

PADRÕES DE RELEVO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO CARIRI PARAIBANO: UMA CONTRIBUIÇÃO À CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA SEMIÁRIDA

RELIEF PATTERNS OF THE CARIRI PARAIBANO ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA:
A CONTRIBUTION TO SEMI-ARID GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY

PATRONES DE RELIEVE DEL ÁREA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE CARIRI PARAIBANO:
UNA CONTRIBUCIÓN A LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA DEL SEMIÁRIDO

Rafael Albuquerque Xavier¹

Bartolomeu Israel de Souza²

Eini Celly Morais Cardoso³

Vinicius da Silva Seabra⁴

RESUMO: A Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri situa-se na porção semiárida do Planalto da Borborema, na Paraíba, abrangendo o Bioma da Caatinga. A unidade de conservação apresenta importantes resquícios de vegetação, sítios arqueológicos e expressivo patrimônio geomorfológico desenvolvido sobre rochas graníticas. Criada no ano de 2004, a APA não possui Plano de Manejo nem Zoneamento Ambiental. Dessa forma, o presente trabalho visa contribuir com o conhecimento dos aspectos físicos da APA, através da realização do mapeamento das formas de relevo e sua compartimentação. Para tanto, foi utilizada a metodologia do IBGE com algumas adaptações. O mapeamento foi elaborado na setorização de parâmetros do relevo, como a declividade e a amplitude em bacias de segunda ordem. Os resultados mostraram um relevo bastante dissecado, caracterizando superfícies aplainadas e colinas amplas suaves, intercalado por morros e serras estruturais condicionados pela resistência das rochas ao intemperismo. O modelo digital de elevação Topodata mostrou-se eficiente na automatização do processo de segmentação das classes de relevo.

Palavras-chave: Modelo Digital de Elevação. Mapeamento geomorfológico. Semiárido.

ABSTRACT: The Cariri Environmental Protection Area (Cariri EPA) is in the semiarid portion of the Borborema Plateau in Paraíba, encompassing the Caatinga biome. Remnants of semideciduous forest refuges, archaeological sites and significant geomorphological

1 Professor do Departamento de Geografia da UEPB e dos Programas de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da UEPB e de Geografia da UFPB. Coordenador do GEGHAT/UEPB. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1737-7547>. E-mail: xavier@ceduc.uepb.edu.br.

2 Professor do Departamento de Geociências da UFPB e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPB. Coordenador do GESA/UFPB. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2173-8314>. E-mail: bartolomeuisrael@gmail.com.

3 Aluna do Mestrado em Geografia da UFPB. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7775-368X>. E-mail: einically@gmail.com.

4 Professor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Formação de Professores, Universidade Estadual do Rio de Janeiro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-6015>. E-mail: vinigeobr@yahoo.com.br.

Artigo recebido em setembro de 2021 e aceito para publicação em março de 2022.

heritage developed on granitic rocks in the Cariri EPA. Since the Cariri EPA was created in 2004 the Management Plan or the Environmental Zoning have not been created. Thus, the present work aims to contribute to the knowledge of the physical aspects of the Cariri EPA through the mapping of relief and their compartmentalization. The IBGE methodology was used with some adaptations. The mapping was elaborated in the sectorization of relief parameters, such as slope and amplitude in 2nd basins order. The results showed a quite dissected relief, characterized by flattened surfaces and wide soft hills, interspersed by hills and structural cliffs conditioned by resistance of the rocks to weathering. The Topodata digital elevation model was efficient in automating the relief segmentation process.

Keywords: Digital Model of Elevation. Geomorphological mappin. Brazilian semiarid.

RESUMEN: El Área de Protección Ambiental de Cariri (APA) está ubicada en la porción semiárida de la meseta de Borborama en Paraíba, cubriendo el Bioma de Caatinga. La unidad de conservación cuenta con importantes remanentes de vegetación, sitios arqueológicos y un importante patrimonio geomorfológico desarrollado sobre rocas graníticas. Creada en 2004, APA no cuenta con Plan de Manejo ni Zonificación Ambiental. De esta forma, el presente trabajo tiene como objetivo contribuir con el conocimiento de los aspectos físicos de la APA a través del mapeo de las formas de relieve y su compartimentación. Para ello, se utilizó la metodología IBGE con algunas adaptaciones. El mapeo se elaboró en la sectorización de parámetros de relieve, como pendiente y amplitud en 2ª cuencas. pedido. Los resultados mostraron un relieve muy disecado, caracterizado por superficies aplanadas y colinas anchas y lisas, intercaladas por colinas y sierras estructurales condicionadas por la resistencia de las rocas a la intemperie. El modelo de elevación digital de Topodata demostró ser eficiente en la automatización del proceso de segmentación de las clases de relieve.

Palabras clave: Modelo de elevación digital. Cartografía geomorfológica. Semi árido.

INTRODUÇÃO

A **Área de Proteção Ambiental (APA)** do Cariri foi criada pelo Decreto Estadual 25.083-2004, pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba – SUDEMA. Possui uma área de 18.560 hectares de Caatinga arbustiva-arbórea e de resquícios de Mata Serrana existentes na região semiárida. Engloba parte dos municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri (PARAÍBA, 2004).

Enquanto Unidade de Conservação, a APA tem como objetivos garantir a conservação da vegetação remanescente, bem como a preservação dos recursos dos Rios Taperoá, Boa Vista, Soledade, Gurjão e seus afluentes. Além disso, visa preservar os sítios arqueológicos (AZEVEDO NETTO e OLIVEIRA, 2015), portadores de arte rupestre na forma de gravuras (tradição Itacoatiara) e pinturas (tradição Agreste). De acordo com Lima e Meneses (2012), a área apresenta grande potencial paleontológico, com registros de fósseis de animais da megafauna do Cariri Paraibano.

