

## CONTROLE LITOESTRUTURAL NO RELEVO DA SERRA DA FORMIGA, REGIÃO SEMIÁRIDA DO SERIDÓ POTIGUAR

### VANDERLI ALVES DOS SANTOS

Mestrando em Geografia - GEOCERES/UFRN

Email: [vanderliaves1@gmail.com](mailto:vanderliaves1@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5416-2316>

### DAVÍ DO VALE LOPES

Professor do Departamento de Geografia/CERES da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Email: [davi.lopes@ufrn.br](mailto:davi.lopes@ufrn.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3336-7397>

### JOSÉ YURE GOMES DOS SANTOS

Professor do Departamento de Geografia/CERES da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Email: [jose.yure.santos@ufrn.br](mailto:jose.yure.santos@ufrn.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9840-8132>

### ANAILSON CARLOS DE MEDEIROS

Mestrando em Geografia - GEOCERES/UFRN

Email: [anailsoncarlos02@gmail.com](mailto:anailsoncarlos02@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7126-9263>

### JOÃO RAFAEL VIEIRA DIAS

Mestrando em Geografia - GEOCERES/UFRN

Email: [jrafael.ufrn@gmail.com](mailto:jrafael.ufrn@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0811-1093>

**Recebido:02/26    Avaliado:05/26    Publicado:07/26**

### RESUMO

Os ambientes serranos do semiárido configuram paisagens de exceção, com clima, solos, vegetação e formas de relevo que contrastam fortemente com as superfícies sertanejas rebaixadas. Apesar de sua relevância, essas áreas ainda carecem de investigações geomorfológicas mais detalhadas. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o controle litoestrutural sobre o relevo da Serra da Formiga, situada no semiárido do Seridó potiguar. A abordagem metodológica baseou-se na utilização de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e ferramentas de geoprocessamento para o mapeamento da geologia, declividade, densidade de drenagem e lineamentos morfoestruturais. O arcabouço geológico é dominado por rochas paleoproterozoicas do Complexo Caicó, com predomínio de biotita ortognaisses (35%) e gnaisses bandados (29,76%), além de unidades neoproterozoicas do Grupo Seridó. A análise de 140 lineamentos evidenciou a predominância do sistema NW–SE (56%), seguido por direções N–S a NNE–SSW (25,7%), indicando forte controle estrutural associado a zonas de cisalhamento e fraturas regionais. A rede hidrográfica, composta por 169 segmentos, apresenta ajuste morfoestrutural bem definido, com orientação preferencial N–S (17,8% no intervalo 0°–15°) e densidade de drenagem de até 2,62 km/km<sup>2</sup>, refletindo a atuação de zonas de fraqueza tectônica na organização dos canais. O relevo é predominantemente ondulado (31,83%) a forte ondulado (27,97%), sendo sua compartimentação condicionada pela resistência diferencial das litologias. Os ortognaisses sustentam cristas mais elevadas, enquanto litologias menos competentes e zonas fraturadas favorecem o entalhamento de vales e a denudação. A correspondência espacial entre áreas de maior declividade e lineamentos estruturais NE–SW e N–S reforça o papel do controle tectônico. Conclui-se que a Serra da Formiga constitui um relevo estrutural, cuja organização espacial é fortemente condicionada pela herança tectônica proterozoica, evidenciando a importância do controle litoestrutural na evolução das paisagens serranas do semiárido.

**Palavras-chave:** Geomorfologia estrutural; Lineamentos; Rede de drenagem; Altos topográficos.

## *LITHOSTRUCTURAL CONTROL OF THE RELIEF OF SERRA DA FORMIGA, SEMIARID REGION OF SERIDÓ POTIGUAR*

### ABSTRACT

Semi-arid mountainous environments constitute exceptional landscapes, with climate, soils, vegetation, and landforms that markedly contrast with the surrounding lowland surfaces. Despite their relevance, these areas remain insufficiently explored from a geomorphological perspective. This study aimed to analyze the lithostructural control on the relief of Serra da Formiga, located in the semi-arid region of the Seridó, Rio Grande do Norte, Brazil. The methodological approach was based on Digital Elevation Models (DEM) and geoprocessing techniques to map geology, slope, drainage density, and morphostructural lineaments. The geological framework is dominated by Paleoproterozoic rocks of the Caicó Complex, particularly biotite orthogneisses (35%) and banded gneisses (29.76%), along with Neoproterozoic units of the Seridó Group. The analysis of 140 lineaments revealed a predominance of the NW–SE (56%) (الاتجاه), followed by N–S to NNE–SSW trends (25.7%), indicating strong structural control associated with regional shear zones and fractures. The drainage network, composed of 169 segments, shows a clear morphostructural adjustment, with a preferential N–S orientation (17.8% within the 0°–15° interval) and drainage density reaching up to 2.62 km/km<sup>2</sup>, reflecting the influence of tectonic weakness zones on channel organization. Relief is predominantly undulating (31.83%) to strongly undulating (27.97%), with its compartmentalization controlled by differential lithological resistance. Orthogneisses sustain higher ridges, while less competent lithologies and fractured zones favor valley incision and denudation processes. The spatial correlation between steeper slopes and NE–SW and N–S structural lineaments reinforces the role of tectonic control. In summary, Serra da Formiga represents a structural relief whose spatial organization is strongly conditioned by Proterozoic tectonic inheritance, highlighting the importance of lithostructural control in shaping semi-arid mountainous landscapes.

**Keywords:** Structural geomorphology; Lineaments; Drainage network; Topographic highs.

## *CONTROL LITOESTRUTURAL EN EL RELIEVE DE LA SIERRA DE LA FORMIGA, REGIÓN SEMIÁRIDA DEL SERIDÓ POTIGUAR*

### RESUMEN

Los ambientes serranos del semiárido configuran paisajes de excepción, con clima, suelos, vegetación y formas de relieve que contrastan fuertemente con las superficies sertanejas deprimidas. A pesar de su relevancia, estas áreas aún requieren investigaciones geomorfológicas más detalladas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el control litoestructural sobre el relieve de la Sierra de la Formiga, ubicada en el semiárido del Seridó potiguar. El enfoque metodológico se basó en la utilización de Modelos Digitales de Elevación (MDE) y herramientas de geoprocésamiento para el mapeo de la geología, pendiente del terreno, densidad de drenaje y lineamientos morfoestructurales. El marco geológico está dominado por rocas paleoproterozoicas del Complejo Caicó, con predominio de ortogneises de biotita (35%) y gneises bandeados (29,76%), además de unidades neoproterozoicas del Grupo Seridó. El análisis de 140 lineamientos evidenció la predominancia del sistema NW–SE (56%), seguido por direcciones N–S a NNE–SSW (25,7%), indicando un fuerte control estructural asociado a zonas de cizallamiento y fracturas regionales. La red hidrográfica, compuesta por 169 segmentos, presenta un ajuste morfoestructural bien definido, con orientación preferencial N–S (17,8% en el intervalo 0°–15°) y una densidad de drenaje de hasta 2,62 km/km<sup>2</sup>, reflejando la actuación de zonas de debilidad tectónica en la organización de los canales. El relieve es predominantemente ondulado (31,83%) a fuertemente ondulado (27,97%), estando su compartimentación condicionada por la resistencia diferencial de las litologías. Los ortogneises sustentan crestas más elevadas, mientras que las litologías menos competentes y las zonas fracturadas favorecen la incisión de valles y la denudación. La correspondencia espacial entre las áreas de mayor pendiente y los lineamientos estructurales NE–SW y N–S refuerza el papel del control tectónico. Se concluye que la Sierra de la Formiga constituye un relieve estructural, cuya organización espacial está fuertemente condicionada por la herencia tectónica proterozoica, evidenciando la importancia del control litoestructural en la evolución de los paisajes serranos del semiárido.

**Palabras clave:** Geomorfología estructural; Lineamientos; Red de drenaje; Altos topográficos.

## INTRODUÇÃO

O relevo terrestre é caracterizado como um conjunto de qualidades geométricas da superfície, formado ao longo do tempo pela influência de fatores climáticos, geológicos e biológicos (MUÑOZ; VALERIANO; WEILL, 2011). Sob essa ótica, ele não pode ser entendido como um componente material isolado, como rochas ou solos, mas sim como um conjunto de formas organizadas geometricamente que se mantêm em função do substrato rochoso e da interação contínua entre processos endógenos e exógenos (ROSS, 2011). Essa configuração atual da superfície é, portanto, o resultado de uma relação dinâmica envolvendo, de um lado, as forças provenientes do interior da crosta e, de outro, os agentes externos impulsionados pelas condições climáticas ao longo do tempo (BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019).

Nesse contexto, as forças de origem endógena desempenham um papel fundamental na construção e reconfiguração do relevo ao deformar a litologia, dando origem a estruturas como dobramentos e falhamentos, além de processos como subsidência, basculamento e exumação, frequentemente associados à erosão (RIBEIRO, 2011). Para compreender essa dinâmica, a geomorfologia estrutural procura interpretar as formas de relevo com base na atuação desses fatores, destacando os processos tectônicos responsáveis pelas deformações da crosta e as características das rochas, que condicionam diretamente a evolução e o modelado do relevo (BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019).

No Nordeste brasileiro, os processos de denudação atuantes ao longo do Cenozoico configuram-se como um dos principais agentes responsáveis pela modelagem do cenário atual (COSTA et al, 2020). Tais processos de denudação continental contribuíram para a diversificação das formas, resultando em um mosaico geomorfológico complexo que evidencia, em superfície, os controles estruturais responsáveis pela configuração da Província Borborema (COSTA et al, 2020). Particularmente no semiárido brasileiro cristalino, essa dinâmica é marcada por uma elevada complexidade de fatores, sendo fortemente controlada pelos condicionantes litoestruturais (XAVIER, 2021).

