



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 12, nº 1 (2026)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2026v12n1ID43025>



Interações solo–relevo–vegetação no domínio das Caatingas: condicionantes geoambientais no semiárido brasileiro com aplicação na Serra do Lima, Patu-RN

Soil–relief–vegetation interactions in the Caatinga domain: geoenvironmental controls in the brazilian semiarid with application to Serra do Lima, Patu–RN

Ícaro Guedes da Silva¹; Davi do Vale Lopes²; Vanderli Alves dos Santos³; Camylla da Silva Dantas⁴; Anailson Carlos de Medeiros⁵; Abner Monteiro Nunes Cordeiro⁶

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geografia (GEOCERES), Caicó/RN, Brasil.

Email: icarogsdd@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0519-5498>

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Caicó/RN, Brasil.

Email: davi.lopes@ufrn.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3336-7397>

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geografia (GEOCERES), Caicó/RN, Brasil.

Email: vanderli.alves.142@ufrn.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5416-2316>

⁴ Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza/CE, Brasil.

Email: dantasscamylla@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0315-0829>

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geografia (GEOCERES), Caicó/RN, Brasil.

Email: anailsoncarlos02@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7126-9263>

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geografia, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Caicó/RN, Brasil.

Email: abner.cordeiro@ufrn.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4867-7083>

Resumo: O Domínio das Caatingas, no semiárido brasileiro, caracteriza-se por elevada heterogeneidade geoambiental, resultante da interação entre clima, substrato geológico, relevo, solos e cobertura vegetal. Embora tradicionalmente descrita com base em critérios fisionômicos e florísticos, a Caatinga apresenta padrões espaciais fortemente condicionados por controles pedogeomorfológicos e por gradientes altitudinais, particularmente em ambientes serranos e setores com afloramentos rochosos. Este estudo objetiva analisar as interações solo–relevo–vegetação no Domínio das Caatingas, identificando os principais condicionantes geoambientais responsáveis pela organização da paisagem, com aplicação na Serra do Lima, em Patu–RN. A abordagem metodológica fundamentou-se em revisão sistemática e analítica da literatura científica, articulando classificações oficiais da vegetação com abordagens que incorporam variáveis geomorfológicas, litológicas e pedológicas. Os resultados indicam que atributos do solo, disponibilidade hídrica, declividade, posição na vertente e natureza do substrato exercem influência decisiva sobre a distribuição e a estrutura das fitofisionomias, incluindo formações rupestres associadas a afloramentos graníticos. Conclui-se que a dinâmica da vegetação no semiárido não pode ser plenamente compreendida a partir de classificações exclusivamente descritivas, sendo necessária uma abordagem integrada da paisagem, capaz de incorporar os controles geoambientais na interpretação dos padrões ecológicos e na gestão ambiental do bioma.

Palavras-chave: Afloramentos rochosos; Vegetação rupestre; Fitossociologia; Nutrientes; Acidez.

Abstract: The Caatinga Domain, in the Brazilian semiarid region, is characterized by pronounced geoenvironmental heterogeneity resulting from the interaction among climate, geological substrate, relief, soils, and vegetation cover. Although traditionally described based on physiognomic and floristic criteria, the Caatinga exhibits spatial patterns strongly conditioned by pedogeomorphic controls and altitudinal gradients, particularly in mountainous environments and areas with rocky outcrops. This study aims to analyze soil–relief–vegetation interactions within the Caatinga Domain, identifying the main geoenvironmental controls responsible for landscape organization, with application to Serra do Lima, Patu–RN. The methodological approach was based on a systematic and analytical review of the scientific literature, articulating official vegetation classifications with frameworks that incorporate geomorphological, lithological, and pedological variables. The results indicate that soil attributes, water availability, slope gradient, hillslope position, and substrate nature exert a decisive influence on the distribution and structure of plant physiognomies, including rupestrian formations associated with granitic outcrops. It is concluded that vegetation dynamics in the semiarid region cannot be fully understood through exclusively descriptive classifications, requiring an integrated approach to the landscape, capable of incorporating geoenvironmental controls into ecological interpretation and environmental management of the biome.

Keywords: Rock outcrops; Rupicolous vegetation; Phytosociology; Soil nutrients; Soil acidity.

Recebido: 17/02/2026; Aceito: 13/03/2026; Publicado: 07/04/2026.

1. Introdução

O Domínio Morfoclimático das Caatingas ocupa extensas áreas do semiárido brasileiro, sendo caracterizado por elevadas temperaturas médias anuais, forte irregularidade pluviométrica e sazonalidade climática, com precipitações concentradas em curto período do ano e prolongada estação seca (Veloso; Góes-Filho, 1982; Ab'Sáber, 2003; Silva; Cruz, 2018). Essas condições climáticas impõem severas restrições hidrotérmicas, exercendo controle direto sobre os processos geomorfológicos, pedológicos e ecológicos que estruturam a paisagem regional.

No contexto semiárido, a dinâmica superficial é marcada pela predominância de solos geralmente rasos, pedregosos e pouco desenvolvidos, frequentemente associados a substratos cristalinos e a relevo dissecado (Corrêa; Souza; Cavalcanti, 2014; Souza et al., 2023; Santos et al., 2023; Hilário et al., 2024; Santos et al., 2026). Apesar de historicamente associada a uma paisagem homogênea, a Caatinga revela notável heterogeneidade, com fitofisionomias diversas (Veloso; Góes-Filho, 1982; Silva; Cruz, 2018; Souza et al., 2021). Essa variabilidade favorece a ocorrência de enclaves fitogeográficos associados a condições locais diferenciadas de altitude, litologia, relevo e disponibilidade hídrica (Fernandes, 2018; Silva; Cruz, 2018). Tais enclaves distinguem-se estrutural, funcional e floristicamente das formações típicas circundantes, evidenciando o papel decisivo dos controles geoambientais na organização do mosaico paisagístico semiárido (Silva; Cruz, 2018; Borges Neto et al., 2025).

A vegetação da Caatinga apresenta elevada diversidade fisionômica e florística, composta por espécies hipo-, xero- e hiperxerófilas dotadas de adaptações morfofisiológicas ao déficit hídrico prolongado (Veloso; Góes-Filho, 1982; Freire et al., 2018; Silva; Cruz, 2018; Souza et al., 2021). Entre essas estratégias adaptativas destacam-se a deciduidade foliar sazonal, a microfilia, estruturas espinescentes, rizomas, tecidos de armazenamento hídrico e ampla plasticidade estrutural que abrangem desde formações arbóreas até arbustivas e gramíneo-lenhosas (Guedes, 2023). Tais características refletem respostas integradas às restrições impostas pelo clima, pelas condições edáficas e pela compartimentação topográfica (Borges Neto et al., 2025).