Outra função existente é a preservação dos monumentos naturais, representados por feições geomorfológicas notáveis, tais como: Lajedo de Pai Mateus, Lajedo Manuel de Sousa, Lajedo da Salambaia, Lajedo do Bravo, Saca de Lã, Cânion do Rio da Serra (Rio Soledade), todos esses inseridos no projeto Geoparque Cariri. O projeto tem início com estudos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que culminaram com a inclusão do Cariri Paraibano no “Projeto Geoparques do Brasil”, em 2014 (MENESES e SOUSA, 2016).

Contudo, a APA do Cariri não dispõe ainda de um plano de manejo, nem de estudos científicos sistemáticos que caracterizem adequadamente seus recursos (BALLÉN et al., 2016). Nesse contexto, o mapeamento geomorfológico, quando contém conteúdo sobre a dinâmica da paisagem, apresenta-se com grande importância para o zoneamento e planejamento do uso da terra (SANTOS et al., 2006; MARQUES NETO et al., 2015) e subsídios ao ordenamento territorial (DINIZ et al., 2017). Para Santos et al. (2012), o mapeamento geomorfológico permite o entendimento das formas do relevo e sua dinâmica, fornecendo uma compreensão multidisciplinar do relevo em análise.

Diversos problemas afetam essa unidade de conservação estadual, como: caça predatória, desmatamento e depredação do patrimônio cultural e natural. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma ampla caracterização geomorfológica da área, incluindo a **classificação das** formas de relevo principais. Acredita-se que esta etapa da pesquisa é fundamental para compor, no futuro, o zoneamento ambiental da APA do Cariri.

ÁREA DE ESTUDO

A APA abrange parte de três municípios: São João do Cariri, Cabaceiras e Boa Vista (Figura 1). Os municípios de São João do Cariri e Cabaceiras estão na microrregião do Cariri Oriental e mesorregião da Borborema, e o município de Boa Vista está na microrregião de Campina Grande e mesorregião do Agreste. Os municípios somados totalizam cerca de 15.600 habitantes, divididos aproximadamente em 50% na zona urbana e 50% na zona rural. A APA encontra-se totalmente na zona rural desses municípios e possui como principais atividades econômicas, atualmente, a pecuária extensiva, principalmente caprinos e ovinos, agricultura familiar, mineração e turismo rural.

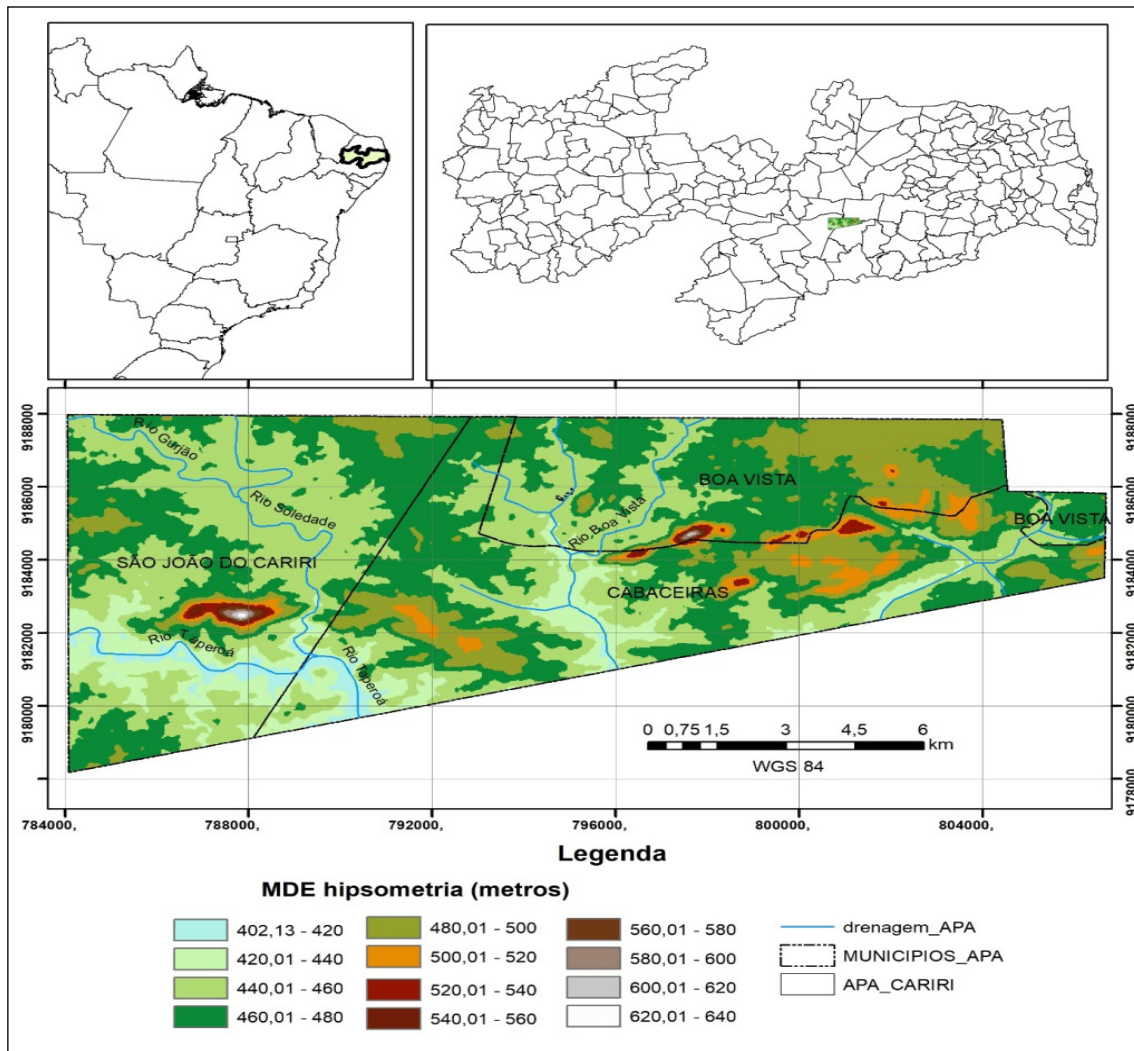
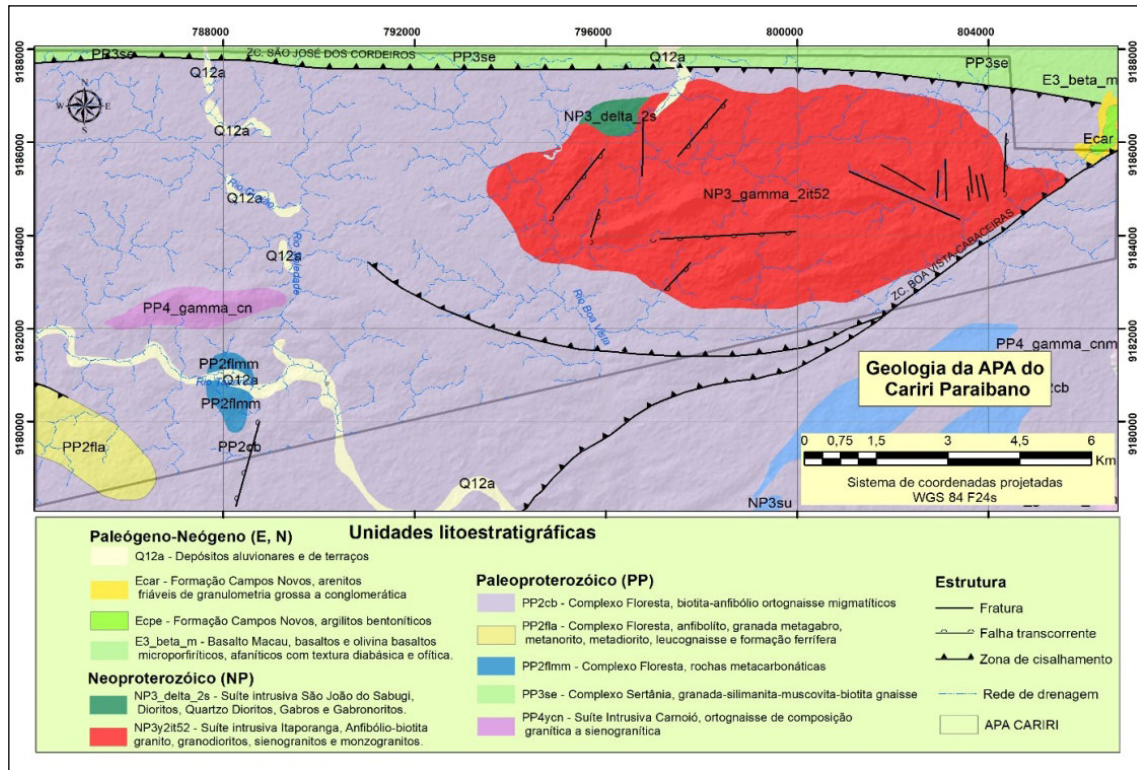