Na geomorfologia de regiões semiáridas, o clima exerce papel fundamental, uma vez que os processos responsáveis pela modelagem estão direta ou indiretamente associados ao déficit hídrico; o intemperismo e a erosão são condicionados pela disponibilidade de umidade e pela cobertura vegetal (RIBEIRO, 2010). Assim, os processos geomorfológicos — que correspondem a um conjunto de ações contínuas ou episódicas — variam no espaço e no tempo, sendo responsáveis pelas constantes transformações da paisagem semiárida (XAVIER, 2021). No caso específico do Seridó Potiguar, o relevo é fruto de uma evolução complexa associada à interação entre fatores endógenos e exógenos que atuam desde o Quaternário até os dias atuais, onde o clima semiárido atua como importante fator modelador, embora o próprio relevo também condicione as características climáticas locais (DINIZ & OLIVEIRA, 2015).

A influência do controle estrutural no Seridó pode ser percebida nitidamente na litologia das estruturas aflorantes. Estas são, em sua maioria, constituídas por rochas metamórficas que contrastam com os corpos graníticos, os quais apresentam maior resistência aos processos erosivos (DINIZ & OLIVEIRA, 2015). Dessa forma, as unidades de relevo associadas a litologias mais resistentes tendem a resistir aos ciclos erosivos, permanecendo inseridas nos pediplanos como paleossuperfícies ou relevos planálticos isolados (DINIZ & OLIVEIRA, 2015).

Considerando que a análise geomorfológica de uma área exige o conhecimento de sua evolução através do estudo das formas e dos processos morfogenéticos (CASSETI, 2013).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o controle litoestrutural sobre o relevo da Serra da Formiga, situada no semiárido do Seridó potiguar.

## MATERIAL E METÓDOS

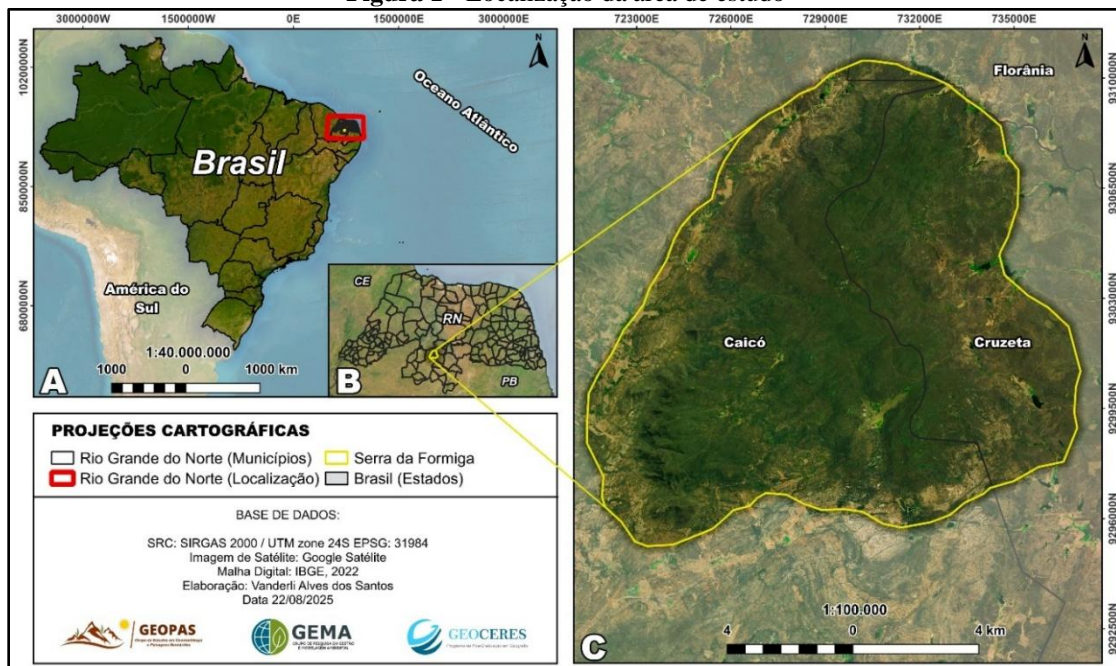
### Área de estudo

A Serra da Formiga localiza-se entre os municípios de Caicó e Cruzeta, no estado do Rio Grande do Norte, abrangendo uma área aproximada de 164 km<sup>2</sup> (Figura 1). Trata-se de um relevo residual que constitui um maciço cristalino inserido no setor ocidental do Planalto da Borborema, sob condições de clima semiárido mediano (OLIVEIRA; OLIVEIRA; COSTA, 2019). Esse maciço apresenta-se isolado na paisagem, sendo delimitado por encostas íngremes e feições escarpadas (SILVA et al., 2018).

Do ponto de vista geológico, a área é composta predominantemente por rochas ígneas, como granitos, e metamórficas, como gnaisses e ortognaisses, pertencentes à Província Borborema. As altitudes variam entre aproximadamente 311 m nas áreas de base e 688 m nos setores de topo, evidenciando significativa amplitude altimétrica. No aspecto fitogeográfico, a Serra da Formiga insere-se na Ecorregião da Depressão Sertaneja Setentrional (OLIVEIRA; OLIVEIRA; COSTA, 2019).

Geomorfologicamente, a Serra da Formiga apresenta relevo fortemente dissecado, caracterizado por vertentes íngremes, escarpas bem definidas e expressiva compartimentação do terreno (SANTOS et al., 2026). Sua morfologia é marcada pela presença de cristas alinhadas e vales encaixados, refletindo de forma evidente o controle exercido pela estrutura geológica na organização das formas de relevo (SANTOS et al., 2026). O arcabouço litoestrutural, associado à presença de falhas e lineamentos estruturais, condiciona diretamente a dissecação do relevo, a orientação da drenagem e a resistência diferencial das litologias frente aos processos erosivos (SANTOS et al., 2026). Dessa forma, a área configura-se como um ambiente fortemente controlado por fatores litoestruturais.

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2026)

## Análise da densidade de drenagem e lineamentos

Os mapas de densidade de drenagem e de lineamentos morfoestruturais foram elaborados a partir de dados derivados de um Modelo Digital de Elevação (MDE) NASADEM Global DEM, obtido no software QGIS (versão 3.44.8) por meio do complemento OpenTopography DEM Downloader (versão 4). A partir desse modelo, a rede de drenagem foi extraída utilizando o software SAGA GIS (versão 9.11.1), no módulo de análise de terreno.

Previamente à extração da drenagem, foi aplicada a ferramenta Fill Sinks, com o objetivo de corrigir imperfeições no MDE, conhecidas como depressões espúrias. Essas feições correspondem a inconsistências do modelo que não representam formas reais do relevo, sendo geralmente resultantes de limitações na resolução dos dados ou de processos de interpolação. A presença dessas depressões pode comprometer a modelagem hidrológica, ao interromper o escoamento superficial e provocar a retenção artificial do fluxo em determinadas células, o que afeta diretamente a geração da direção e da acumulação de fluxo. Assim, o preenchimento dessas depressões possibilita a obtenção de uma superfície contínua, garantindo maior confiabilidade na simulação do escoamento e, conseqüentemente, na extração da rede de drenagem.

A delimitação da rede de drenagem foi realizada por meio da ferramenta Channel Network and Drainage Basins, que utiliza dados de acumulação de fluxo para identificar automaticamente os canais fluviais com base em um limiar de contribuição hídrica definido pelo usuário. Esse procedimento fundamenta-se no princípio de que áreas com maior concentração de fluxo correspondem a canais potenciais, sendo que a escolha do limiar influencia diretamente a densidade e o nível de detalhamento da rede gerada.

A identificação dos lineamentos morfoestruturais foi conduzida a partir da análise integrada da rede de drenagem em formato vetorial e do modelo de relevo sombreado derivado do MDE. A delimitação dessas feições baseou-se em interpretação visual, considerando a organização espacial da drenagem e os padrões texturais do relevo. Foram priorizadas feições associadas a descontinuidades negativas do terreno, especialmente fundos de vale, bem como a orientação dos canais de drenagem, seguindo os princípios metodológicos propostos por Soares e Fiori (1976).

A elaboração do mapa de densidade de drenagem e lineamentos foi realizada no QGIS por meio da ferramenta Densidade de Linhas (Line Density), que permite o cálculo automatizado do comprimento da rede de drenagem em relação à área. Para esse procedimento, utilizou-se como entrada a rede de drenagem previamente extraída e recortada à área de estudo, com extensão total de 164,446 km<sup>2</sup>. O raio de busca adotado foi definido com base na dimensão aproximada da área de estudo. Considerando a área total, estimou-se uma dimensão média de aproximadamente 12,8 km, a partir da raiz quadrada da área, assumindo uma forma simplificada próxima a um quadrado. Com base nesse valor, adotou-se um raio de busca de aproximadamente 1200 m, correspondente a cerca de 1/10 da extensão da área, valor que proporciona equilíbrio entre detalhamento e generalização dos resultados. O processamento resultou em um raster temático no qual cada pixel expressa a densidade de drenagem local, em unidades de km/km<sup>2</sup>. Para a geração do produto, foi adotada resolução espacial compatível com a escala de análise, com tamanho de pixel variando entre 30 m e 50 m. Posteriormente, o raster foi classificado em categorias hierárquicas (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta), com o objetivo de facilitar a interpretação dos padrões espaciais de dissecação do relevo.

Para criar os gráficos e tabelas dos diagramas de roseta das drenagens e dos lineamentos, foi necessário extrair os azimutes das feições lineares. Para isso, utilizou-se o software QGIS, seguindo etapas metodológicas que garantem a precisão dos cálculos

planimétricos. Inicialmente, foi realizada a segmentação das linhas geradas, visando à individualização de cada trecho para análise detalhada. Esse procedimento é fundamental para o cálculo do azimute e da distância de cada segmento (confrontante). Para tal, utilizou-se a ferramenta “Explodir linhas”, que fragmenta a geometria com base em seus vértices.