Nesse sentido, a evolução e a organização da paisagem no Domínio das Caatingas resultam de interações contínuas entre solo, relevo e vegetação (Ab'Sáber, 2003; Souza et al., 2023; Santos et al., 2023; Borges Neto et al., 2025; Santos et al., 2026). Cada compartimento topográfico expressa combinações específicas desses fatores, configurando padrões distintos de cobertura vegetal e funcionamento ecossistêmico (Veloso; Góes-Filho, 1982). Apesar dos avanços na compreensão isolada desses componentes, ainda são incipientes os estudos que analisam de forma sistêmica as interações solo–relevo–vegetação no semiárido brasileiro. Essa lacuna torna-se particularmente evidente em ambientes serranos e em gradientes altitudinais, onde condições microambientais diferenciadas podem favorecer maior diversidade estrutural e florística (Giulietti, 2004; Souza et al., 2021; Borges Neto et al., 2025).

Diante desse panorama, torna-se fundamental consolidar uma leitura geoambiental sistêmica que permita compreender a vegetação da Caatinga como expressão da interação dinâmica entre processos superficiais, substrato geológico, morfologia do relevo e diferenciação edáfica, especialmente em contextos altitudinais. Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo analisar, sob uma perspectiva sistêmica as interações solo–relevo–vegetação no Domínio das Caatingas, no semiárido brasileiro e com aplicação empírica na Serra do Lima, em Patu–RN.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde à Serra do Lima, localizada no município de Patu-RN (Fig. 1). A geologia é composta predominantemente por granitos neoproterozoicos da Suíte Itaporanga, vinculados à Província Borborema (Angelim et al., 2006). Trata-se de um relevo residual do tipo inselberg, com amplitude altimétrica, variando de 166 a 650 m. O relevo apresenta topos convexos, escarpas íngremes e encostas parcialmente recobertas por blocos angulosos. Nos setores mais elevados predominam afloramentos rochosos dômicos. Os solos são majoritariamente rasos e pouco desenvolvidos, associados ao embasamento granítico, com ocorrência predominante de Neossolos Litólicos e Cambissolo Háplico. O clima é semiárido, com temperaturas médias anuais entre 21 °C e 28 °C, podendo alcançar valores extremos próximos a 38 °C (Hemetério Filho, 2005). A precipitação é irregular, com cerca de 870 mm/ano (Hemetério Filho, 2005; Lucena; Cabral; Steinke, 2018). A vegetação insere-se no domínio da Caatinga, apresentando variabilidade fisionômica (Giulietti, 2004; Oliveira, 2024).

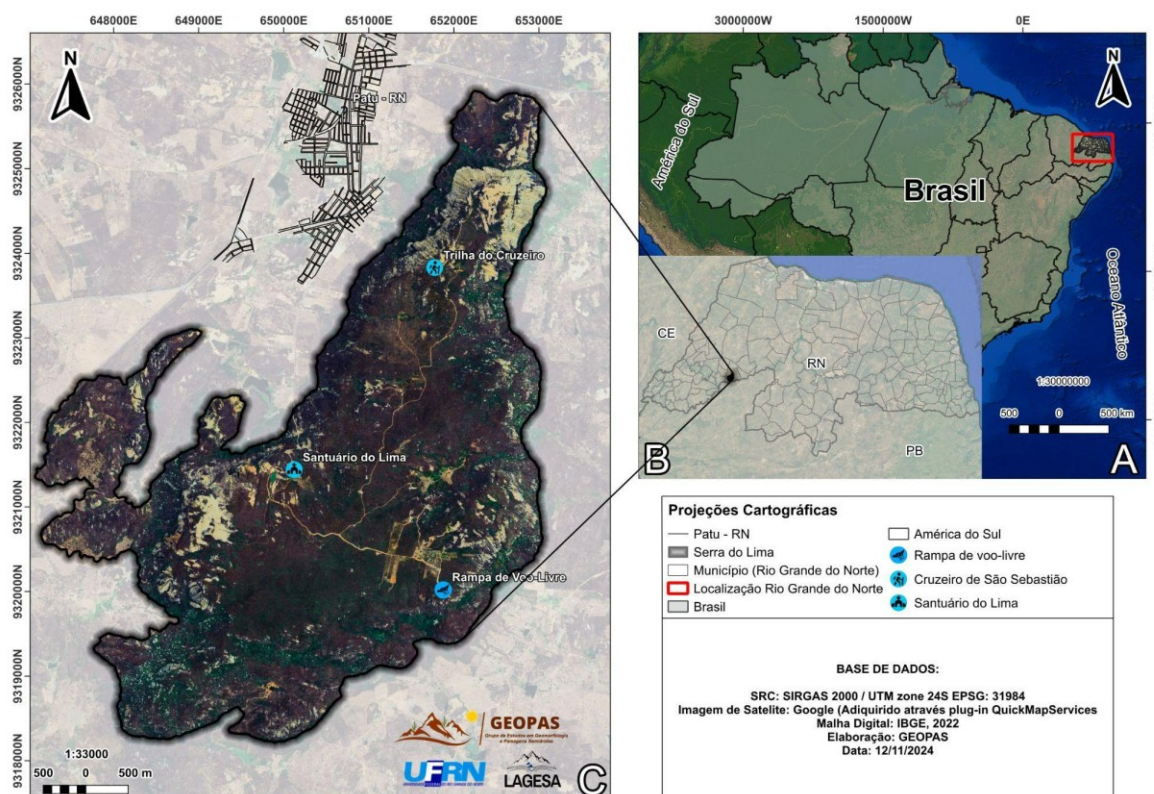


Figura 1 – Localização do Rio Grande do Norte (A), com destaque para Patu-RN (B) e Serra do Lima (C).
Fonte: Autores (2026).

2.2. Procedimentos metodológicos

Realizou-se levantamento bibliográfico em bases de dados como SciELO, Google Scholar e Portal de Periódicos CAPES. A seleção dos trabalhos priorizou relevância temática, consistência metodológica, impacto acadêmico e aderência ao recorte espacial e conceitual da pesquisa. Foram considerados tanto estudos clássicos, responsáveis pela consolidação dos referenciais conceituais sobre a Caatinga e seus condicionantes geoambientais, quanto pesquisas recentes que incorporam abordagens integradas, análises multiescalares e técnicas contemporâneas de interpretação ambiental. Os materiais selecionados foram submetidos à leitura crítica e análise interpretativa, o que possibilitou evidenciar convergências, lacunas e divergências conceituais, sobretudo no que se refere às classificações da vegetação da Caatinga.

No âmbito da análise comparativa, foram examinadas as classificações oficiais da vegetação brasileira propostas pelo IBGE (2012) em contraposição a abordagens que incorporam explicitamente os condicionantes geoambientais, especialmente aspectos geomorfológicos e pedológicos, como a sistematização proposta por Cavalcanti (2014). A partir desse confronto, procedeu-se a uma adaptação conceitual e classificatória, visando aprimorar a coerência analítica do estudo e fortalecer a articulação entre vegetação, solos e relevo no contexto semiárido. Os dados extraídos da literatura foram organizados segundo critérios temáticos e hierárquicos, resultando na elaboração de quadros-síntese, tabelas comparativas e esquemas conceituais que subsidiam a discussão sobre os diferentes tipos de vegetação da Caatinga e suas relações com aspectos do meio físico.