Figura 1. Localização regional da APA do Cariri, no Estado da Paraíba. Destaque para a variação altimétrica do relevo.

O clima é semiárido quente e seco, com chuvas escassas e irregulares, e temperaturas médias anuais elevadas, entre 25 e 27°C (LIMA e ALMEIDA, 2017). A pluviometria média anual histórica é de 490 mm, em Boa Vista, 445 mm, em São João do Cariri, e 390 mm, em Cabaceiras. Os rios que cortam a APA são em sua maioria efêmeros, tendo poucos de caráter intermitente, como o Taperoá, o Boa Vista e o Soledade.

A geologia da área é caracterizada predominantemente por suítes intrusivas e ortognaisses do Neoproterozóico e Paleoproterozóico, respectivamente (Figura 2). A matriz rochosa é marcada por rochas do Paleoproterozóico do Complexo Floresta e do Complexo Sertânia, compostas por ortognaisses variados. A Suíte Intrusiva Carnoió é marcada por ortognaisses graníticos, também do Paleoproterozóico. Destaca-se, também, a Suíte Intrusiva Itaporanga, caracterizada como anfibólio-biotita granito, denominado Plutão Bravo (581 Ma). O Plutão Bravo é um “stock de biotita monzo/sienogranitos de cor cinza, textura fanerítica inequigranular grossa a porfirítica com megacristais de

K-feldspato de até 2 cm, colocado entre duas zonas de cisalhamento conjugadas (NE-SW e E-W)” (LAGES, et. al., 2013, p. 4).



Fonte: CPRM (2012): Carta Geológica Folha Boqueirão 1:100.000.

Figura 2. Geologia da APA do Cariri.

As litologias cenozoicas têm ocorrência discreta na APA, como os Arenitos e Argilitos da Formação Campos Novos e o Basalto Macau, que compõem a sequência litoestratigráfica da Bacia Vulcano-sedimentar de Boa Vista, cobrindo uma pequena parte a nordeste da APA. Cortando a APA, ocorrem os depósitos aluvionares ao longo dos vales dos Rios Taperoá e Soledade (Figura 2). Segundo Ballén et al. (2016), a APA está totalmente inserida no bioma da Caatinga, que se caracteriza por:

uma fisionomia e composição florística variável em função do tipo de solo e da pluviosidade. Dominam espécies caducifólias de caráter xerófilo e grande quantidade de plantas espinhosas. Fitofisionomicamente as caatingas podem ser caracterizadas como florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos sem formar um dossel contínuo. Cactos e bromélias terrestres são, também, elementos importantes da sua paisagem. (BALLÉN et al., 2016, p. 559)

Na paisagem geomorfológica da APA dominam extensas superfícies aplainadas e suavemente onduladas entrecortadas por alguns morros e serras. Uma feição marcante na paisagem local são os “lajedos”, que são extensas superfícies rochosas, geralmente

graníticas, com amplitudes altimétricas inferiores a 100 metros (SOUZA e XAVIER, 2017), em forma dômica assimétrica do tipo *waleback* (“dorso de baleia”) (LAGES et al., 2013). De acordo com Souza e Xavier (2017), os lajedos “apresentam grande importância geomorfológica, tanto pelo conjunto variado de formas específicas e raras, quanto pela presença marcante na paisagem revelando seu caráter de resistência aos processos geomorfológicos.” (SOUZA e XAVIER, 2017, p. 6565).