Por fim, efetuou-se o cálculo dos atributos geométricos na tabela de atributos da camada resultante. Com o uso da Calculadora de Campo, foram criados campos específicos para a obtenção dos parâmetros desejados. O azimute em graus decimais foi obtido por meio da expressão `degrees(azimuth(start_point($geometry), end_point($geometry)))`.

Os azimutes foram levados para o programa GeoRose e OpenStereo onde foram trabalhos os diagramas de rosetas e extraído a porcentagem para a elaboração da tabela.

### Análise da geologia e declividade

O mapa de geologia foi elaborado por meio de dados vetoriais obtidos a partir da folha geológica Província Mineral do Seridó, na escala de 1:350.000 (COSTA et al., 2019). Por sua vez, o mapa de declividade foi elaborado no software QGIS a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) NASADEM Global DEM. Inicialmente, o MDE foi processado por meio da ferramenta Declividade, a qual calcula a inclinação da superfície com base na variação altimétrica entre pixels adjacentes. Os valores de declividade foram gerados em graus (°), sendo posteriormente convertidos e classificados em porcentagem (%) para fins de interpretação geomorfológica.

A classificação seguiu os critérios estabelecidos pela Embrapa, que definem classes de relevo com base na inclinação do terreno, permitindo a compartimentação da paisagem em diferentes níveis de dissecação. Dessa forma, foram adotadas as seguintes classes: plano (0–3%), suave ondulado (3–8%), ondulado (8–20%), forte ondulado (20–45%), montanhoso (45–75%) e escarpado (>75%). Essa classificação possibilita a identificação de áreas com diferentes graus de inclinação, contribuindo para a análise da dinâmica do relevo, da suscetibilidade à erosão e da influência dos condicionantes estruturais na organização da paisagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

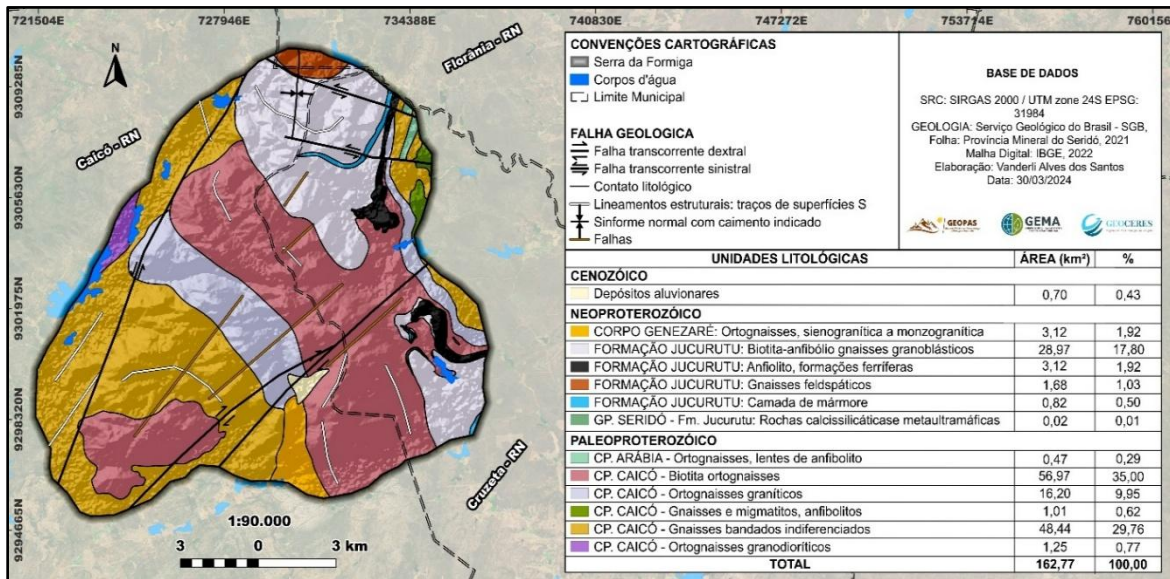
### Contextualização geológica

A região do Seridó, inserida no setor nordeste da Província Borborema, apresenta um arcabouço geológico complexo, consolidado ao final da orogênese brasileira. No Domínio Rio Grande do Norte, predominam rochas gnáissico-migmatíticas paleoproterozoicas do Complexo Caicó, que constituem o embasamento regional, intercaladas por sequências supracrustais neoproterozoicas do Grupo Seridó (NASCIMENTO & FERREIRA, 2010). Esse conjunto litológico é marcado ainda pela ocorrência de magmatismo brasileiro e pela presença de extensas zonas de cisalhamento, responsáveis pela organização estrutural da região.

No contexto litológico, o Seridó apresenta grande diversidade de rochas, incluindo corpos intrusivos, unidades metamórficas — como os micaxistos da Formação Seridó — e depósitos sedimentares. Estes últimos ocorrem sob a forma de superfícies tabulares que recobrem os maciços cristalinos, além de materiais colúvio-eluviais associados aos processos de retrabalhamento superficial (VITAL; SANTOS & SANTOS, 2021). Essa heterogeneidade litológica exerce papel fundamental na diferenciação das formas de relevo, uma vez que a resistência das rochas condiciona a intensidade dos processos erosivos e a dissecação da paisagem. A região destaca-se, ainda, por seu expressivo patrimônio geológico, resultado da atuação de múltiplos processos ao longo do tempo geológico, que contribuíram para a

construção de um relevo diversificado e fortemente condicionado pela interação entre litologia e estrutura (NASCIMENTO & FERREIRA, 2010). Nesse sentido, a identificação de formas de relevo associadas à dinâmica tectônica tem sido realizada por meio da integração de dados geológicos e estruturais de campo, aliada à análise de lineamentos morfoestruturais, evidenciando a influência das discontinuidades do embasamento na organização da paisagem (ROSSETTI et al., 2012; ELENÍ; ASSIMINA & EVANGELO, 2015; BEZERRA et al., 2023; LIMA et al., 2024).

Figura 2 - Mapa geológico



Fonte: Autores (2026)

A configuração geológica da Serra da Formiga, representada na (Figura 2), compreende uma área de aproximadamente 162,77 km<sup>2</sup>, caracterizada por um embasamento cristalino heterogêneo, com unidades que variam do Paleoproterozoico ao Neoproterozoico (Figura 2). A distribuição espacial dessas unidades, associada à presença de estruturas tectônicas como falhas e dobras, constitui o principal fator de controle sobre a morfologia da área, evidenciando a forte influência litoestrutural na organização do relevo.

O domínio litológico é amplamente controlado pelas rochas do Complexo Caicó (Paleoproterozoico), que ocupam mais de 75% da área total (Figura 2). Destacam-se os biotita ortognaisses, que representam cerca de 35% da área e sustentam os compartimentos mais contínuos do relevo, e os gnaisses bandados indiferenciados, que correspondem a 29,76%, conferindo elevada heterogeneidade estrutural ao substrato (Figura 2). Essas litologias, de maior competência mecânica, apresentam maior resistência aos processos erosivos, favorecendo a preservação de superfícies mais elevadas e menos dissecadas.

Por outro lado, as unidades do Grupo Seridó, especialmente a Formação Jucurutu (Neoproterozoico), apresentam distribuição mais compartimentada, com destaque para os biotita-anfibólio gnaisses granoblásticos (17,80%) (Figura 2). Embora menos extensas, essas unidades possuem relevância geomorfológica significativa, sobretudo pela presença de litologias mais suscetíveis ao intemperismo, como mármore e rochas calcissilicáticas. Essas rochas tendem a apresentar menor resistência, favorecendo o encaixe de vales e contribuindo para o aumento da dissecação do relevo quando comparadas às unidades gnáissicas adjacentes.

Do ponto de vista estrutural, o mapa evidencia uma complexa rede de descontinuidades que se manifesta na paisagem. Observa-se a presença de sistemas de falhas transcorrentes, tanto dextrais quanto sinistrais, com orientações predominantes NE-SW e N-S, que atuam como zonas preferenciais de fraqueza no embasamento (Figura 2). Essas estruturas são diretamente responsáveis por orientar o desenvolvimento da rede de drenagem e controlar a dissecação do relevo, corroborando os padrões identificados nos diagramas de roseta (Figura 5). Além disso, a ocorrência de estruturas dobradas, como o sinforme identificado na área, indica que o relevo não é apenas condicionado por estruturas lineares, mas também pela geometria das camadas rochosas, influenciando a inclinação das vertentes e a dinâmica dos processos erosivos. Os contatos litológicos entre diferentes unidades, especialmente entre gnaisses e corpos granitoides, constituem zonas de descontinuidade que favorecem a erosão diferencial, resultando na alternância entre cristas residuais e áreas rebaixadas.

A integração desses elementos evidencia que a Serra da Formiga apresenta um claro ajuste morfoestrutural, no qual a resistência diferencial das litologias e a densidade de estruturas tectônicas controlam diretamente a compartimentação do relevo. As áreas sustentadas por ortognaisses tendem a formar superfícies mais elevadas e contínuas, enquanto os setores associados a litologias menos resistentes ou a zonas intensamente fraturadas apresentam maior dissecação e desenvolvimento de vales.

Nesse contexto, os resultados obtidos demonstram que o relevo da Serra da Formiga é fortemente condicionado pela arquitetura geológica proterozoica, sendo a interação entre litologia e estrutura o principal fator responsável pela configuração atual da paisagem. Esse controle litoestrutural também se reflete na organização da rede de drenagem, na densidade dos canais e na orientação dos lineamentos, evidenciando a atuação conjunta desses elementos na evolução geomorfológica do semiárido do Seridó Potiguar.