Complementarmente à revisão bibliográfica, foi desenvolvido um estudo de caso na Serra do Lima, município de Patu-RN (Fig. 1). A investigação envolveu levantamento de campo para caracterização fisionômica da vegetação, identificação de espécies vegetais, observações da posição topográfica, análise da declividade, identificação de afloramentos rochosos e descrição preliminar dos solos. A caracterização da cobertura vegetal ocorreu inicialmente com base em critérios fitofisionômicos associados às condições morfopedológicas observadas *in loco*. Posteriormente, com bases nos dados obtidos em campo, as espécies vegetais foram identificadas com auxílio de chaves dicotômicas (Flora do Brasil, 2020), e

as nomenclaturas validadas em repositórios digitais, como o Tropicos® (Org. Missouri Botanical Garden). Por fim, os resultados da revisão e do estudo de caso foram integrados sob a perspectiva sistêmica da paisagem, compreendendo a vegetação da Caatinga como expressão da interação dinâmica entre fatores climáticos, geomorfológicos, pedológicos e biológicos.

3. Resultados e discussão

3.1 Terminologias da vegetação da Caatinga

A sistematização do conhecimento acerca da vegetação do bioma Caatinga no Brasil tem como marco estruturante o Projeto RADAMBRASIL (1971–1985), responsável por levantamentos integrados dos recursos naturais em escala nacional. No âmbito desse projeto, os estudos fitogeográficos foram conduzidos sob coordenação de H. P. Veloso, cuja contribuição foi decisiva para a padronização terminológica e cartográfica da cobertura vegetal brasileira (Cavalcanti, 2024). A partir dos referenciais estabelecidos pelo RADAMBRASIL, a vegetação predominante no domínio da Caatinga passou a ser oficialmente enquadrada como Estepe, denominação posteriormente incorporada pelo IBGE. Tal classificação fundamentou-se na analogia com a Estepe Arborizada e/ou Arbustiva (*steppe arborée et/ou arbustive*), enfatizando atributos estruturais como deciduidade foliar, presença de arbustos espinhosos e desenvolvimento de estrato herbáceo sazonal (Veloso; Góes-Filho, 1982; Cavalcanti, 2024).

Esse enquadramento conceitual dialoga com tradições fitogeográficas europeias e africanas (Trochain, 1955; Veloso; Góes-Filho, 1982). Nesse contexto, a Caatinga nordestina foi considerada homóloga às formações estépicas africanas, sobretudo em razão de respostas morfofisiológicas convergentes a condições climáticas semiáridas (Veloso; Góes-Filho, 1982; Cavalcanti, 2024). Entretanto, a vegetação da Caatinga passou a ser descrita por múltiplas terminologias, tanto na literatura nacional quanto internacional, refletindo distintas matrizes teóricas, escalas de análise e objetivos de investigação. Entre as denominações recorrentes em língua portuguesa destacam-se savana-estépica, floresta seca e mata seca, enquanto na literatura internacional predominam termos como *savane steppique*, *seasonally dry forest*, *seasonally dry tropical forest* e *tropical dry forest* (Fig. 2).

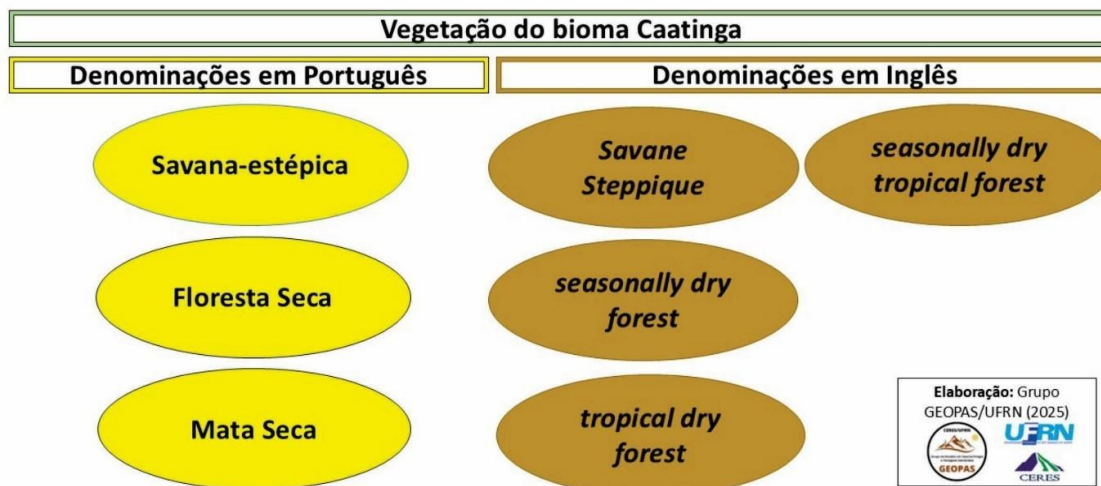


Figura 2 – Vegetação do bioma Caatinga e suas terminologias usuais.
Fonte: Autores (2026).

Essa diversidade terminológica evidencia que, embora muitas dessas classificações se refiram a formações submetidas a regime climático semelhante, marcado por forte sazonalidade hídrica, com estação chuvosa curta e período seco prolongado, elas não são estritamente sinônimas. Cada denominação carrega pressupostos conceituais específicos, particularmente no que concerne à estrutura da vegetação, ao grau de arborização e ao enquadramento biogeográfico. O termo savana-estépica, adotado oficialmente pelo IBGE, enfatiza atributos fisionômicos de formações abertas, com

predominância de elementos arbustivos e herbáceos (Trochain, 1955; Veloso; Góes-Filho, 1982). Em contrapartida, expressões como floresta seca ou mata seca tendem a valorizar a presença de estrato arbóreo mais desenvolvido, ainda que submetido à deciduidade sazonal. Já a terminologia *seasonally dry tropical forest* insere a Caatinga em um contexto biogeográfico mais amplo, aproximando-a de florestas tropicais sujeitas a estresse hídrico periódico (Souza et al., 2021).

A multiplicidade de nomenclaturas revela, portanto, não apenas a complexidade estrutural da Caatinga, mas também as limitações inerentes às classificações baseadas exclusivamente em critérios fisionômicos ou florísticos. Diversos autores argumentam que tais abordagens, incluindo a metodologia oficial do IBGE (2012), tendem a considerar de forma secundária os condicionantes físicos da paisagem, como relevo, litologia e solos, elementos fundamentais para a compreensão da distribuição espacial e da dinâmica das formações vegetais no semiárido (Silva; Cruz, 2018).