METODOLOGIA

O mapeamento do relevo da bacia da APA do Cariri foi realizado utilizando a classificação baseada em objetos (*Definiens*®), conforme o trabalho de Xavier et al. (2016). A classificação baseada em objetos utiliza os polígonos gerados na segmentação para definição dos objetos de imagem a partir de um conjunto de dados, chamados de descritores. As características das variáveis consideradas relacionadas à forma e relações de vizinhança são as informações utilizadas na descrição destes objetos. A partir desses descritores, os objetos podem ser agrupados em categorias com significado ou em classes temáticas.

Cruz et al. (2007) apontam que a classificação baseada em objetos busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores. Esse método de classificação ainda se diferencia dos demais por apresentar a possibilidade de se realizar multissegmentações, gerando níveis hierarquizados, incluindo ainda aspectos de multirresolução. Para a classificação do relevo na APA do Cariri, foram considerados como descritores a altitude do terreno, a amplitude do relevo e a declividade (Figura 3). Essas variáveis foram obtidas a partir de processamento dos dados do Topodata (VALERIANO, 2008), realizados no software ArcGis 9.3.

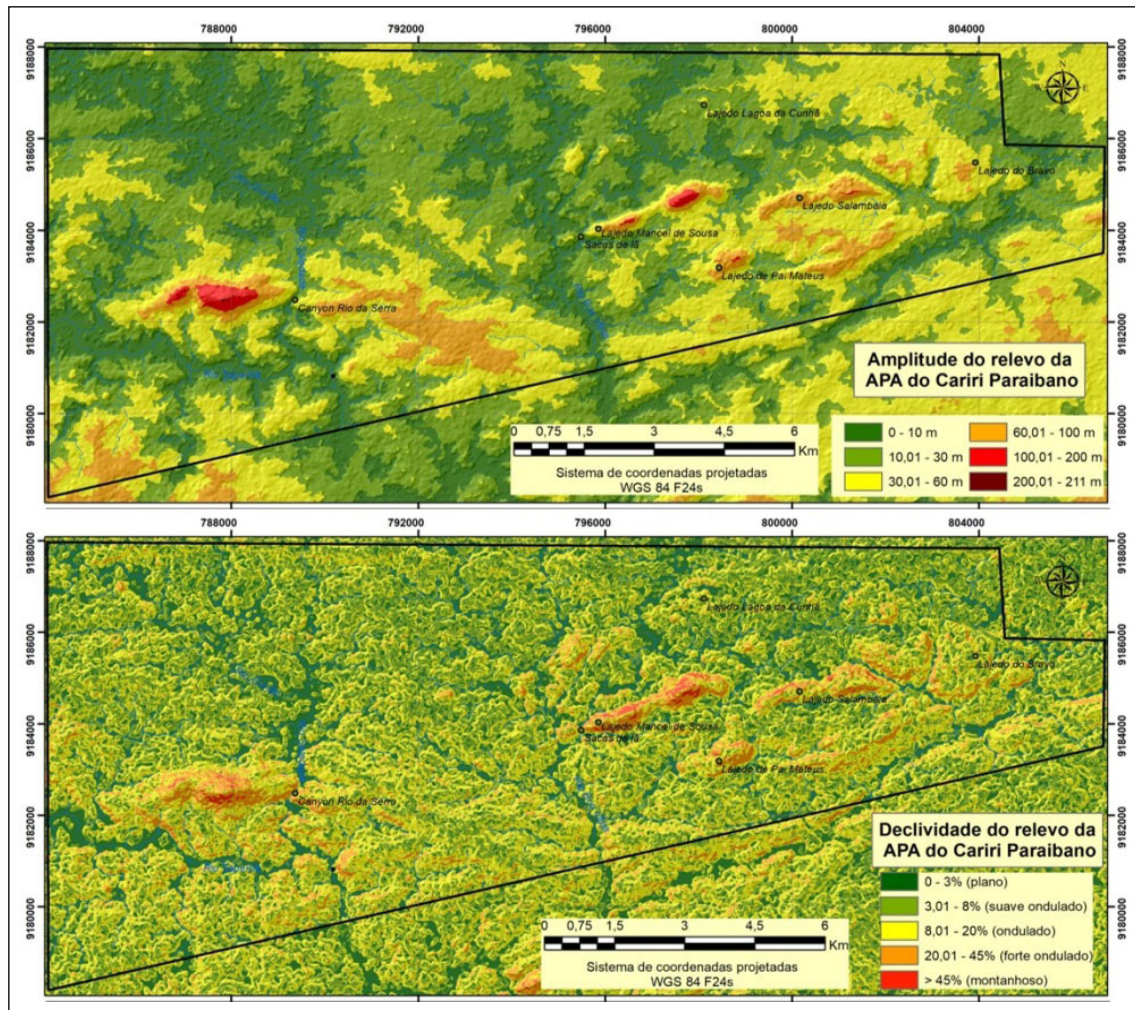


Figura 3. Amplitude e declividade do relevo da APA do Cariri Paraibano.