### Densidade de Lineamentos

No âmbito das geociências, os lineamentos são interpretados como padrões retilíneos perceptíveis na paisagem ou em dados oriundos do sensoriamento remoto, cuja origem pode estar vinculada a descontinuidades geológicas não necessariamente visíveis em superfície, refletindo estruturas presentes em níveis mais profundos (BRICALLI & MELLO 2014). Nessa perspectiva, os lineamentos correspondem a feições passíveis de mapeamento na superfície terrestre, podendo apresentar configuração simples ou composta, com segmentos organizados de forma retilínea ou levemente curvilínea, associados à manifestação de estruturas originadas em subsuperfície (O'LEARY, FRIEDMAN & POHN 1976).

Sob a perspectiva geomorfológica, os lineamentos manifestam-se, em geral, por meio de contrastes altimétricos, alinhamentos de cristas topográficas, trechos de escarpas, além de segmentos de drenagem e vales que apresentam organização linear (JORDAN & SCHOTT, 2005). Por evidenciarem zonas preferenciais de fragilidade na escala regional, essas feições podem sinalizar áreas associadas a estruturas geológicas relevantes, contribuindo para a interpretação do papel dos condicionantes estruturais e/ou tectônicos na configuração evolutiva do relevo (BRICALLI & MELLO 2014).

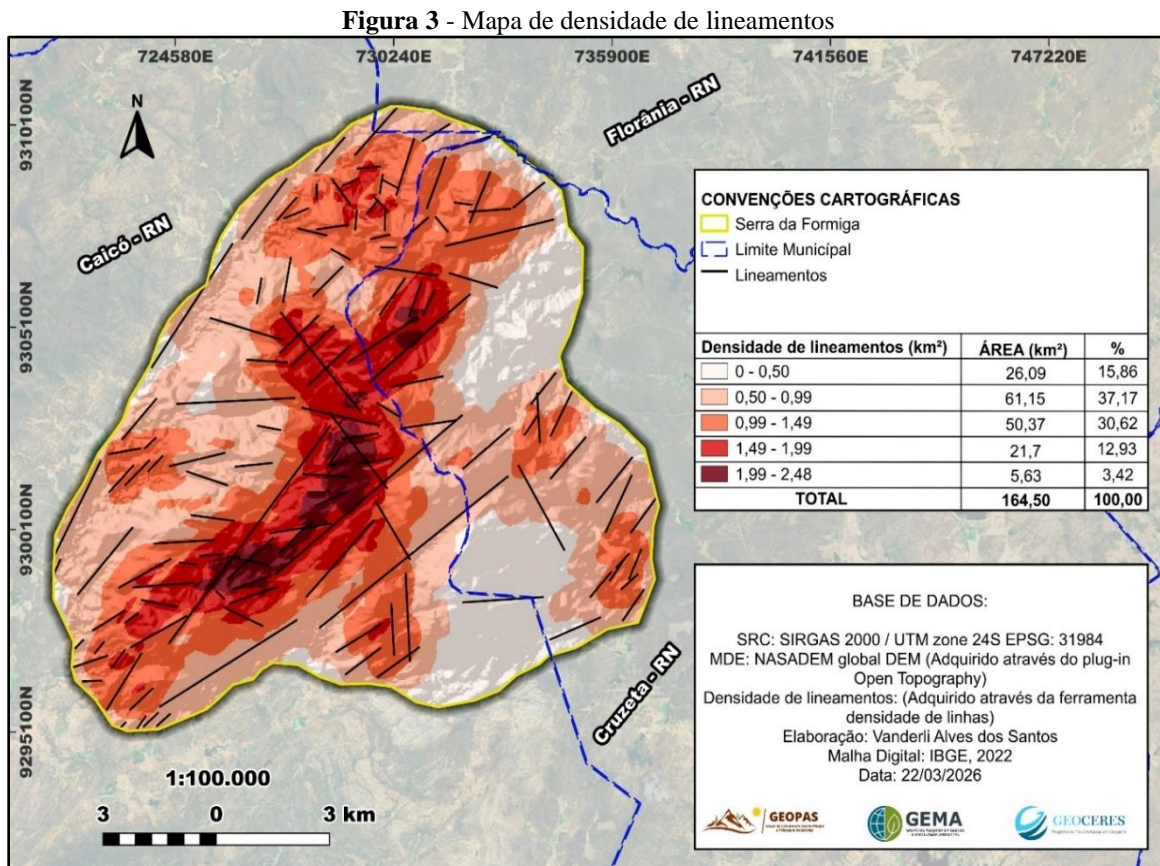
O relevo condicionado por descontinuidades estruturais pode reforçar a interpretação de atuação neotectônica em áreas que apresentam indícios de reativações tectônicas recentes. Tais processos exercem papel essencial na organização e na compartimentação geomorfológica do relevo atual (OLIVEIRA, OLIVEIRA & PEREIRA, 2019; BRICALLI & MELLO 2014).

A análise de lineamentos constitui uma importante ferramenta em estudos geomorfológicos e geológicos, sobretudo em áreas onde tais feições podem indicar a presença

de estruturas geológicas relevantes. Dessa forma, possibilita evidenciar a atuação de condicionantes estruturais e/ou tectônicos na evolução do relevo. Isso se deve ao fato de que os lineamentos representam zonas preferenciais de fraqueza na crosta, sendo, portanto, fundamentais em investigações de caráter neotectônico (BRICALLI & MELLO 2014; SILVA & BRICALLI, 2023).

A investigação de domínios de lineamentos é entendidos como porções do relevo caracterizadas por conjuntos de feições lineares com padrões específicos em escala regional tem se mostrado uma abordagem relevante para compreender as interações entre a Geomorfologia e a Neotectônica, conforme destacado por Bricalli e Mello (2014), com base em estudos realizados no Sudeste do Brasil, como os de Gontijo (1999), Hiruma e Riccomini (1999), Hiruma et al. (2001), Modenesi-Gauttieri et al. (2002) e Hiruma (2007).

A Serra da Formiga apresenta significativa heterogeneidade litológica e padrões de relevo fortemente influenciados pelo controle estrutural. Destaca-se, ainda, a ocorrência de falhamentos locais, os quais atuam como importantes condicionantes da organização do relevo. Nesse contexto, a diversidade de litologias, associada à presença dessas estruturas tectônicas, favorece a elevada ocorrência de lineamentos na área de estudo (SANTOS et al., 2026).



Fonte: Autores (2026)

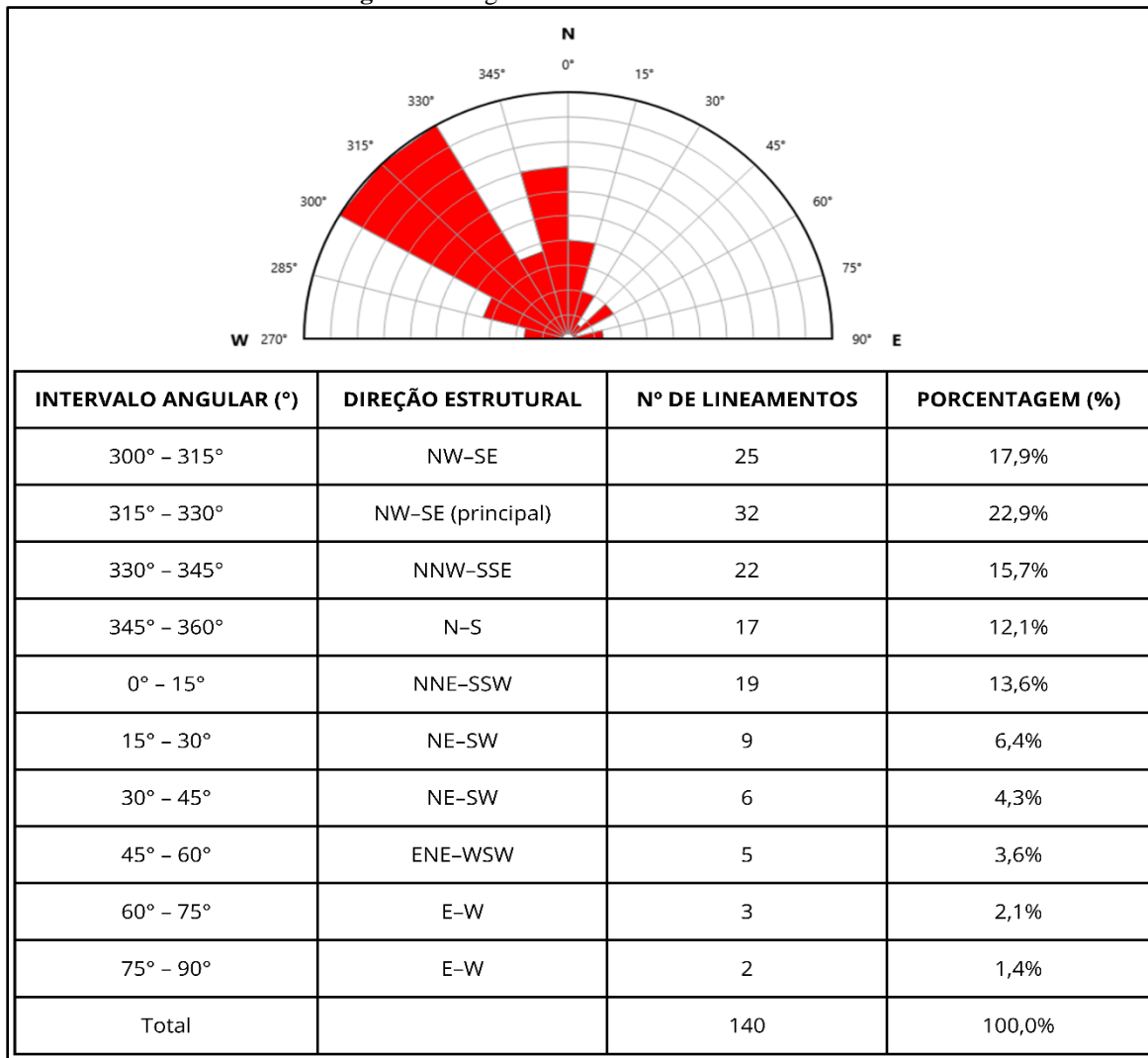
A análise da densidade de lineamentos na Serra da Formiga (Figura 3) evidencia um setor marcado por forte controle estrutural, refletindo a complexidade tectônica característica da região do Seridó Potiguar. A área total mapeada compreende 164,50 km<sup>2</sup>, apresentando valores de densidade que variam entre 0 e 2,48 km/km<sup>2</sup>, o que demonstra significativa heterogeneidade na distribuição dessas feições ao longo do maciço (Figura 3).