Nesse sentido, a Caatinga deve ser compreendida não como uma unidade fitogeográfica homogênea, mas como um mosaico de formações vegetais fortemente condicionado pelas interações entre clima, substrato geológico, pedogênese e compartimentação do relevo (Santos et al., 2023). Essa perspectiva reforça a necessidade de abordagens integradas, capazes de articular as diferentes terminologias às bases geoambientais da paisagem, especialmente em contextos serranos e em gradientes altitudinais, onde a diversidade fisionômica tende a se intensificar.

3.2 Tipos de vegetação segundo o IBGE (2012): alcances e limitações

De acordo com a classificação oficial proposta pelo IBGE (2012), a vegetação predominante no Domínio das Caatingas é enquadrada como Savana-Estépica, subdividida em quatro formações principais: i) Florestada; ii) Arborizada; iii) Parque; e iv) Gramíneo-Lenhosa. Essas formações refletem variações estruturais e fisionômicas da cobertura vegetal, associadas principalmente ao regime climático sazonal, à disponibilidade hídrica e às condições edáficas e topográficas (Tab. 1).

Tabela 1 – Tipos de vegetação da Savana-Estépica e suas formações.

Tipos de vegetações				Formações		
Classes de formações	Subclasses de formações	Grupos de formações	Subgrupos de formações	Formações	Subformações	Sigla
Estrutura/formas de vida	Clima/déficit hídrico	Fisiologia/transpiração /fertilidade	Fisionomia	Ambiente/relevo/hábitos	Fisionomia específicas (fácies)	
CAMPESTRE (Xeromórfitos, Microfanerófitos, Nanofanerófitos, Caméfitos, Geófitos, Hemicriptófitos, Terófitos Lianas e Epífitos)	ESTACIONAL (mais de 6 meses secos)	Higrófito/Xerófito (Eutróficos)	SAVANA- ESTÉPICA	FLORESTADA	Savana-Estépica Florestada	Td
					Savana-Estépica Florestada sem palmeiras	Tds
					Savana-Estépica Florestada com palmeiras	Tdp
				ARBORIZADA	Savana-Estépica Arborizada	Ta
					Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria	Tas
					Savana-Estépica Arborizada com palmeiras	Tap
					Savana-Estépica Arborizada com floresta-de-galeria	Taf
				PARQUE	Savana-Estépica Parque	Tp
					Savana-Estépica Parque sem palmeiras e sem floresta-de-galeria	Tps
					Savana-Estépica Parque com palmeiras	Tpp
					Savana-Estépica Parque com floresta-de-galeria	Tpf
				GRAMÍNEO- LENHOSA	Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa	Tg
					Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa sem palmeiras e sem floresta de galeria	Tgs
					Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa com palmeiras	Tgp
					Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria	Tgf

Fonte: IBGE (2012).

A classificação do IBGE (2012) estrutura-se em um sistema hierárquico multinível, que articula critérios de natureza ecológica, fisionômica e ambiental (Tab. 1). Observa-se que o enquadramento parte inicialmente das formas de vida

predominantes (xeromórfitos, microfanerófitos, nanofanerófitos, caméfitos, geófitos, hemicriptófitos e terófitos), refletindo adaptações morfofisiológicas ao déficit hídrico prolongado. Em seguida, incorpora o critério climático, definido como estacional, com mais de seis meses secos, estabelecendo o pano de fundo macroambiental da vegetação. A progressão classificatória avança para critérios fisiológicos (higrófito/xerófito) e condições de fertilidade (eutróficos), culminando na definição das formações de Savana-Estépica propriamente ditas. Nota-se, portanto, que o modelo combina dimensões estruturais, funcionais e ambientais, embora a ênfase final recaia predominantemente na fisionomia da vegetação.

No subgrupo Savana-Estépica, as quatro formações principais representam um gradiente estrutural de densidade e porte da vegetação lenhosa, variando de formações mais densas (Florestada) a mais abertas (Gramíneo-Lenhosa) (IBGE, 2012). Esse arranjo sugere uma resposta integrada às condições de disponibilidade hídrica e profundidade dos solos. A Savana-Estépica Florestada caracteriza-se por estrato arbóreo mais contínuo e de maior porte, ainda que submetido à deciduidade sazonal. Sua ocorrência está geralmente associada a ambientes com solos relativamente mais profundos e maior capacidade de retenção de umidade, favorecendo sistemas radiculares mais desenvolvidos e maior biomassa lenhosa.

A Savana-Estépica Arborizada apresenta menor densidade arbórea, com indivíduos mais espaçados e maior participação do estrato arbustivo (IBGE, 2012). Tal configuração indica ambientes com restrições edáficas mais pronunciadas ou maior suscetibilidade a processos erosivos, nos quais o desenvolvimento de um dossel contínuo torna-se limitado. A Savana-Estépica Parque distingue-se pela presença de árvores isoladas ou em pequenos agrupamentos distribuídas sobre um estrato herbáceo relativamente contínuo (IBGE, 2012). Essa formação tende a ocorrer em superfícies aplainadas ou suavemente onduladas, onde o controle topográfico, aliado à sazonalidade climática, regula a distribuição dos indivíduos lenhosos. Por fim, a Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa representa o extremo mais aberto do espectro estrutural, com predominância do estrato herbáceo e ocorrência esparsa de arbustos ou árvores (IBGE, 2012). Essa formação é comum em áreas com solos rasos, elevada pedregosidade superficial ou intenso estresse hídrico, refletindo limitações mais severas impostas pelo substrato físico.

Além das formações principais, o IBGE (2012) reconhece um conjunto de subformações, diferenciadas por atributos fisionômicos específicos, como a presença ou ausência de palmeiras e de florestas de galeria. Essa diferenciação introduz um refinamento tipológico importante, sobretudo no que se refere à influência local da disponibilidade hídrica superficial. A presença de floresta de galeria, por exemplo, indica a atuação de controles hidrológicos que transcendem o regime climático regional, evidenciando a importância dos condicionantes geomorfológicos e da dinâmica fluvial. Contudo, embora o sistema classificatório apresente coerência interna e utilidade cartográfica em escala nacional, observa-se que sua estrutura permanece fortemente ancorada em critérios fisionômicos. Os fatores geomorfológicos, litológicos e pedológicos aparecem de forma indireta, como condicionantes implícitos da estrutura vegetal, mas não constituem o eixo central da tipologia.

A adoção do termo Savana-Estépica está diretamente vinculada à tradição fitogeográfica consolidada pelo Projeto RADAMBRASIL, cujos fundamentos dialogam com modelos desenvolvidos para regiões tropicais africanas. Nesse contexto, a Caatinga foi interpretada como homóloga às formações estépicas de outros ambientes semiáridos, sobretudo em razão da deciduidade foliar, da presença de arbustos espinhosos e do estrato herbáceo sazonal (Cavalcanti, 2024). Entretanto, quando analisada sob a perspectiva das interações solo-relevo-vegetação, a hierarquização proposta pelo IBGE revela-se parcialmente limitada para explicar a heterogeneidade espacial observada em áreas serranas e em compartimentos geomorfológicos contrastantes. A transição entre formações florestadas e gramíneo-lenhosas, por exemplo, nem sempre representa apenas um gradiente estrutural contínuo, podendo refletir mudanças abruptas associadas às propriedades dos solos, à litologia ou ao relevo. Assim, embora a classificação do IBGE (2012) constitua referência fundamental para o mapeamento nacional da vegetação da Caatinga, sua aplicação em análises geoambientais de maior detalhamento requer complementação por abordagens mais integradoras.