Diferentemente da declividade e altitude do terreno, que foram grandezas extraídas de processamentos diretos do MDE Topodata, a amplitude do relevo exigiu um conjunto de operações para ser obtida. A primeira etapa, para a sua obtenção, foi a delimitação das bacias de drenagem de segunda ordem da bacia do Rio Taperoá, a qual abrange a totalidade da área da APA. Em seguida, foram delimitados os demais interflúvios, tendo, então, toda a área subdividida em bacias de segunda área de contribuição dos rios de outras ordens.

A delimitação dessas bacias foi efetuada de forma semiautomática, com o uso da função *watershed delineation* (*ArcGIS*) e edição vetorial. Em seguida, para cada uma destas bacias foram calculados os respectivos níveis de base, que foram, assim, definidos a partir da confluência de rios de 3ª ordem, ou da cota altimétrica da foz dos rios de menor ordem. Com esses limites hidrográficos e com os valores de altitude absoluta, tornou-se possível realizar o cálculo do nível de base para cada sub-bacia e, posteriormente, o cálculo da amplitude do relevo em cada ponto.

Antes de serem incorporados ao *software Defnians*, os modelos numéricos de amplitude do relevo e altitude foram divididos, em calculadora de *raster*, por 10 e 20,

respectivamente. Essa divisão tornou-se necessária para homogeneização dos valores dos descritores, para que fosse possível considerá-los com o mesmo peso no processo de segmentação, que foi gerada com parâmetro de escala igual a 10.

A identificação e modelagem das classes geomorfológicas mapeadas foram construídas baseadas nas propostas de Ross (1992), IBGE (2009) e Noronha et al. (2015), com pequenas adaptações. No caso das serras, que na proposta exige uma amplitude de relevo superior a 300 metros, para a APA, optamos por trabalhar com amplitude superior a 200 metros, por se tratar de uma área profundamente dissecada.

Foram mapeadas 6 classes de formas do relevo: planície e terraço, superfície aplainada, colinas amplas suaves, morrotes, morros e serras. Os critérios de amplitude e declividade definidos para cada classe encontram-se na Tabela 1, abaixo. A Figura 4 apresenta o percurso metodológico até o 4º táxon para classificação do relevo da APA do Cariri Paraibano.

Tabela 1. Classes de relevo e parâmetros básicos utilizados:

| Forma do relevo | Amplitude (metros) | Declividade predominante (%) |
|-----------------------|--------------------|------------------------------|
| Planície e terraço | < 10 | 0 a 3 |
| Superfície aplainada | 10 a 30 | 0 a 8 |
| Colinas amplas suaves | 30 a 60 | 3 a 20 |
| Morrotes | 60 a 100 | > 8 |
| Morros | 100 a 200 | > 20 |
| Serras | > 200 | > 20 |

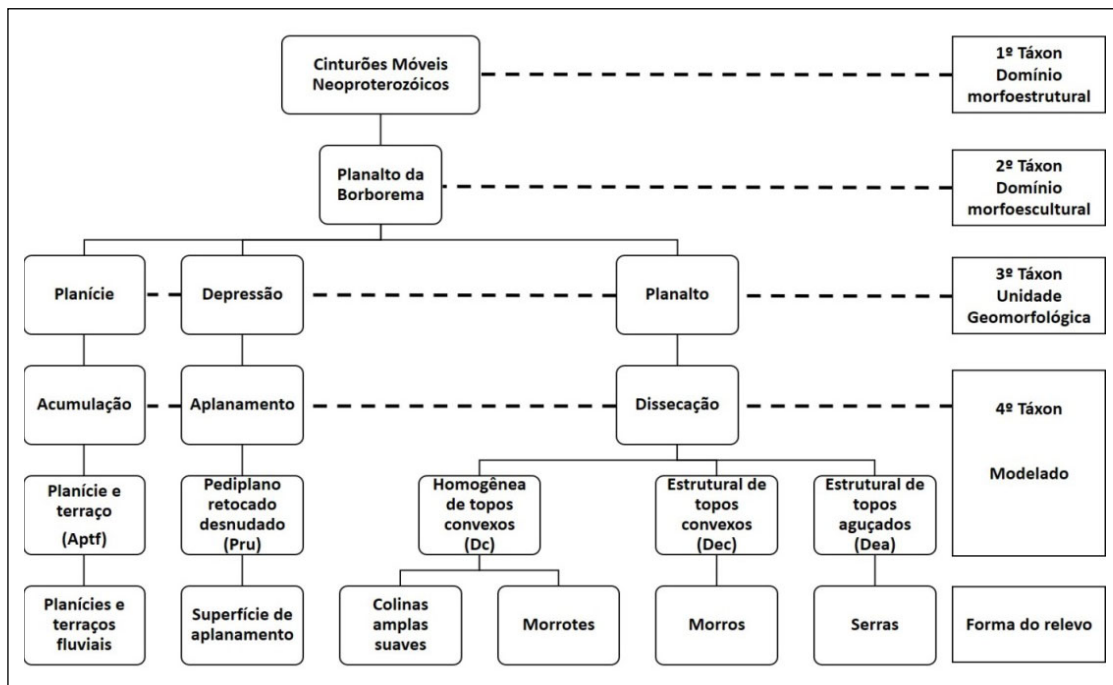


Figura 4. Fluxograma metodológico da classificação do relevo da APA do Cariri Paraibano.

A classificação automática do relevo exigiu edição baseada em interpretações geomorfológicas. Para isso, foi utilizado o conhecimento da área e de definições encontradas na literatura sobre a geomorfologia da região Nordeste (LIMA, 2008; CORREA et al., 2010; MAIA et al., 2010; MAIA & BEZERRA, 2011; XAVIER et al., 2014; XAVIER et al., 2016). O mapeamento final foi elaborado em escala 1:50.000, pois o objetivo inicial do mapeamento foi a identificação dos modelados geomorfológicos dominantes. No entanto, os recursos utilizados no mapeamento (topodata e trabalho de campo) possibilitaram uma melhor definição dos limites entre as classes temáticas, gerando um produto apto a ser detalhado semanticamente, servindo como ponto de partida para geração de mapas de maior detalhe em áreas específicas.

