimentos, unidades residuais e de cimeira), encostas de degradação e encostas de agradação, bem como unidades de acumulação em setores rebaixados.

As unidades pedimentares, fortemente representadas no entorno do maciço, expressam superfícies de erosão diferenciadas altimetricamente entre 400 e 600 metros, atestando a complexa interação entre processos de dissecação, transporte coluvial e controle estrutural. As unidades residuais – compostas por inselbergs, maciços residuais e matacões – denotam feições resistentes à denudação, expressando o arcabouço cristalino da Província Borborema, enquanto as cimeiras, acima de 800 metros, evidenciam o controle tectônico sobre a compartimentação do relevo, sobretudo ao longo de cristas associadas a lineamentos estruturais.

As encostas de degradação, fortemente declivosas e sem cobertura coluvial, circundam as áreas de maior altitude, servindo como zonas de transição entre os compartimentos altos e as superfícies pedimentares. Já as encostas de agradação – com depósitos coluviais e em avental – evidenciam zonas de acúmulo de materiais retrabalhados, com importância geomorfológica e potencial paleoclimático.

A abordagem adotada demonstrou que o mapeamento geomorfológico de alta resolução é uma ferramenta estratégica para a análise evolutiva da paisagem e para o planejamento territorial, sobretudo em áreas serranas sob intensa dinâmica morfogenética. A Serra dos Cavalos, nesse sentido, revela-se não apenas como um maciço residual estruturado, mas também como um território com forte diversidade morfodinâmica, cuja compreensão exige a articulação entre geologia estrutural, processos exógenos e indicadores morfoestratigráficos.

Além de evidenciar a complexidade morfoestrutural da Serra dos Cavalos, o mapeamento realizado também revelou desafios teórico-metodológicos inerentes à cartografia geomorfológica de detalhe em terrenos cristalinos semiáridos. A utilização de Modelos Digitais de Elevação de média resolução, embora adequada à escala adotada, impõe limitações na identificação de microformas e na

discriminação precisa entre rampas pedimentares relictuais e depósitos coluvionares recentes, especialmente em setores de dissecação moderada. Tal condicionante exige validação sistemática em campo e análise morfométrica criteriosa, conforme ressaltado na literatura sobre geomorfometria aplicada (Florinsky, 2017; Smith, Paron e Griffiths, 2011).

Outro ponto sensível refere-se à interpretação do controle tectônico. Em áreas inseridas na Província Borborema, a distinção entre herança estrutural pré-cambriana e possíveis reativações neotectônicas requer cautela analítica, sendo inadequado inferir atividade tectônica recente exclusivamente com base em alinhamentos topográficos ou padrões de drenagem (Maia e Bezerra, 2014; Maia e Bezerra, 2019). Dessa forma, a leitura morfoestrutural deve ser compreendida como hipótese interpretativa sustentada por evidências geomorfológicas, mas não como comprovação direta de eventos tectônicos recentes.

Do mesmo modo, a associação entre encostas de agradação e potenciais registros paleoclimáticos demanda prudência, uma vez que inferências paleoambientais dependem de análises sedimentológicas, estratigráficas e, idealmente, datações absolutas (Suguio, 2010). Assim, os depósitos coluviais identificados devem ser interpretados como indicadores de dinâmica morfogenética pretérita, mas não como marcadores cronológicos inequívocos.

Essas limitações não invalidam os resultados obtidos, mas reforçam a necessidade de transparência metodológica e de integração entre dados morfométricos, observação de campo e literatura regional especializada. Em pesquisas similares, recomenda-se atenção especial à compatibilidade entre escala cartográfica, resolução dos dados altimétricos e complexidade estrutural do terreno, bem como à explicitação dos critérios taxonômicos adotados na delimitação das unidades.

REFERÊNCIAS

- ABRAMS, M., CRIPPEN, R., FUJISADA, H. Aster Global Digital Elevation Model (GDEM) Aster Global Water Body Dataset (ASTWBD). *Remote Sensing*, v.12, p.1-12, 2020
- AB'SÁBER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. *Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe*. Recife: APAC, [s.d.]. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-capibaribe/162-bacias-hidrograficas-rio-capibaribe/193-bacia-do-rio-capibaribe>. Acesso em: 10 fev. 2026.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. *Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca*. Recife: APAC, [s.d.]. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/165-bacias-hidrograficas-rio-ipojuca/196->. Acesso em: 10 fev. 2026.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. Boletim Climatológico Anual do Estado de Pernambuco – 2021. Recife: APAC, 2021.

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Dados meteorológicos: médias históricas de temperatura – Município de Caruaru (PE). Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2024. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 04 fev. 2026.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

ANDRADE, M. C. de. *A terra e o homem no Nordeste: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste*. 7. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 177, n. 1, p. 19–27, 2002.

BEZERRA, F. H. R.; NEVES, B. B. B.; CORREA, A. C. B.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin - the Cariatá trough, northeastern Brazil. *Geomorphology*. 01: 555-582, 2008.