3.3. Tipos de vegetação e suas formações considerando as condições geoambientais

A vegetação da Caatinga tem sido tradicionalmente classificada com base em critérios predominantemente fisionômicos e florísticos, conforme exemplificado pela metodologia oficial do IBGE (2012), entretanto, existem propostas classificatórias integradoras que incorporam explicitamente os condicionantes físicos da paisagem, especialmente relevo, solos, litologia e dinâmica hidrológica. A sistematização apresentada por Cavalcanti (2014) sobressai por adotar uma abordagem geoambiental integrada, na qual a vegetação é interpretada como expressão funcional das condições do substrato físico. Assim, a estrutura e a fisionomia das formações vegetais são compreendidas como resultantes da interação entre controles climáticos, e fatores locais, tais como profundidade e fertilidade dos solos, posição topográfica, declividade, pedregosidade superficial, presença de afloramentos rochosos e proximidade de corpos hídricos (Tab. 2).

Tabela 2 – Tipos de vegetação da Caatinga e suas descrições.

Tipos de vegetação da Caatinga	Descrição
Arbórea fechada	Dominada por espécies lenhosas, árvores > 5m. As copas das árvores se tocam e entrelaçam.
Arbórea aberta	Dominada por espécies lenhosas, árvores > 5m. As copas das árvores não se tocam ou entrelaçam.
Sub-arbórea	Dominada por elementos lenhosos de 3 a 5m.
Arbustiva fechada	Dominada por arbustos < 3m, distribuídas de maneira adensada na paisagem.
Arbustiva aberta	Dominada por arbustos < 3m, formando espaços vazios na paisagem.
Gramíneo-lenhosa	Dominada por elementos herbáceos, com presença de indivíduos lenhosos (árvore ou arbustos) esparsos ou em agrupamentos isolados.
Higrófila	Vegetação que cresce nas proximidades de corpos hídricos e apresenta flora cosmopolita ou introduzida.
Campo rupestre	Formação vegetal que se desenvolve em meio a afloramentos rochosos. Geralmente apresenta alto índice de endemismo e predominam espécies herbáceo-arbustivas e cactáceas.

Fonte: Adaptado de Cavalcanti (2014).

A leitura integrada das fotografias e dos esquemas conceituais evidencia que cada formação corresponde a um compartimento morfopedológico distinto, reforçando a premissa de que a heterogeneidade da cobertura vegetal reflete diretamente a compartimentação do relevo (Fig. 3).

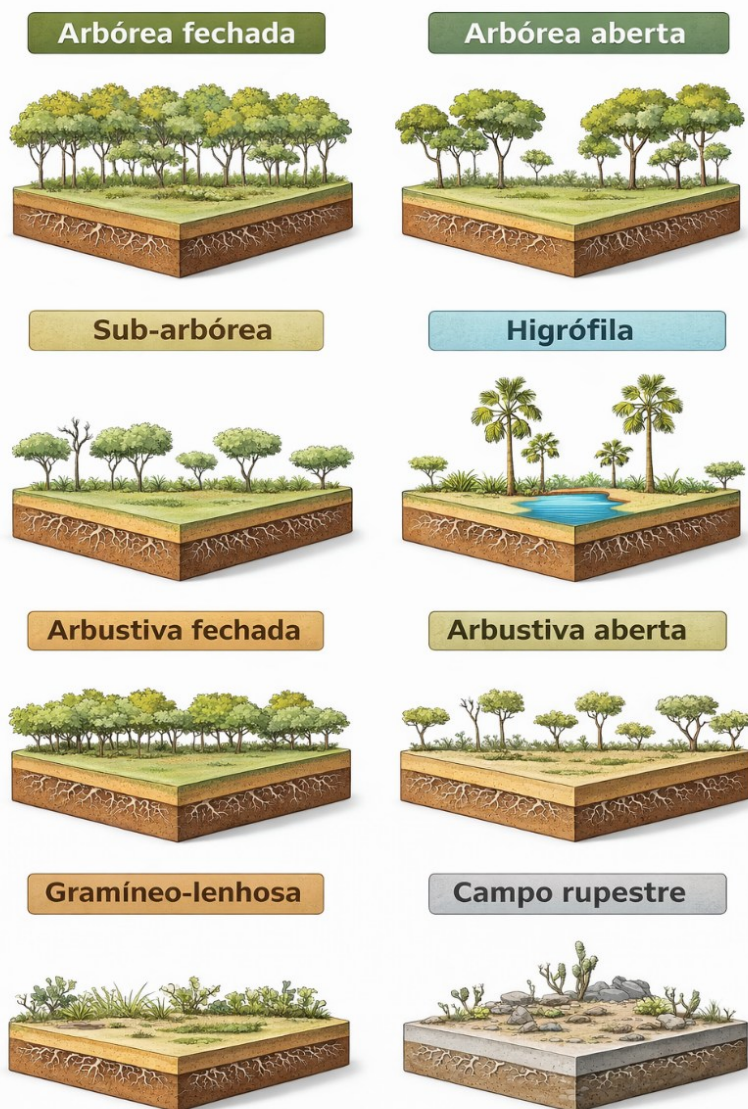


Figura 3 – Blocos diagramas representativos de subgrupos de Caatinga e formações associadas.

Fonte: Autores (2026).

As formações arbóreas (fechada ou aberta), representam os setores com maior desenvolvimento estrutural da biomassa lenhosa. A arbórea fechada, caracterizada por copas contínuas e entrelaçadas, associa-se a solos mais profundos, melhor estruturados e com maior capacidade de retenção hídrica, frequentemente localizados em posições topográficas intermediárias ou em áreas de acumulação coluvial. Já a arbórea aberta, embora mantenha porte superior a 5m, apresenta descontinuidade do dossel, refletindo maior limitação hídrica ou menor profundidade efetiva do solo.

A formação sub-arbórea ocupa posição transicional no gradiente estrutural, sendo recorrente em encostas com declividades moderadas e solos moderadamente rasos. Nesses ambientes, as restrições físicas do substrato, associadas à maior exposição e à dinâmica erosiva, limitam o desenvolvimento de árvores de maior porte, favorecendo indivíduos lenhosos entre 3 e 5m de altura. As formações arbustivas (fechada e aberta), evidenciam maior controle edáfico e geomorfológico. A arbustiva fechada tende a ocorrer em áreas onde, apesar da limitação hídrica, existe profundidade de

solo suficiente para sustentar maior adensamento. Em contraste, a arbustiva aberta está fortemente associada a superfícies com solos rasos, elevada pedregosidade e afloramentos rochosos frequentes, configurando ambientes de maior estresse hídrico e maior vulnerabilidade aos processos erosivos.