Para reconhecimento e validação das classes do relevo foram feitos trabalhos de campo na APA, em que foram adquiridos pontos de observação, com registros fotográficos, seguindo a metodologia apresentada por Seabra et al. (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geomorfologia da APA do Cariri Paraibano é marcada por um relevo bastante desgastado pelos processos de denudação. Em escala regional, a APA está inserida no Planalto da Borborema, mais especificamente no compartimento da Depressão Intraplanáltica Paraibana (CORREA et al., 2010).

O Planalto da Borborema é o maciço cristalino de maior representatividade espacial do Nordeste Setentrional, apresentando um conjunto de formas de relevo desenvolvidas em diversas litologias e condições climáticas (COSTA et al., 2020). Com altitudes que variam de 200 a 1200 metros, em diferentes compartimentos topográficos, esse conjunto de terras altas se estende desde o Rio Grande do Norte até Alagoas. Sua gênese está associada à abertura do Oceano Atlântico (desmantelamento do Gondwana), através de processos de *rifteamento* e movimentos epirogenéticos, e ao bombeamento magmático intraplaca durante do Cenozoico (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2004; CORREA et al., 2010; COSTA et al., 2020).

A área da APA coincide aproximadamente com a descrição geomorfológica de superfícies de aplainamento propostas por Ab' Saber (1969) e Jardim de Sá et al. (2005), que definiram a superfície “Cariris Velhos”, identificada pelos últimos autores com altitudes entre 450 e 570 metros. Sabe-se que a teoria das superfícies de aplainamento é frágil, por não considerar o papel das estruturas geológicas, processos tectônicos e erosão diferencial (PEULVAST e CLAUDINO SALES, 2002 e 2004; MAIA et al. 2010; MAIA e BEZERRA, 2014). Entretanto, não é objetivo deste trabalho discutir sobre as superfícies de aplainamento.

Foram identificados 6 tipos de modelados na APA, sendo 1 de acumulação (Planície e terraço), 1 de aplanamento (Superfície aplainada) e 4 de dissecação (Colinas amplas suaves, Morrotes, Morros e Serras). A representatividade espacial de cada modelado na APA encontra-se na Tabela 2 e Figura 5, a seguir.

As formas do relevo mapeadas confirmam as descrições na literatura apresentadas para o setor do Planalto da Borborema onde está inserida a APA. As colinas amplas suaves

ocupam 49% da área da APA, seguida pela Superfície aplainada com 30% que, somadas, representam cerca de 80% da área total (Tabela 2). Contrastando na paisagem, as Serras representam menos de 2% da área, revelando-se como relevos residuais.

Tabela 2. Formas do relevo mapeadas para a APA do Cariri.

| Forma do relevo | Área (km²) | Área (%) |
|------------------------|------------------------------|-----------------|
| Serras | 2,89 | 1,86 |
| Morros | 5,92 | 3,82 |
| Planície e terraço | 9,92 | 6,39 |
| Morrotes | 12,81 | 8,25 |
| Superfície aplainada | 47,08 | 30,34 |
| Colinas amplas suaves | 76,57 | 49,34 |
| APA Cariri Paraibano | 155,19 | 100 |

Modelado de acumulação

Devido à escala do mapa, não foi possível separar as planícies de inundação dos terraços fluviais. Os terraços fluviais encontrados são de pouca espessura (menos de 2 metros) e, principalmente, não apresentam, de forma clara, na maioria dos casos, o degrau que o separa da planície de inundação. Dessa maneira, o modelado de acumulação foi mapeado como Planície e terraço (Aptf).

As planícies de inundação e os terraços fluviais totalizam 6,4% da área. Estão distribuídos predominantemente nos vales dos rios principais, como o Boa Vista e o Gurjão (Figura 5) e o Taperoá e o Soledade (Figura 6A). A rede de drenagem é composta por rios intermitentes (principais) e efêmeros (tributários), típicos de regime semiárido. Os leitos fluviais são preenchidos por sedimentos arenosos, indicando intenso assoreamento. Geologicamente, esses sedimentos são classificados como Depósitos aluvionares e de terraço (CPRM, 2012).

Modelado de aplanamento

As formas do relevo classificadas como Superfícies aplainadas representam o modelado de aplanamento caracterizado como Pediplano retocado desnudado (Pru), e ocupam 30% da área total da APA. Esse modelado se encontra associado a grandes áreas no entorno dos vales principais dos rios Boa Vista, Soledade e Gurjão (Figura 5 e Figura 6B). Assim como as Colinas amplas suaves, as Superfícies aplainadas estão desenvolvidas sobre rochas metamórficas Paleoproterozóicas (CPRM, 2012).