BLUM, M. D. & TÖRNQVIST, T. E. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, n. 47, p. 2-48 Supplementum 1. 2000.

BRITO NEVES, B. B.; CAMPOS NETO, M. da C.; FUCK, R. A. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano–Pan African cycle and orogenic collage in South America. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, n. 2, p. 111–135, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(00\)00054-9](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(00)00054-9).

BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, E. J.; CAMPOS NETO, M. da C.; KOZUCH, M. The Brasiliano/Pan-African cycle and the assembly of West Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, n. 2, p. 163–175, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(95\)00021-3](https://doi.org/10.1016/0895-9811(95)00021-3).

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, Jean-Pierre. Evolução Morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 8, n. 20, p. 1–21, 2007. DOI: 10.14393/RCG82015469. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15469>. Acesso em: 23 nov. 2025.

CORDANI, U. G.; SATO, K.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C. C. G.; BASEI, M. A. S. Tectonic evolution of South America. In: GOODWIN, A. M.; NANCE, R. D. (ed.). *The Geology of South America*. London: Geological Society, 2003. p. 31–48. (Geological Society Special Publication, 214). DOI: <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.214.01.02>.

CORRÊA, A. C. de B. Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado – IGCE, Rio Claro, UNESP. 386p. 2001.

CORRÊA, A. C. de B. et al. Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. *Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)*, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010.

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

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Plano de manejo do Parque Natural Municipal Serra dos Cavalos. Recife: CPRH, 2011.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco. Plano de Manejo do Parque Natural Municipal João Vasconcelos Sobrinho. Recife: CPRH, 2015.

FAIRBANKS, R. G.; MATTHEWS, R. K. *Quat. Res.* 10, 181–196. 1978.

FLORINSKY, I. V. An illustrated introduction to general geomorphometry. *Progress in Physical Geography*, v. 41, n. 6, p. 723–752, 2017.

FRANÇA, R. H. M.; NEVES, S. P.; MARIANO, G. Petrografia e evolução tectono-magmática de granitos peraluminosos na Província Borborema, Nordeste do Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 48, n. 3, p. 455–472, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-4889201820180020>.

FRYE, J. C. & WILLMAN, H. B. Morphostratigraphic units in Pleistocene stratigraphy. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, v. 46, p. 112-113, 1962.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

HENGL, T; REUTER, H. I. (Org.). *Geomorphometry: concepts, software, applications*. Developments in Soil Science, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2009.

IMBRIE, J; IMBRIE, J. Z. Modeling the climatic response to orbital variations. *Science*. 29;207(4434):943-53. 1980. doi: 10.1126/science.207.4434.943.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de geomorfologia. 2. ed., n. 5. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 178 p. : il. (Coleção Ibgeana. Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598). ISBN 9788524041105.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Malha Municipal Digital do Brasil 2018: informações técnicas para malhas territoriais. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2018/Leia_me_Malha_Digital_2018.pdf. Acesso em: 04 dez. 2025

LEIGH, D. S.; WEBB, P. A. Holocene erosion, sedimentation, and stratigraphy at Raven Fork, Southern Blue Ridge Mountains, USA. *Geomorphology*, v. 78, p. 161-177, 2006.

LIMA, H. M. Evolução tectônica da porção nordeste da Faixa Sergipana, Província Borborema, estado de Alagoas, NE do Brasil. 2018. 161 f. Tese (Doutorado em Geologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

LIMA, G. R. de; LISTO, D. G. da S.; ARRUDA, I. R. P. de. Análise dos depósitos de colúvio na serra dos cavalos –Caruaru / Pernambuco. *Revista de Geociências do Nordeste*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 01–10, 2021. DOI: 10.21680/2447-3359.2021v7n2ID18221. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/18221>. Acesso em: 06 jan. 2026.

MABESOONE, J. M. *Sedimentologia*. Recife: Editora Universitária, 1983.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Inversão neotectônica do relevo na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 61–74, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.419.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Structural Geomorphology in Northeastern Brazil. Cham: SpringerBriefs, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-13311-5.

MAYO, S. J. & FEVEREIRO, V. P. B. Mata do Pau-Ferro: a pilot study of the brejo forest of Paraíba, Brazil. *Royal Botanic Gardens, Kew*. 1982.

MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian rift system. *Tectonophysics*, v. 213, p. 247–268, 1992. DOI: 10.1016/0040-1951(92)90290-5.

MEIS, M. R. M.; MOURA, J. R. S. Upper Quaternary sedimentation and hillslope evolution: Southeastern Brazilian Plateau. *American Journal of Science*, v. 284, p. 241-254, 1984.

MELO, R. F. T. Evolução dos depósitos de encosta no Leque Malaquias e Lagoa das Pedras no entorno do maciço estrutural da Serra de Água Branca. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco. 158p, 2014.

MELLO, C. L.; RODRIGUES, H. B.; HATUSHIKA, R. S. Reativações Tectônicas Cenozóicas na Faixa de Lineamentos Colatina (ES). 2005.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Relatório Técnico do Bioma Mata Atlântica*. Brasília: MMA, 2010.