A formação gramíneo-lenhosa representa estágios estruturais mais abertos, com predomínio do estrato herbáceo e ocorrência esparsa de elementos lenhosos (Cavalcanti, 2014). Essa tipologia está associada a superfícies aplainadas ou suavemente onduladas com solos pouco desenvolvidos, baixa capacidade de retenção hídrica e, por vezes, compactação superficial, fatores que restringem o estabelecimento de dossel arbustivo ou arbóreo contínuo. A vegetação higrófila, por sua vez, constitui exceção no contexto semiárido, estando diretamente vinculada à presença de água superficial ou subsuperficial. Sua ocorrência ao longo de cursos d'água evidencia a importância dos controles hidrológicos locais, que criam microambientes com menor déficit hídrico e maior disponibilidade nutricional. Nesses setores, a composição florística tende a diferir significativamente das formações adjacentes, podendo incluir espécies cosmopolitas ou introduzidas (Cavalcanti, 2014).

O campo rupestre representa a expressão mais extrema do controle litológico sobre a vegetação. Desenvolve-se sobre afloramentos rochosos e solos extremamente rasos, onde a disponibilidade hídrica é limitada e a ancoragem radicular depende de fraturas e microdepressões da rocha (Cavalcanti, 2014). A elevada especialização ecológica dessas áreas resulta em alto grau de endemismo, com predomínio de espécies herbáceo-arbustivas e cactáceas adaptadas a condições edáficas restritivas.

3.4. Aplicação dos tipos de vegetação e suas formações considerando as condições geoambientais da Serra do Lima

A aplicação da proposta classificatória adaptada às condições geoambientais da Serra do Lima permitiu distinguir oito tipos principais de vegetação (Fig. 4), definidos a partir da articulação entre critérios estruturais e variáveis morfopedológicas. A análise evidencia que cada formação vegetal corresponde a compartimentos específicos do relevo, reforçando a hipótese central deste estudo de que a heterogeneidade da cobertura vegetal reflete diretamente a compartimentação geomorfológica e pedológica da paisagem.

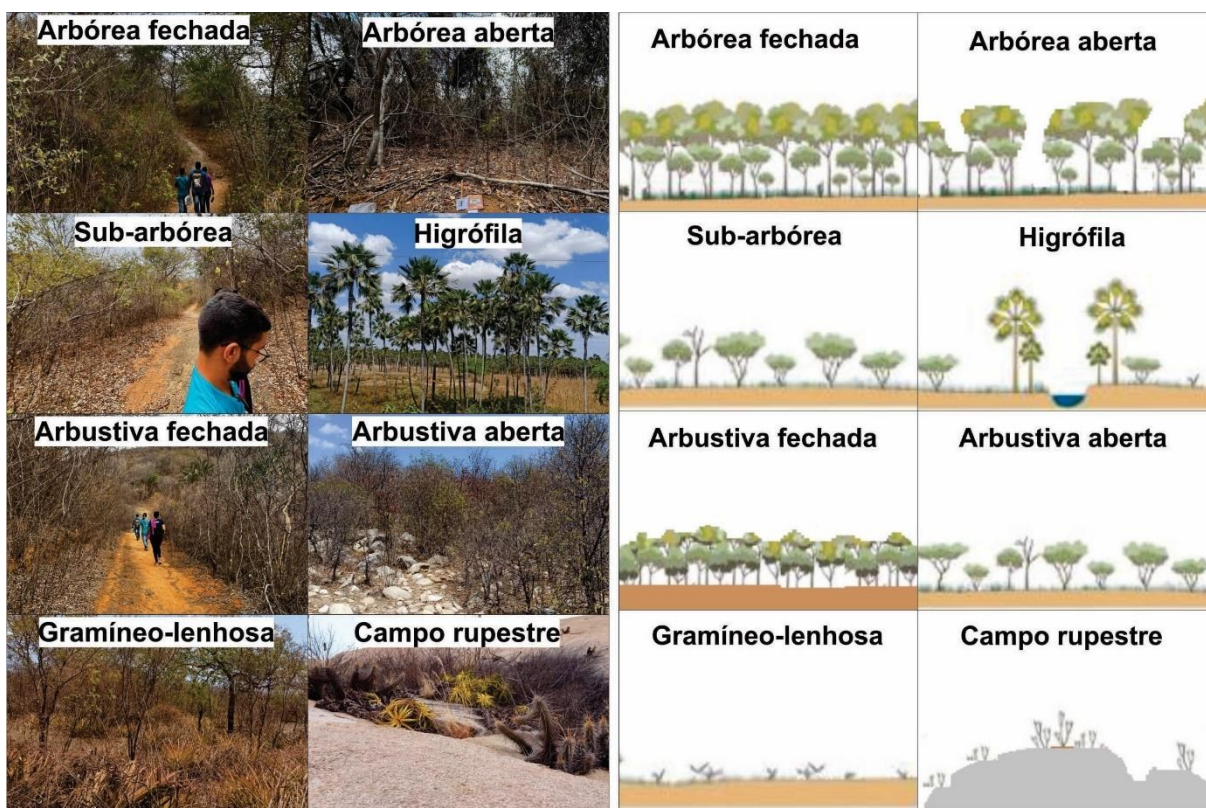


Figura 4 – Classificações de subgrupos de Caatinga e formações associadas.
 Fonte: Autores (2025). Adaptações das figuras esquemáticas de Cavalcanti (2014).

A análise integrada demonstra que as formações vegetais distribuem-se segundo um gradiente morfoedáfico, no qual a profundidade do solo, a posição topográfica, a declividade e a disponibilidade hídrica constituem variáveis estruturantes (Fig. 4). As transições entre formações podem ocorrer de maneira gradual ao longo das encostas, contudo, em setores marcados por mudanças litológicas abruptas ou pela presença de afloramentos rochosos, observam-se descontinuidades nítidas na fisionomia da vegetação.

Nesse contexto, as formações arbóreas (fechada e aberta) concentram-se, predominantemente, em áreas com solos mais profundos e melhor estruturados, especialmente na superfície somital (SS) e em setores de encosta (EN) com menor pedregosidade. O levantamento florístico confirmou a presença de espécies típicas da Caatinga arbórea, como *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc (pereiro), *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm (cumaru), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico) e *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz (jucá), indicando ambientes com maior capacidade de suporte radicular e relativa estabilidade geomorfológica.

A ocorrência expressiva de *Syagrus cearensis* Noblick (coco-católé) em diferentes compartimentos (EN/SS) revela a plasticidade ecológica dessa palmeira e reforça a influência das condições edáficas locais na configuração das fácies vegetacionais, conforme reconhecido pelo IBGE (2012). A presença marcante de palmáceas confere singularidade estrutural à paisagem, especialmente em setores onde há maior acúmulo de material coluvial.