Do ponto de vista estatístico e espacial, verifica-se que as classes de densidade moderada predominam na área de estudo (Figura 3). Os intervalos de 0,50 a 0,99 km/km<sup>2</sup> e de 0,99 a 1,49 km/km<sup>2</sup> correspondem, respectivamente, a 37,17% e 30,62% da área total, somando aproximadamente 68% da superfície da serra (Figura 3). Esse padrão indica uma rede de fraturamento amplamente distribuída, típica de terrenos cristalinos submetidos a esforços tectônicos regionais, como os que caracterizam a Província Borborema. Em contrapartida, as zonas de maior densidade de lineamentos (acima de 1,49 km/km<sup>2</sup>), embora ocupem uma parcela mais restrita da área (cerca de 16,35%), apresentam distribuição espacial estratégica (Figura 3). Destaca-se um núcleo de elevada densidade, representado pelas tonalidades mais escuras, que se estende pela porção central e sudoeste da serra, configurando faixas alongadas com orientação preferencial NE-SW. Esse padrão coincide com as direções estruturais dominantes da Faixa Seridó, sugerindo a influência direta de sistemas tectônicos regionais, possivelmente associados a reativações estruturais (Figura 3).

A interpretação desses padrões permite inferir que o relevo da Serra da Formiga é fortemente condicionado por descontinuidades estruturais, como falhas e fraturas, que atuam como zonas de fraqueza (Figura 3). Nesse contexto, a organização espacial dos lineamentos está diretamente relacionada à dinâmica de dissecação do relevo, controlando tanto a erosão quanto a compartimentação morfológica.

O eixo estrutural identificado, marcado pela maior concentração de lineamentos, indica que o soerguimento e a manutenção do relevo serrano em ambiente semiárido estão associados à resistência diferencial das litologias e à intensidade do fraturamento. Áreas mais fraturadas tendem a apresentar maior suscetibilidade à ação dos processos erosivos, favorecendo a dissecação, enquanto setores menos fraturados mantêm formas mais preservadas. As áreas de menor densidade de lineamentos (0–0,50 km/km<sup>2</sup>), que correspondem a 15,86% da área, concentram-se principalmente nas bordas e em setores mais elevados e preservados do relevo. Esses compartimentos indicam blocos relativamente menos fraturados, nos quais a atuação dos processos erosivos tende a ser menos intensa em comparação com as zonas de maior fragilidade estrutural.

Figura 4: Diagrama de roseta dos lineamentos



Fonte: Autores (2026)

A análise estatística e direcional dos 140 lineamentos mapeados na Serra da Formiga (Figura 4) revela um padrão de fraturamento heterogêneo, porém com clara predominância de direções estruturais, evidenciando o forte controle tectônico sobre a organização do relevo (Figura 4). O diagrama de roseta e os dados quantitativos indicam a existência de sistemas estruturais bem definidos, responsáveis pela compartimentação morfológica da área de estudo (Figura 4).

O principal sistema de lineamentos apresenta orientação NW-SE, com destaque para o intervalo angular de 315° a 330°, que corresponde a 22,9% da amostra (32 lineamentos). Quando associado ao intervalo adjacente de 300° a 315° (17,9%), esse conjunto atinge 40,8% do total, configurando-se como o trend estrutural dominante (Figura 4). A esse sistema soma-se ainda a contribuição dos lineamentos no intervalo 330° a 345° (15,7%), associados à direção NNW-SSE, o que reforça a continuidade e a expressividade desse campo direcional, totalizando mais de 56% das ocorrências.

A forte persistência dessas direções sugere que o arcabouço estrutural da Serra da Formiga é condicionado por zonas de cisalhamento e sistemas de fraturas associados a eventos tectônicos regionais. No contexto da Província Borborema, essas direções estão frequentemente relacionadas a estruturas herdadas ou reativadas, que atuam como zonas

preferenciais de fraqueza. Do ponto de vista geomorfológico, esse sistema estrutural exerce papel central na compartimentação do relevo, controlando a orientação de cristas e a formação de vales encaixados que dissecam o maciço, funcionando como eixos preferenciais de erosão.

Um sistema secundário relevante corresponde às direções N-S a NNE-SSW, representadas pelos intervalos entre  $345^\circ$  e  $15^\circ$ , que totalizam aproximadamente 25,7% da frequência relativa (Figura 4). Esse conjunto estrutural atua de forma complementar ao sistema principal, contribuindo para a conectividade das fraturas e influenciando diretamente a organização da drenagem e a dinâmica das vertentes (Figura 4). A interação entre esses dois sistemas principais evidencia a presença de uma rede estrutural complexa, que condiciona a evolução geomorfológica da área.

Por outro lado, as direções NE-SW e E-W apresentam baixa representatividade, com valores variando entre 1,4% e 6,4% (Figura 4). A reduzida expressão do trend NE-SW é particularmente significativa (Figura 4). Esse comportamento sugere que, na área da Serra da Formiga, o relevo responde de maneira mais intensa às fraturas e falhas tardias, especialmente aquelas orientadas segundo NW-SE, do que à anisotropia estrutural primária das rochas (Figura 4).

Nesse contexto, a distribuição direcional dos lineamentos evidencia uma anisotropia estrutural bem definida, refletindo o controle exercido pelas discontinuidades do embasamento cristalino. As formas de relevo, incluindo cristas, vales e canais de drenagem de diferentes ordens, tendem a se alinhar preferencialmente aos intervalos angulares de maior frequência, demonstrando um claro ajuste morfoestrutural. Os resultados confirmam que a evolução do relevo na Serra da Formiga é fortemente condicionada pela densidade e, sobretudo, pela orientação das discontinuidades estruturais. Esse controle litoestrutural atua como elemento-chave na organização espacial da paisagem, direcionando os processos erosivos e a configuração atual do relevo no Seridó Potiguar.

### Densidade de drenagem

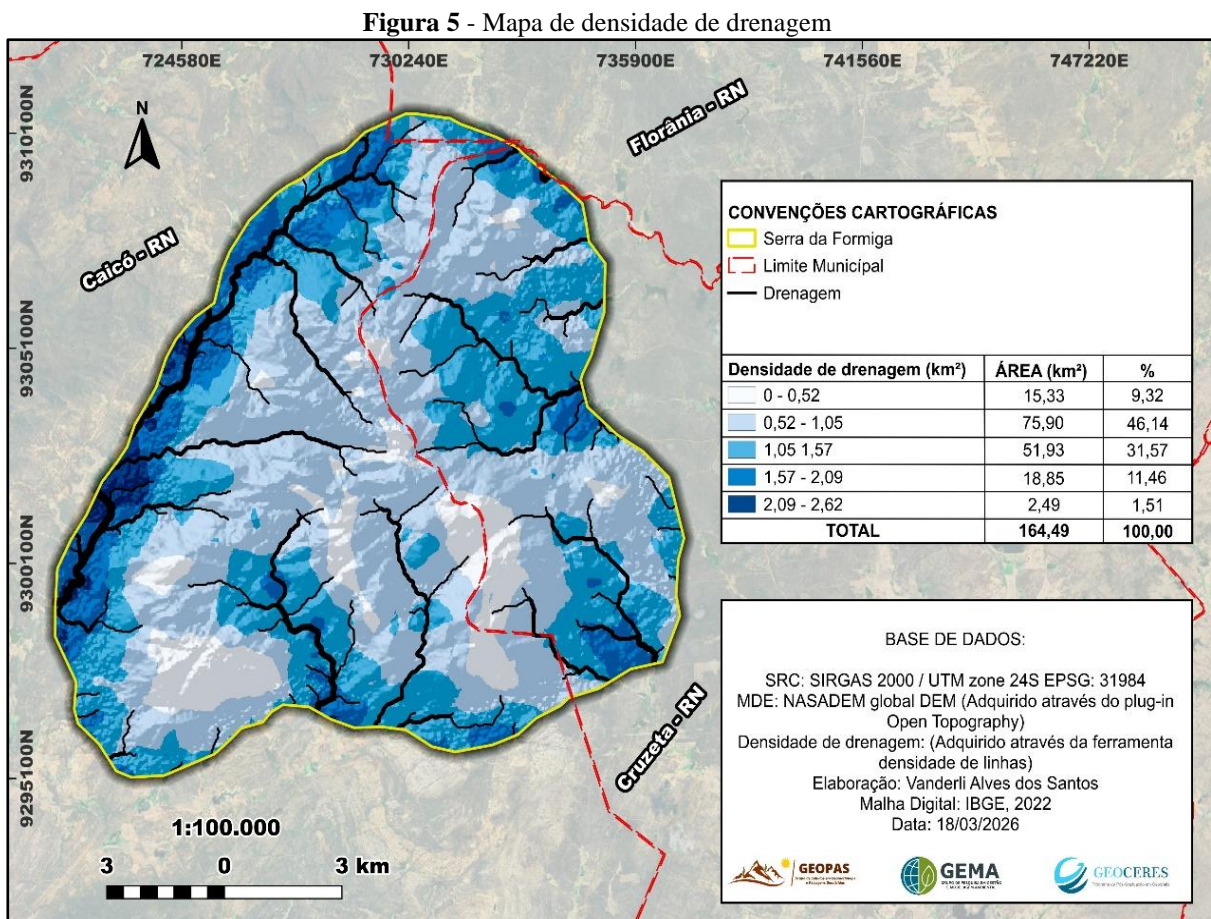
A densidade de drenagem destaca-se como um dos parâmetros morfométricos mais utilizados na análise de bacias hidrográficas, em virtude de sua relativa simplicidade de definição e quantificação, sendo amplamente aplicada na compreensão do comportamento do meio físico (SANTOS et al., 2005; HIRUMA & PONÇANO, 1994). Esse índice constitui um elemento fundamental para a caracterização da geomorfologia fluvial, permitindo interpretar a organização da rede hidrográfica e a atuação dos processos hidrológicos e geomorfológicos responsáveis pela modelagem da paisagem (GAO et al., 2022).