MOORE L. L.; LOMBARDI, D.A.; WHITE, M.J.; CAMPBELL, J.L., OLIVERIA, S.A., ELLISON, R.C. Influence of parents' physical activity levels on activity levels of young children. *J Pediatr.* 1991 Feb;118(2):215-9. doi: 10.1016/s0022-3476(05)80485-8. PMID: 1993947.

NEVES, S. P.; MARIANO, G. Assessing the tectonic significance of the Caruaru–Arcoverde batholith (Borborema Province, NE Brazil): geochemical and petrographic constraints. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, n. 3, p. 347–356, 1999.

NEVES, S. P.; MARIANO, G.; GUIMARÃES, I. P. The Caruaru–Arcoverde batholith (Borborema Province, NE Brazil): plutonism and crustal growth during the Brasiliano orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 13, p. 547–560, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(00\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(00)00062-8).

PARQUE NATURAL MUNICIPAL PROFESSOR JOÃO VASCONCELOS SOBRINHO (Serra dos Cavalos). Plano de manejo do Parque Natural Municipal Professor João Vasconcelos Sobrinho – Serra dos Cavalos. Caruaru, PE: Prefeitura Municipal de Caruaru / Parque Natural Municipal Serra dos Cavalos, 2020. Disponível em: <https://parqueserradoscavalos.caruaru.pe.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/PLANO-DE-MANEJO.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2026.

PHILIPP, R. P.; MACHADO, R. Estratigrafia e significado tectônico das suítes graníticas do Batólito de Pelotas no RS. *Revista Brasileira de Geociências*, 31(3): 257-266. 2001.

RITTER, D. F.; KOCHER, R. C.; MILLER, J. R. *Process geomorphology*. 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2006.

ROSS, J. L. S. A morfogênese e o mapeamento geomorfológico: uma proposta metodológica. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 6, p. 15-41. 1992.

ROSS, J. L. S. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SALGADO-LABORIAU, M. L. *História ecológica da Terra*. São Paulo: Blucher, 1994.

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R. O complexo tectônico da Província Borborema e a evolução do embasamento pré-cambriano do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 4, p. 315–327, 1997.

SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R.; KOZUCH, M.; BRITO NEVES, B. B. The Borborema Province. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (ed.). *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress. Rio de Janeiro: CPRM, 2000. p. 151–182.

SANTOS, L. F. L. dos. *Morfoestratigrafia do Quaternário em depósitos colúviais: instrumento para a reconstrução ambiental no maciço estrutural Serra dos Cavalos (PE)*. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. *Mapa Geológico do Estado de Pernambuco*. Escala 1:500.000. Recife: CPRM, 2001.

SILVA, D. G. *Evolução Paleoambiental dos Depósitos de Tanques em Fazenda, Município de Brejo da Madre de Deus, Pernambuco*. Dissertação de Mestrado. 155p. Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco. 2007.

SMITH, M.J., PARON, P.; GRIFFITHS, J.S. *Geomorphological Mapping: Methods and Applications*. Volume 15, Elsevier Science, Amsterdam, 610. 2011.

SOUSA, S. G., *Análise da Cobertura Vegetacional e a Dinâmica Superficial na Serra Dos Cavalos - Pernambuco*. Anais do XII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia - UGB - União da Geomorfologia Brasileira, Crato/CE, 2018.

SOUZA, M. C.; GUERRA, A. J. T. Dinâmica de uso da terra e impactos ambientais em áreas de encosta. *Revista Geografia*, v. 26, n. 1, p. 57–70, 2001.

STRAHLER, A. H., & STRAHLER, A. N. *Introducing Physical Geography* (3rd ed.). New York: Wiley. 2002.

- SUGUIO, K. Geologia do quaternário e mudanças ambientais: (passado+presente=futuro?). [S.l: s.n.], 1999.
- SUGUIO, K. A importância da geomorfologia em Geociências e áreas afins. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 1, n. 1, p. 80-87, 2000.
- SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- SUMMERFIELD, M. A. *Global geomorphology*. 2. ed. London: Routledge, 2014.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO – SRH-PE. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Ipojuca – Diagnóstico Integrado. Recife: SRH-PE, 1998.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 91p. 1977.
- TRICART, J.; CAILLEUX, A. *Introduction à la géomorphologie climatique*. Paris: Masson. 1979.
- TWIDALE, C. R. *Landforms and geomorphological processes in Australia*. 2. ed. Adelaide: University of Adelaide Press, 2004.
- VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P. C.; BABINSKI, M. The Borborema Province: tectonic evolution and isotopic constraints. In: ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R.; HASUI, Y.; BARTORELLI, A. (org.). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 2008. p. 227–251.
- VERSTAPPEN, H. T. Old and new trends in geomorphological and landform mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. (Ed.). *Geomorphological mapping: methods and applications*. p. 13–38. Oxford, 2011.