Nas encostas, observa-se a presença de vegetação arbórea aberta e sub-arbórea, associada a solos moderadamente rasos e a maior exposição aos processos erosivos. Nessas áreas, a densidade do dossel é menor, refletindo limitações impostas pela declividade e pela menor retenção hídrica. Espécies como *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Croton heliotropiifolius* Kunth demonstram adaptações xerofíticas típicas de ambientes sob estresse hídrico acentuado.

As formações arbustivas e gramíneo-lenhosas (Fig. 4) predominam em setores com solos rasos, maior pedregosidade superficial e, em alguns casos, influência direta do embasamento cristalino (e.g., *Croton jacobinensis* Baill., *Lippia grata* Schauer e *Varronia dardani* [Taroda] J.S. Mill.). Nessas áreas, o estrato herbáceo assume maior importância relativa, enquanto os indivíduos lenhosos ocorrem de forma esparsa ou em agrupamentos isolados. Essa configuração evidencia a

limitação edáfica como fator determinante da estrutura vegetal, confirmando a forte dependência entre pedogênese e fitofisionomia.

Particular destaque deve ser dado aos campos rupestres da Serra do Lima, desenvolvidos sobre afloramentos rochosos (AF), onde existem apenas alguns bolsões com solos extremamente rasos (Fig. 5). Nesses compartimentos, a vegetação apresenta elevada especialização ecológica, com predominância de espécies herbáceo-arbustivas adaptadas à escassez hídrica e à elevada insolação. Observa-se abundante ocorrência de bromeliáceas, especialmente *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. f. (macambira), e de cactáceas, como *Pilosocereus gounellei* F.A.C. Weber ex K. Schum. (xique-xique) e *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter (facheiro), que se destacam como um dos elementos mais marcantes desses ambientes. A dominância desses grupos vegetais em AF reflete um conjunto de adaptações morfofisiológicas ao estresse ambiental, incluindo tecidos suculentos, metabolismo CAM e sistemas radiculares superficiais eficientes na captação de água proveniente de eventos pluviométricos episódicos.

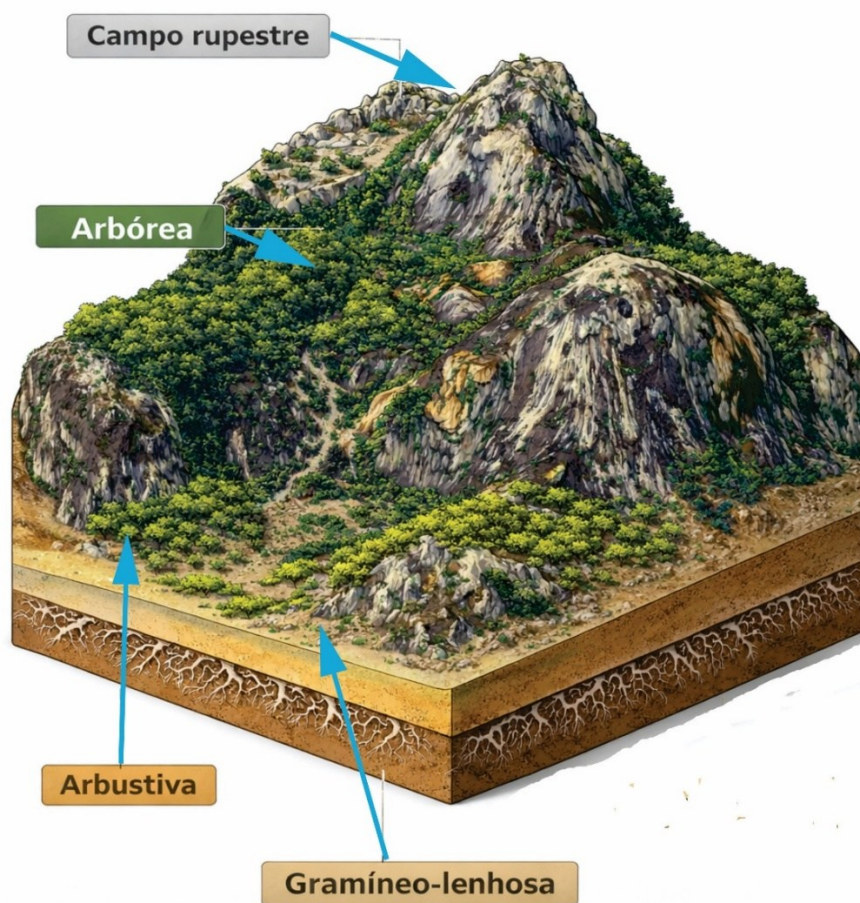


Figura 5 – Representação de subgrupos de Caatinga e formações associadas na Serra do Lima, com destaque para os campos rupestres nas áreas de topo, como na área conhecida como “Pelado”, setores com vegetação arbórea em platôs elevados, vegetação arbustiva nas encostas e sopé, e vegetação gramíneo-lenhosa na base.

Fonte: Autores (2026).

De acordo com Borges Neto et al. (2025), os inselbergues do semiárido brasileiro apresentam bolsões de solos (*pocket soils*), onde a organização geomorfológica favorece a retenção hídrica, o acúmulo de sedimentos finos e a deposição de matéria orgânica, formando sítios que possuem condições microambientais diferenciadas em relação às áreas adjacentes, com propriedades físicas e químicas singulares, transformando esses bolsões edáficos em refúgios ecológicos. De modo

semelhante, na Serra do Lima, as cavidades e superfícies de descontinuidades do substrato rochoso (e.g., gnammas, fissuras e fraturas) também desempenham papel relevante como refúgios ecológicos, uma vez que a retenção de umidade, sedimentos e matéria orgânica possibilita a formação de microhabitats favoráveis ao desenvolvimento de arbustos, bromeliáceas, cactáceas, gramíneas e, em alguns casos, espécies arbóreas, sob condições de intenso estresse hídrico e solar. Assim, os solos em inselbergues desempenham papel estratégico na migração e manutenção de espécies vegetais sensíveis à escassez hídrica, inclusive aquelas típicas de biomas mais úmidos, contribuindo para a conservação de ecossistemas funcionais no domínio das Caatingas (Borges Neto et al., 2025).

As observações realizadas *in situ* permitiram confrontar as interpretações dos dados obtidos em gabinete com as condições reais da paisagem, possibilitando identificar padrões na distribuição fitofisionômica ao longo da área. Na Serra do Lima os resultados demonstram que a organização espacial da vegetação está diretamente associada a compartimentação do relevo, a profundidade e propriedades dos solos, e a dinâmica hídrica, os quais exercem papel determinante na definição das fitofisionomias. A análise integrada da paisagem adotada evidencia, portanto, que a vegetação constitui expressão direta da interação solo–relevo (Santos et al., 2023).