Os sistemas fluviais exercem papel central na escultura das paisagens continentais, sendo que a configuração dos canais — expressa pelos padrões de drenagem — resulta da interação entre fatores topográficos e condicionantes estruturais. Nesse contexto, a densidade de drenagem, entendida como a razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, atua como um importante indicador da complexidade do relevo e do grau de dissecação da superfície terrestre (TWIDALE, 2004). O reconhecimento da sua importância na interpretação geomorfológica é consolidado desde o século XX, quando se estabeleceu que os padrões de drenagem estão diretamente associados às características litoestruturais do terreno (ZERNITZ, 1932; HOWARD, 1967; LEOPOLD, 2020).

A rede de drenagem pode ser compreendida como uma expressão integrada das interações entre fatores tectônicos, litológicos, climáticos e processos superficiais, refletindo respostas que se manifestam em diferentes escalas temporais (HORTON, 1945; BRUNSDEN & THORNES, 1979; ARCHANJO et al., 2025). Nesse sentido, a resistência diferencial das rochas exerce influência direta na organização do relevo e na dinâmica fluvial, enquanto estruturas como falhas, fraturas e zonas de cisalhamento atuam como zonas preferenciais de

escoamento, condicionando a orientação da drenagem e a intensidade dos processos erosivos (BROCARD et al., 2016; PHILLIPS et al., 2010; ARCHANJO et al., 2025). Dessa forma, a densidade de drenagem pode ser interpretada como uma resposta integrada às condições litoestruturais do terreno, sendo fortemente influenciada tanto pela competência das litologias quanto pela intensidade do fraturamento. Áreas compostas por rochas mais resistentes tendem a apresentar redes de drenagem menos densas, enquanto setores mais fraturados ou constituídos por materiais menos resistentes favorecem o desenvolvimento de uma rede hidrográfica mais densa (AWOYEMI et al., 2025). Assim, a variação espacial desse parâmetro constitui um importante indicativo de heterogeneidade estrutural e litológica, permitindo inferir o papel das discontinuidades geológicas na compartimentação do relevo.

Para além de sua relevância científica, a análise da densidade de drenagem apresenta aplicações práticas na hidrologia e no planejamento territorial. A interação entre estrutura geológica e litologia na organização da rede hidrográfica influencia diretamente a conectividade hidrogeomorfológica, o comportamento do escoamento superficial e a resposta das bacias a eventos extremos. Nesse contexto, a identificação de compartimentos controlados por litologias mais resistentes ou por estruturas tectônicas reativadas contribui para a avaliação de suscetibilidade a processos erosivos, movimentos de massa e inundações (PALLARD, CASTELLARIN & MONTANARI, 2009; LIU & LI, 2021; ATTAL et al., 2011; ARCHANJO et al., 2025).



Fonte: Autores (2026)

A análise da densidade de drenagem na Serra da Formiga (Figura 5) evidencia uma distribuição espacial heterogênea, refletindo a influência dos condicionantes litoestruturais

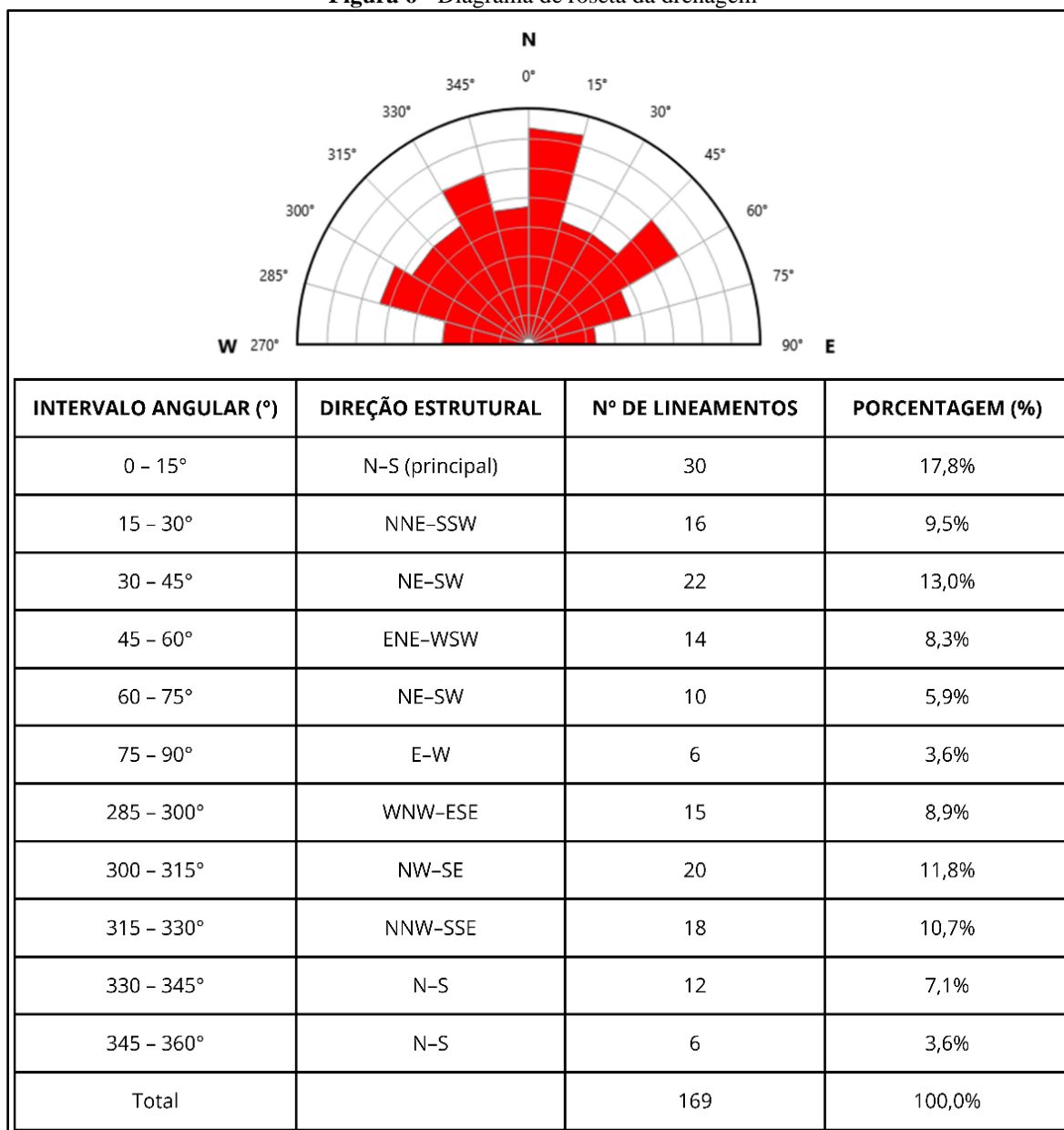
na organização da rede hidrográfica. A área total analisada, de aproximadamente 164,49 km<sup>2</sup>, apresenta valores de densidade variando entre 0 e 2,62 km/km<sup>2</sup>, indicando diferentes graus de dissecação do relevo ao longo do maciço.

Do ponto de vista quantitativo, observa-se que as classes intermediárias predominam na área de estudo. Os intervalos de 0,52 a 1,05 km/km<sup>2</sup> e de 1,05 a 1,57 km/km<sup>2</sup> correspondem, respectivamente, a 46,14% e 31,57% da área total, somando cerca de 77,71% (Figura 5). Esse padrão sugere uma rede de drenagem relativamente bem desenvolvida, porém com grau moderado de dissecação, típico de áreas em que há equilíbrio entre resistência litológica e atuação dos processos erosivos.

As classes de maior densidade (1,57–2,09 km/km<sup>2</sup> e 2,09–2,62 km/km<sup>2</sup>), embora menos representativas (aproximadamente 12,97% da área), concentram-se principalmente nas bordas da serra e em setores específicos onde a rede de drenagem apresenta maior ramificação (Figura 5). Essas áreas indicam maior intensidade de dissecação, possivelmente associada a zonas de maior fraturamento ou a litologias menos resistentes, que favorecem o desenvolvimento de canais e o escoamento superficial. Por outro lado, as áreas de menor densidade (0–0,52 km/km<sup>2</sup>), que correspondem a cerca de 9,32% da área, concentram-se em setores mais elevados e relativamente preservados do relevo. Esses compartimentos sugerem a presença de litologias mais resistentes ou menor grau de fraturamento, dificultando a formação de novos canais e resultando em menor dissecação da superfície (Figura 5).

A distribuição espacial da densidade de drenagem revela ainda uma relação direta com a organização da rede hidrográfica, evidenciada pela concentração de canais principais em determinadas direções preferenciais. Esse padrão sugere forte controle estrutural, no qual as discontinuidades geológicas, como fraturas e falhas, atuam como zonas de fraqueza que orientam o desenvolvimento dos canais. Além disso, a variação entre áreas de maior e menor densidade de drenagem indica a existência de compartimentos geomorfológicos distintos, controlados pela interação entre litologia e estrutura. Áreas mais dissecadas tendem a coincidir com setores estruturalmente mais frágeis, enquanto regiões menos dissecadas correspondem a blocos mais resistentes e menos afetados por processos tectônicos ou fraturamento intenso.