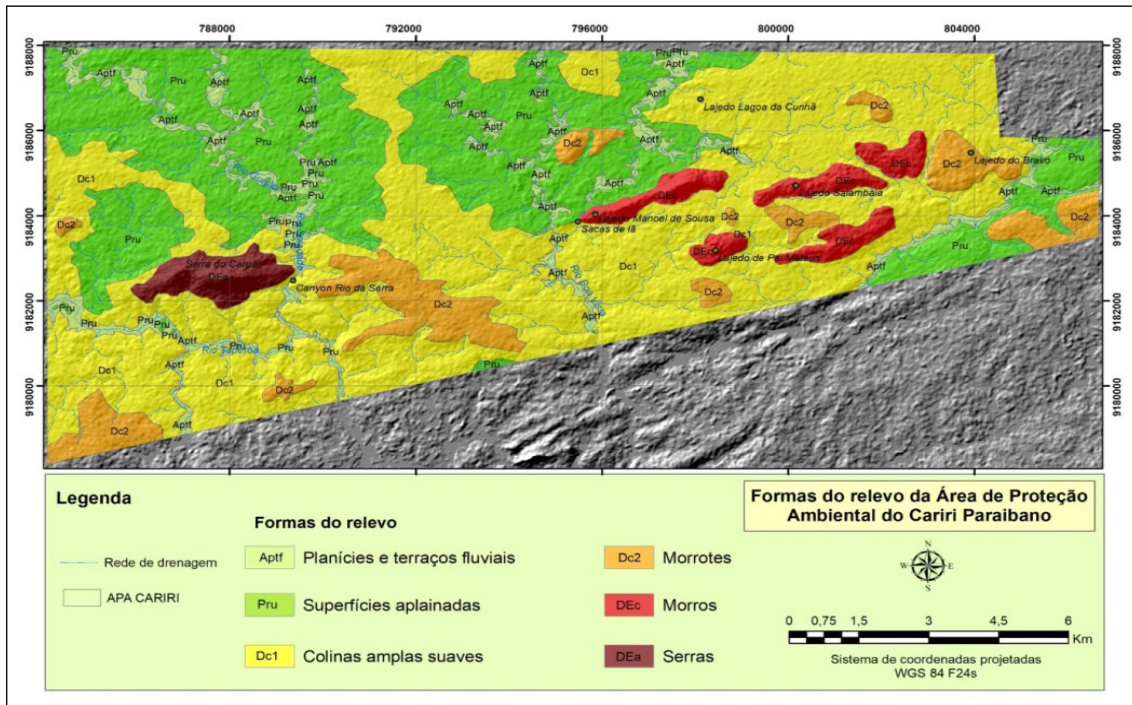


Figura 5. Formas do relevo da APA do Cariri.

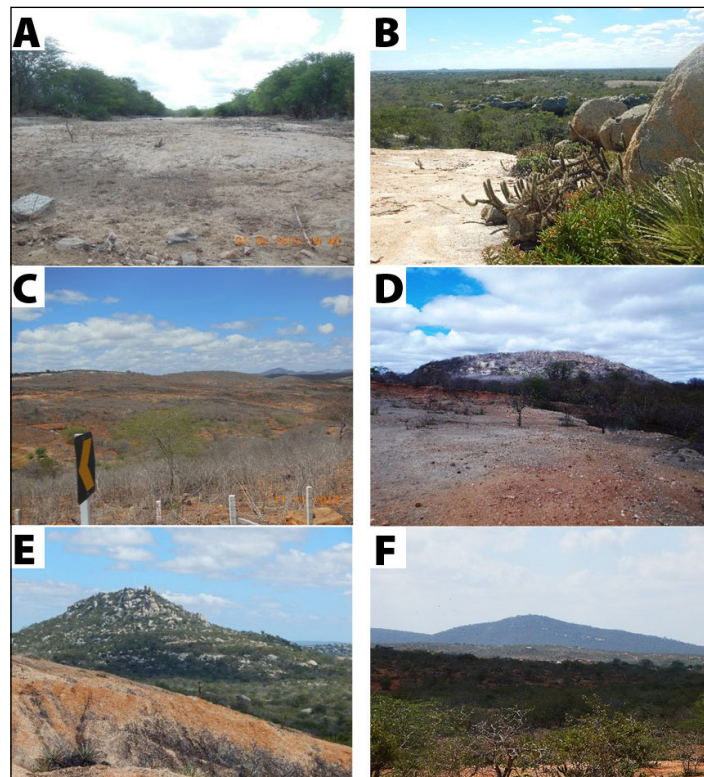


Figura 6. Imagens representativas das diferentes formas de relevo da APA do Cariri. Figura 6A: Leito do Rio Soledade, em São João do Cariri-PB; Figura 6B: Visão da extensa superfície aplainada em Boa Vista-PB; Figura 6C: Colinas amplas suaves na zona rural de Cabaceiras-PB; Figura 6D: Morrote situado na zona rural de Cabaceiras-PB; Figura 6E: Morro localizado na zona rural de Boa Vista-PB, localmente conhecido como “Serra da Aldeia”; Figura 6F: Serra localizada na zona rural de São João do Cariri-PB, localmente conhecida como “Serra do Caróá”.

Xavier et al. (2014), ao mapearem as principais unidades geomorfológicas da Bacia do Rio Taperoá (cerca de 5700 km²), onde está inserida a APA, observaram a predominância da Superfície aplainada em 44% da área total da bacia. Essa Superfície aplainada é marcante na paisagem regional do Planalto da Borborema, na Paraíba. A Superfície aplainada estaria dentro do compartimento “Depressão Intraplanáltica Paraibana” definido por Correa et al. (2010), que apontam a ausência de reativações tectônicas mais intensas, proporcionando o desenvolvimento dessas feições aplainadas.

Modelado de dissecação homogênea

O modelado de dissecação homogênea de topos convexos foi dividido em duas classes de relevo: as Colinas amplas suaves e os Morrotes. As Colinas amplas suaves, modelado de dissecação homogênea de topos convexos (Dc1), dominam a paisagem geomorfológica da APA, ocupando quase a metade da área. A sua ocorrência se dá em toda a APA (Figura 5 e Figura 6C) e coincide, de modo geral, com as rochas metamórficas Paleoproterozóicas do Complexo Floresta, compostas por Biotita-Anfibólio Ortognaisses Migmatíticos.