4. Considerações finais

A análise integrada das interações solo–relevo–vegetação, no Domínio das Caatingas, demonstra que a organização espacial da cobertura vegetal no semiárido brasileiro é resultado de um sistema multiescalar de controles ambientais. Embora o clima semiárido estabeleça o quadro macroecológico regional, a variabilidade da vegetação está fortemente condicionada por fatores geoambientais locais, como posição topográfica, profundidade e fertilidade dos solos, litologia e dinâmica hídrica.

A revisão terminológica evidenciou que as múltiplas denominações atribuídas à vegetação da Caatinga refletem distintas matrizes teóricas e metodológicas. A consolidação do termo Savana-Estépica pelo IBGE (2012) contribuiu para a padronização cartográfica nacional, mas apresenta limitações ao incorporar de forma secundária os controles geomorfológicos e pedológicos.

A abordagem geoambiental mostrou-se mais eficaz para interpretar a heterogeneidade observada em ambientes serranos e ao longo de gradientes altitudinais, revelando que diferentes formações vegetais correspondem a respostas funcionais às condições do substrato físico.

Conclui-se, portanto, que a compreensão da vegetação da Caatinga requer a superação de classificações estritamente fisionômicas, incorporando uma perspectiva integrada que reconheça o papel estruturante dos solos e do relevo na organização espacial das formações vegetais. Tal abordagem amplia a capacidade explicativa dos padrões observados no semiárido. Além de contribuir para o avanço teórico-metodológico das Geociências, essa perspectiva fornece bases técnicas relevantes para o planejamento territorial e a gestão sustentável dos ecossistemas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe do GEOPAS/UFRN (Grupo de Estudos em Geomorfologia e Paisagens Semiáridas/CNPq) e do Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia Aplicada (LAGESA/CERES/UFRN) pelo apoio nas atividades de campo e pelas contribuições na elaboração deste trabalho. Por fim, os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências

- AB'SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.
- ANGELIM, L. A. A.; NESI, J. R.; TORRES, H. H. F.; MEDEIROS, V. C.; SANTOS, C. A.; JUNIOR, J. P. V.; MENDES, V. A. *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte: Texto Explicativo dos Mapas Geológicos e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte*. Recife: CPRM/SEDEC-RN/FAPERNE, 2006. 119 p.
- BORGES NETO, I. O.; SANTOS, L. J. C.; DE SOUZA, J. J. L. L.; XAVIER, R. A.; DE SOUZA, B. I.; DE LIMA, V. R. P.; GOMES, A. S.; SEABRA, V. da S.; CARDOSO, P. V. Soils formed in inselbergs host drought-sensitive species in the Brazilian semiarid. *Pedosphere*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2025.09.028>.

- CAVALCANTI, L. C. S.; RAFAEL, L. M.; SOUZA, B. I. Caatinga: savana-estépica ou floresta seca? Um comentário sobre a classificação da vegetação brasileira. *Revista de Geografia*, [S. l.], v. 41, n. 4, p. 173–185, 2024. DOI: 10.51359/2238-6211.2024.264832. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/264832>. Acesso em: 6 fev. 2026.
- CORRÊA, A. C. B.; SOUZA, J. O. P.; CAVALCANTI, L. C. S. Solos do ambiente semiárido brasileiro: erosão e degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs.). *Degradação dos solos no Brasil*. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 127–169.
- FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. *Ciência e Cultura*, v. 70, n. 4, p. 51–56, 2018.
- FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 13 fev. 2026.
- FREIRE, N. C. F. et al. *Atlas das Caatingas: o único bioma exclusivamente brasileiro*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2018. 200 p.
- GIULIETTI, A. M. et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília: MMA, 2004.
- GUEDES, J. C. F. *Fitoecologia de bacias hidrográficas semiáridas: experiência a partir da cobertura da terra e morfoestrutura do relevo*. 2023. 170 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.
- HEMETÉRIO FILHO, P. *História do município de Patu*. 2. ed. Mossoró: Coleção Mossoroense, 2005. 408 p.
- 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. DOI: 10.35699/2237-549X.2024.50814. Disponível em: <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2024.50814>.
- IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 270 p.
- LUCENA, R; CABRAL, J; STEINKE, E. Comportamento hidroclimatológico do estado do Rio Grande do Norte e do município de Caicó. *Revista Brasileira de Meteorologia*, n.33, p.485-496, 2018.
- OLIVEIRA, M. B. et al. Caracterização geomorfológica do município de Patu-RN no semiárido brasileiro. In: LIMA, E. C. (org.). *Estudos sobre a natureza no contexto geomorfológico*. Fortaleza: Observatório do Semiárido, 2024. p. 21–30.
- SANTOS, A.S., LIRA, D.I., COSTA, T.S.B., ROCHA, D.F., LOPES, D.V. Interações pedogeomorfológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 04, p. 1776-1792, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.4.p1776-1792>.
- SANTOS, V. A.; LOPES, D. V.; SANTOS, J. Y. G.; DANTAS JÚNIOR, J. E.; CORDEIRO, A. M. N. Geomorfologia da Serra da Formiga, setor das serras ocidentais do Planalto da Borborema, região semiárida do Seridó Potiguar. *Revista de Geociências do Nordeste*, Caicó, v. 12, n. 1, p. 1–16, jan./jun. 2026. DOI: 10.21680/2447-3359.2026v12n1ID42025.
- SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: uma revisão em apoio a mapeamentos através de sensoriamento remoto orbital e GEOBIA. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 35, p. 113–120, 2018.
- SOUZA, D. V.; SPÍNOLA, D.; SANTOS, J. C.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; OLIVEIRA, R. A. P.; ELTINK, E.; LOPES, D. V.; SPÓTL, C.; CHERKINSKY, A.; REIS, H. F.; SILVA, J. O.; AULER, A.; CRUZ, F. W. Relict soil features in cave sediments record periods of wet climate and dense vegetation over the last 100 kyr in a present-day semi-arid region of northeast Brazil. *Catena*, v. 226, p. 107092, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107092>.

SOUZA, C. R. DE ., SANTOS, A. B. M., MAIA, V. A., PAULA, G. G. P. DE ., FAGUNDES, N. C. A., COELHO, P. A., SANTOS, P. F., MOREL, J. D., GARCIA, P. O., SANTOS, R. M. Seasonally dry tropical forest temporal patterns are marked by floristic stability and structural changes. *CERNE*, 27, e-102355, 2021. <https://doi.org/10.1590/01047760202127012355>

TROCHAIN, J.-L. Nomenclature et classification des milieux végétaux en Afrique noire française. In: COLLOQUE INTERNATIONAL DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), 59., 1954, Paris. *Annales de Biologie*, t. XXXI, fasc. 5-6, p. 73-93, 1955.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. *Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical*. Salvador: Projeto RADAMBRASIL, 1982. 86 p.