Figura 6 - Diagrama de roseta da drenagem



Fonte :Autores (2026)

A análise estatística da orientação dos lineamentos de drenagem na Serra da Formiga, sintetizada no diagrama de roseta e na tabela de frequências (Figura 6), revela uma marcada anisotropia na rede hidrográfica. A partir de um conjunto de 169 lineamentos, observa-se que a distribuição direcional dos canais não ocorre de forma aleatória, mas reflete um controle tectônico-estrutural expressivo, associado às descontinuidades do embasamento cristalino.

Os dados evidenciam a presença de sistemas direcionais bem definidos que condicionam o escoamento superficial. O sistema principal corresponde à direção N-S, com maior concentração no intervalo de 0° a 15°, representando 17,8% do total (30 lineamentos) (Figura 6). Essa tendência é reforçada pelos intervalos adjacentes de 315° a 330° (10,7%), 330° a 345° (7,1%) e 345° a 360° (3,6%), configurando um conjunto direcional contínuo que ultrapassa 38% da amostra (Figura 6). Esse padrão indica a presença de zonas de fraqueza estruturais com orientação aproximadamente meridiana, que atuam como eixos preferenciais para o desenvolvimento dos canais fluviais.

Um segundo sistema relevante corresponde às direções NE-SW, com destaque para o intervalo de 30° a 45°, que representa 13,0% dos lineamentos, além das contribuições dos intervalos de 60° a 75° (5,9%) e 15° a 30° (9,5%), totalizando cerca de 28,4% (Figura 6). Essa orientação é típica do contexto geológico da Província Borborema, estando frequentemente associada a zonas de cisalhamento e planos de foliação, que exercem forte influência na organização da drenagem.

O sistema NW-SE também apresenta expressividade significativa, especialmente no intervalo de 300° a 315° (11,8%), além da contribuição do intervalo de 285° a 300° (8,9%), indicando a atuação de fraturas transversais ou oblíquas em relação ao arcabouço estrutural principal (Figura 6). Esse conjunto reforça a complexidade estrutural da área, evidenciando a coexistência de múltiplos sistemas de descontinuidades. As direções secundárias, como ENE-WSW (8,3%), apresentam participação moderada na organização da drenagem, enquanto as orientações E-W (3,6%) são pouco representativas, indicando menor influência desse sistema na estruturação da rede hidrográfica (Figura 6).

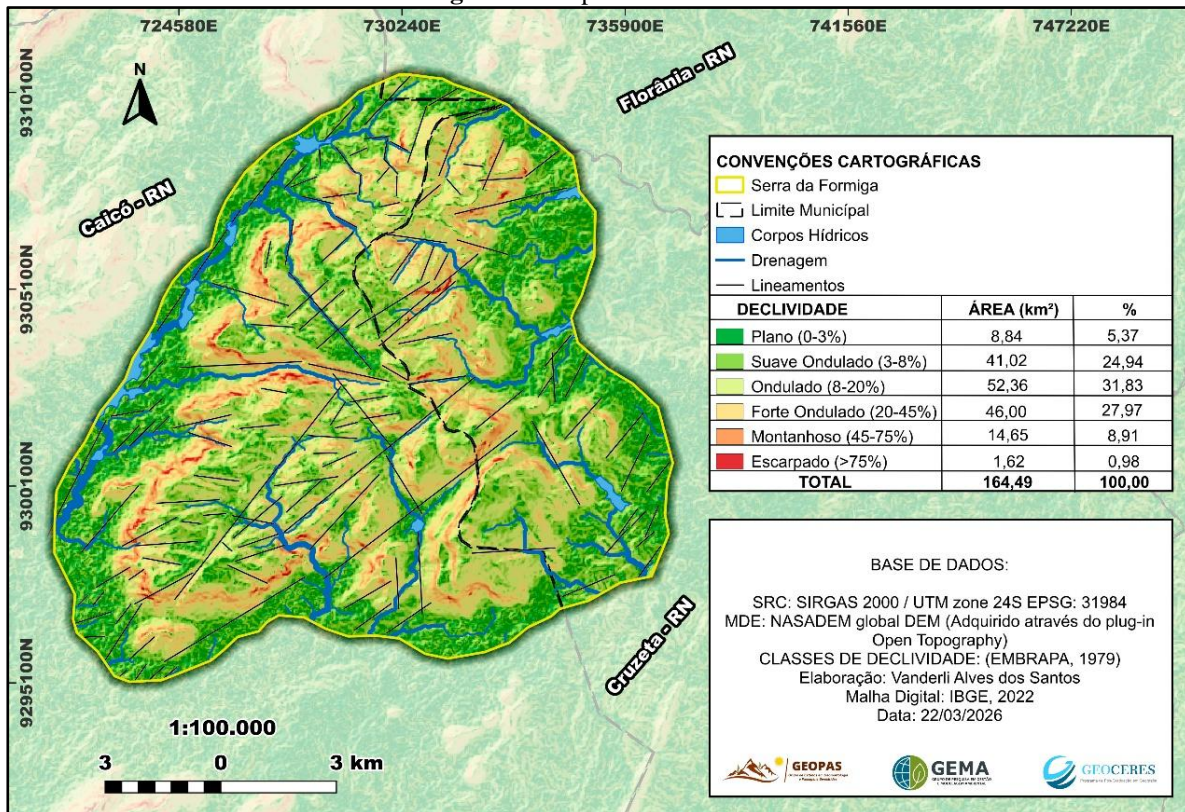
A predominância das direções N-S e NE-SW sugere que a incisão fluvial na Serra da Formiga ocorre preferencialmente ao longo de planos de descontinuidade preexistentes, como falhas, fraturas e planos de foliação das rochas metamórficas da região do Seridó. Essas estruturas funcionam como zonas de fraqueza que direcionam o escoamento superficial, favorecendo o desenvolvimento de canais alinhados e vales retilíneos. Em um contexto semiárido, onde predominam processos de intemperismo físico e erosão diferencial, essas descontinuidades tornam-se elementos-chave na modelagem do relevo, atuando como caminhos de menor resistência para a ação dos agentes geomorfológicos. Dessa forma, a organização geométrica da rede de drenagem reflete diretamente a herança tectônica regional.

## Declividade

Quando analisamos os dados da declividade do Seridó obtidos por Hilário (2024), observa-se o predomínio das classes suave-ondulado e ondulado, que juntas representam mais de 70% da área. Esse padrão indica um relevo predominantemente moderado, típico de regiões de embasamento cristalino no semiárido, no qual há um equilíbrio entre a resistência das rochas e a atuação dos processos erosivos, evidenciando o controle litoestrutural na organização da paisagem.

Nesse contexto, a Serra da Formiga apresenta compartimentos específicos caracterizados por encostas mais íngremes e instáveis, fortemente condicionadas por estruturas geológicas. Essas áreas possuem restrições ao uso antrópico direto e desempenham papel importante na conservação de remanescentes da vegetação de caatinga, além de contribuir para a proteção de nascentes (SANTOS et al., 2026).

Figura 7 - Mapa de declividade



Fonte :Autores (2026)

A análise das classes de declividade da Serra da Formiga (Figura 7), distribuídas em uma área de aproximadamente 164,49 km<sup>2</sup>, evidencia um relevo predominantemente movimentado, típico de maciços residuais desenvolvidos em ambiente semiárido sobre embasamento cristalino (Figura 7). A configuração das encostas reflete diretamente a interação entre a estrutura geológica, a resistência das litologias e os processos de dissecação diferencial que atuam na área.

Do ponto de vista quantitativo, observa-se o predomínio de classes intermediárias a acentuadas de declividade. As classes, ondulado (8–20%) e forte ondulado (20–45%) correspondem, respectivamente, a 31,83% e 27,97% da área, somando cerca de 59,8% do total (Figura 7). Esse padrão indica um relevo intensamente dissecado, no qual as vertentes apresentam inclinações significativas, favorecendo o escoamento superficial rápido, característica marcante do regime hidrológico do semiárido do Seridó.

As áreas de relevo mais suave, representadas pelas classes plana (0–3%) e suave ondulado (3–8%), correspondem a aproximadamente 30% da área e concentram-se principalmente nos fundos de vale e nas superfícies de pedimentação que circundam o maciço (Figura 7). Esses compartimentos indicam zonas de menor energia erosiva e maior acúmulo de materiais, funcionando como níveis de base locais.

Por outro lado, as classes de maior declividade, correspondentes aos terrenos montanhosos (45–75%) e escarpados (>75%), embora ocupem cerca de 10% da área, possuem elevada relevância geomorfológica (Figura 7). Essas feições estão associadas às cristas mais resistentes, frequentemente sustentadas por gnaisses e outras litologias mais competentes, bem como às frentes de recuo erosivo vinculadas a estruturas tectônicas.

A distribuição espacial das classes de declividade evidencia uma clara anisotropia, com as maiores inclinações organizando-se em alinhamentos preferenciais,

predominantemente nas direções NE-SW e N-S. Esses padrões coincidem com os principais lineamentos estruturais mapeados, indicando que a declividade do terreno é fortemente condicionada pela orientação das descontinuidades geológicas. As zonas de maior inclinação acompanham, em muitos casos, falhas e zonas de cisalhamento, sugerindo que a morfologia das encostas está diretamente relacionada à estrutura do embasamento.

Nesse contexto, as cristas e escarpas associadas às maiores declividades refletem tanto a resistência diferencial das rochas quanto a influência da estrutura tectônica, incluindo a orientação da foliação e a presença de falhas transcorrentes. A verticalização dessas estruturas contribui para a formação de encostas íngremes, enquanto zonas mais fraturadas favorecem a dissecação e o rebaixamento do relevo. Além disso, observa-se uma forte relação entre a declividade e a organização da rede de drenagem. Os canais fluviais tendem a se encaixar em vales estreitos delimitados por vertentes íngremes, frequentemente alinhados aos lineamentos estruturais. Esse padrão reforça a ideia de um relevo estruturalmente controlado, no qual a drenagem explora zonas de fraqueza, intensificando a dissecação e contribuindo para a formação de encostas abruptas.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que o relevo da Serra da Formiga, no semiárido do Seridó Potiguar, é fortemente condicionado pelo controle litoestrutural, refletindo a influência direta das descontinuidades na organização da paisagem. A análise integrada dos lineamentos morfoestruturais, da densidade de drenagem, da litologia e da declividade demonstrou que a compartimentação geomorfológica não ocorre de forma aleatória, mas está associada à distribuição, orientação e intensidade do fraturamento das rochas.

Os lineamentos apresentam direções preferenciais, com destaque para o trend NW-SE, evidenciando a atuação de sistemas estruturais regionais que condicionam a dissecação do relevo e a orientação das cristas e vales. De maneira complementar, a densidade de drenagem revelou padrão espacial heterogêneo, com predominância de valores intermediários, indicando equilíbrio entre resistência litológica e atuação dos processos erosivos, ao mesmo tempo em que áreas mais fraturadas concentram maior desenvolvimento da rede hidrográfica.

A análise litológica reforça esse comportamento, demonstrando que unidades mais resistentes, como os ortognaisses do Complexo Caicó, sustentam formas mais elevadas e menos dissecadas, enquanto litologias menos competentes favorecem o encaixe de vales e maior dissecação do terreno.

Assim, a evolução geomorfológica da Serra da Formiga resulta da interação entre fatores estruturais e litológicos, sob a atuação dos processos superficiais típicos do semiárido. Dessa forma, conclui-se que o controle litoestrutural constitui o principal elemento organizador do relevo na área de estudo, atuando diretamente na orientação da drenagem, na distribuição das formas e na dinâmica evolutiva da paisagem.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe do GEMA/UFRN (Grupo de Gestão e Modelagem Ambiental) e ao GEOPAS/UFRN (Grupo de Estudos em Geomorfologia e Paisagens Semiáridas – CNPq) pelo apoio técnico-científico, pelas contribuições nas atividades de campo e pelas discussões que enriqueceram o desenvolvimento deste trabalho. Agradecem, igualmente, ao Laboratório de Geoprocessamento e Geografia Física (LAGGEF/CERES/UFRN) e ao Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia Aplicada

(LAGESA/CERES/UFRN) pela infraestrutura disponibilizada e pelo suporte técnico fundamental às análises realizadas. Por fim, agradecem aos revisores pelas sugestões e comentários criteriosos, que contribuíram de forma significativa para o aprimoramento da qualidade científica e editorial do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

ARCHANJO, R. E. D. S., SERAFIM, P. C., SANTOS, B. C. D., BOURSCHEIDT, V., MOREIRA, R. M., FERNANDES, N. F., ... & RUBIRA, F. G. Morphostructural Controls Reflected in Drainage Patterns. *Hydrology*, v. 12, n. 12, p. 314, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/hydrology12120314>. Acesso em: 26 mar. 2026.

ATTAL, M., COWIE, P. A., WHITTAKER, A. C., HOBLEY, D., TUCKER, G. E., & ROBERTS, G. P. Testing fluvial erosion models using the transient response of bedrock rivers to tectonic forcing in the Apennines, Italy. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 116(F2) 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2010JF001875>. Acesso em: 26 mar. 2026.

AWOYEMI, M. O., ONYEDIM, G. C., ARUBAYI, J. B., & ARIYIBI, E. A. Influence of lithology and geological structures on drainage patterns in part of the basement complex terrain of southwestern Nigeria. *Ife Journal of Science*, v. 7, n. 2, p. 291-296, 2005. Disponível em: Acesso em: 26 mar. 2026.

BASTOS, F. D.; MAIA, R. P.; CORDEIRO, A. M. *Geografia –Geomorfologia*. Fortaleza: Eduece, 2019.138p. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432890/2/Livro%20Geografia%20-%20Geomorfologia.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2026.

BEZERRA, F. H., MARQUES, F. O., VASCONCELOS, D. L., ROSSETTI, D. F., TAVARES, A. C., MAIA, R. P., ... & MEDEIROS, W. E. Review of tectonic inversion of sedimentary basins in NE and N Brazil: Analysis of mechanisms, timing and effects on structures and relief. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 126, p. 104356, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104356>. Acesso em: 26 mar. 2026.

BRICALLI, L. L., & MELLO, C. L. PADRÕES DE LINEAMENTOS RELACIONADOS A LITOESTRUTURA E FRATURAMENTO NEOTECTÔNICO (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, -SE DO BRASIL). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S. l.], v. 14, n. 3, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v14i3.405. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i3.405>. Acesso em: 26 mar. 2026.

BROCARD, G. Y., WILLENBRING, J. K., MILLER, T. E., & SCATENA, F. N. Relict landscape resistance to dissection by upstream migrating knickpoints. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, v. 121, n. 6, p. 1182-1203, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2015JF003678>. Acesso em: 26 mar. 2026.

BRUNSDEN, D., & Thornes, J. B. Landscape sensitivity and change. *Transactions of the Institute of British Geographers*, p. 463-484, 1979. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/622210>. Acesso em: 26 mar. 2026.

CASSETI, V. Geomorfologia.[sl]:[2005]. Acesso em, v. 10, 2013. Disponível em: [https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia\\_Geologia/Geomorfologia\\_ValterCasseti.pdf](https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasseti.pdf). Acesso em: 25 mar. 2026.

COSTA, A. P.; CAVALCANTE, R.; DANTAS, A. R.; CUNHA, A. C.; LIMA, R. B.; SPISILA, A. L. Mapa geológico integrado (2019) e Mapa de recursos minerais integrado, estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Recife: CPRM, 2021. Escala 1:350.000 Disponível em <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19398>. Acesso em: 25 mar. 2026.

COSTA, L. R. F. D, MAIA, R. P., BARRETO, L. L., & CLAUDINO SALES, V. C. DE. GEOMORFOLOGIA DO NORDESTE SETENTRIONAL BRASILEIRO: UMA PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S. l.], v. 21, n. 1, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i1.1447. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1447>. Acesso em: 24 mar. 2026.

DINIZ, M. T. M., & DE OLIVEIRA, G. P. Compartimentação e Caracterização Geoambiental do Seridó Potiguar. Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium, v. 6, n. 1, p. 291-318, 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/braziangeojournal/article/view/28895>. Acesso em: 24 mar. 2026.

ELENI, K., ASSIMINA, A., & EVANGELOS, K. Morphotectonic analysis, structural evolution/pattern of a contractional ridge: Giouchtas Mt., Central Crete, Greece. Journal of Earth System Science, v. 124, n. 3, p. 587-602, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12040-015-0551-3>. Acesso em: 26 mar. 2026.

GAO, H., LIU, F., YAN, T., QIN, L., & LI, Z. Drainage density and its controlling factors on the eastern margin of the Qinghai–Tibet Plateau. Frontiers in Earth Science, v. 9, p. 755197, 2022. Disponível em: Acesso em: 26 mar. 2026.

GIANO, S. I. Fluvial geomorphology and river management. Water, v. 13, n. 11, p. 1608, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13111608>. Acesso em: 26 mar. 2026.

GONTIJO, A.H.F. Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Rio Claro (SP). 259 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP), 1999. Acesso em: 26 mar. 2026.

HIRUMA, S.T. 2007. Significado morfotectônico dos planaltos isolados da Bocaina. 205p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2007. Acesso em: 26 mar. 2026.

HIRUMA, S.T & RICCOMINI. Análise Morfométrica em Neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão, SP. Revista do Instituto Geológico, IG São Paulo, 20 (1/2): 5-19, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0100-929X.19990001>. Acesso em: 26 mar. 2026.

HIRUMA, S. T., RICCOMINI, C., & MODENESI-GAUTTIERI, M. C. Neotectônica no planalto de Campos do Jordão, SP. Revista Brasileira de Geociências, v. 31, n. 3, p. 375-384, 2001. Acesso em: 26 mar. 2026.

HIRUMA, S. T & PONÇANO, W.L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do alto rio Pardo, SP e MG. Revista do instituto geológico, v. 15 n. 1-2 (1994). Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0100-929X.19940005>. Acesso em: 26 mar. 2026.

HILÁRIO, D. S.; LOPES, D. V.; LIRA, D. I.; CORDEIRO, A. M. N.; XIMENES NETO, A. R.; Caracterização e mapeamento geomorfológico da sub-bacia do rio Seridó, no semiárido brasileiro. Revista Geografias, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 60–79, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2024.50814>. Acesso em: 26 mar. 2026.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological society of America bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. Disponível em: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2). Acesso em: 26 mar. 2026.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. AAPG bulletin, v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967. Disponível em: Acesso em: 26 mar. 2026.

JORDAN, G.; SCHOTT, B. Application of wavelet analysis to the study of spatial pattern of morphotectonic lineaments in digital terrain models. A case of study. Remote Sensing of Environment, 94. p. 31-38, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.08.013>. Acesso em: 26 mar. 2026.

LEOPOLD, L. B. Fluvial processes in geomorphology. Courier Dover Publications, 2020.

LIMA, V. F., FURRIER, M., DA SILVA, R. M., & SANTOS, C. A. G. Morphostructural influence and neotectonic activity in the geomorphological configuration of southeast Paraíba and northeast Pernambuco, Brazil. Heliyon, v. 10, n. 9, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30111>. Acesso em: 26 mar. 2026.

LIU, F., YAO, X., & LI, L. Applicability of geomorphic index for the potential slope instability in the three river region, eastern tibetan plateau. Sensors, v. 21, n. 19, p. 6505, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21196505>. Acesso em: 26 mar. 2026.