Esse modelado apresenta intensa morfodinâmica, através da ocorrência de processos erosivos generalizados na área, sendo comuns erosões causadas pelo escoamento superficial, tanto as de fluxo concentrado linear, como as ravinas (Figura 7A), quanto as de fluxo difuso, através da erosão laminar, que contribuem para a formação de pavimentos detríticos (Figura 7B). Entretanto, ressalta-se que essas feições foram identificadas apenas nos trabalhos de campo, não sendo possível a espacialização no mapa, devido sua escala.

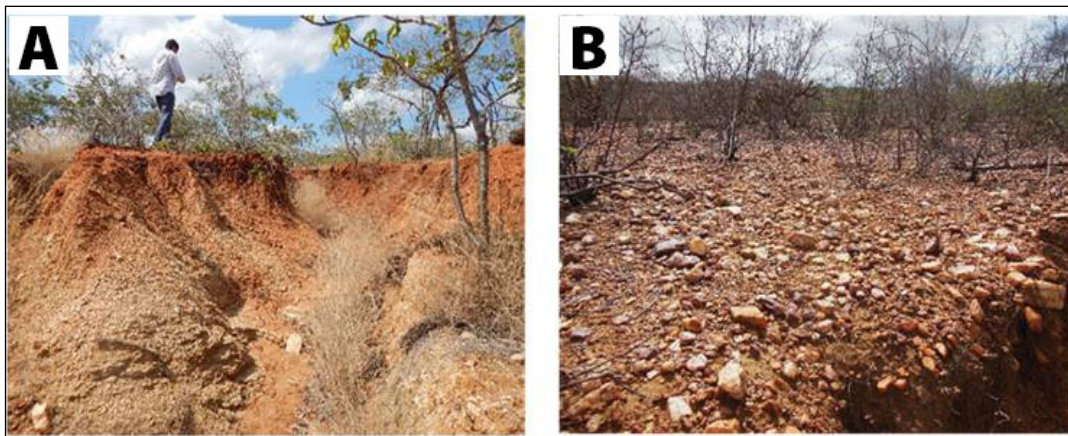


Figura 7. Morfodinâmica no modelado Colinas amplas suaves. Figura 7A (da esquerda): ravinamento em Luvissole crômico próximo ao Distrito da Ribeira, em Cabaceiras. Figura 7B (da direita): pavimento detrítico na zona rural de Cabaceiras.

Segundo Albuquerque et al., (2001), em áreas desmatadas no semiárido paraibano, os Luvissoles apresentam perdas anuais de 58,5 t/ha-1. Para os autores, essa classe de solo possui alta susceptibilidade à erosão hídrica, que é potencializada pelas chuvas intensas, cobertura vegetal decídua e uso de técnicas agrícolas tradicionais.

Os Morrotes, modelados de dissecação homogênea de topos convexos (Dc2), ocupam 8,2% da área total da APA. Sua distribuição é dispersa pela área da APA (Figura 5 e Figura 6D) e está associada, em sua maioria, com rochas metamórficas do Complexo Floresta e Sertânia (ortognaisses), mas também ocorrem alguns casos em rochas ígneas Neoproterozóicas, como os granitoides brasileiros da Suíte Intrusiva Itaporanca (CPRM, 2012).

Modelado de dissecação estrutural

O modelado de dissecação estrutural foi dividido em duas classes de relevo: modelado de dissecação estrutural de topos convexos (Dec), classificado como Morros, e modelado de dissecação estrutural de topos aguçados (Dea), classificado como Serras. Ambas as formas de relevo estão associadas a rochas granitoides, mais resistentes ao intemperismo, configurando-se como relevos residuais, ocupando pouco mais de 5% da área da APA.

Os Morros estão localizados na parte leste da APA (Figura 5 e Figura 6E), desenvolvidos sobre uma unidade ígnea denominada Plutão Bravo. Segundo Lages et al. (2013), o Plutão Bravo é um “stock de biotita monzo/sienogranitos de cor cinza, textura fanerítica inequigranular grossa a porfirítica com megacristais de K-feldspato de até 2 cm, colocado entre duas zonas de cisalhamento conjugadas (NE-SW e E-W)” (LAGES, et al., 2013, p. 4). De acordo com Souza e Xavier (2017), na superfície, o Plutão Bravo apresenta forma elipsoidal (em planta), com 12 km de comprimento por 5 km de largura, contendo diversas formas de “lajedos” locais, que são extensas superfícies rochosas, geralmente graníticas, com forma dômica assimétrica.

As Serras, em cujo mapeamento foi identificada apenas uma – a Serra do Caroá, no município de São João do Cariri – representam apenas 1,8% da área da APA. A referida serra está localizada na parte oeste da APA (Figura 5 e Figura 6F) e, assim como os Morros, está associada a rochas resistentes. Essa serra é um relevo residual sustentado pela Suíte Intrusiva Carnoió, composta por Ortognaisses de composição granítica e sienogranítica.

Análise do mapeamento

A classificação dos principais modelados existentes na APA, bem como a sua espacialização, permitiu observar a estreita relação entre as formas do relevo, os processos morfodinâmicos e a geologia. As áreas aplainadas e mais intensamente dissecadas dominam na paisagem e estão relacionadas com a área de ocorrência das rochas metamórficas, principalmente dos ortognaisses. Dentre as litologias existentes na APA do Cariri, os ortognaisses são considerados os menos resistentes ao intemperismo e, por conseguinte, à denudação.

Por outro lado, as formas de relevo com maiores amplitude altimétrica e declividade apresentam espacialização fortemente controlada pela ocorrência de rochas ígneas, essencialmente graníticas. As intrusões graníticas são mais resistentes ao intemperismo e denudação, principalmente submetidas ao clima semiárido. Assim, essas intrusões

condicionam a formação de relevos residuais que, no caso da APA, se caracterizam em serras e morros, onde esses últimos são conhecidos como lajedos por apresentarem a rocha exposta em sua maior parte. A Figura 8 mostra essa relação entre a geologia e as formas do relevo dominantes na APA.

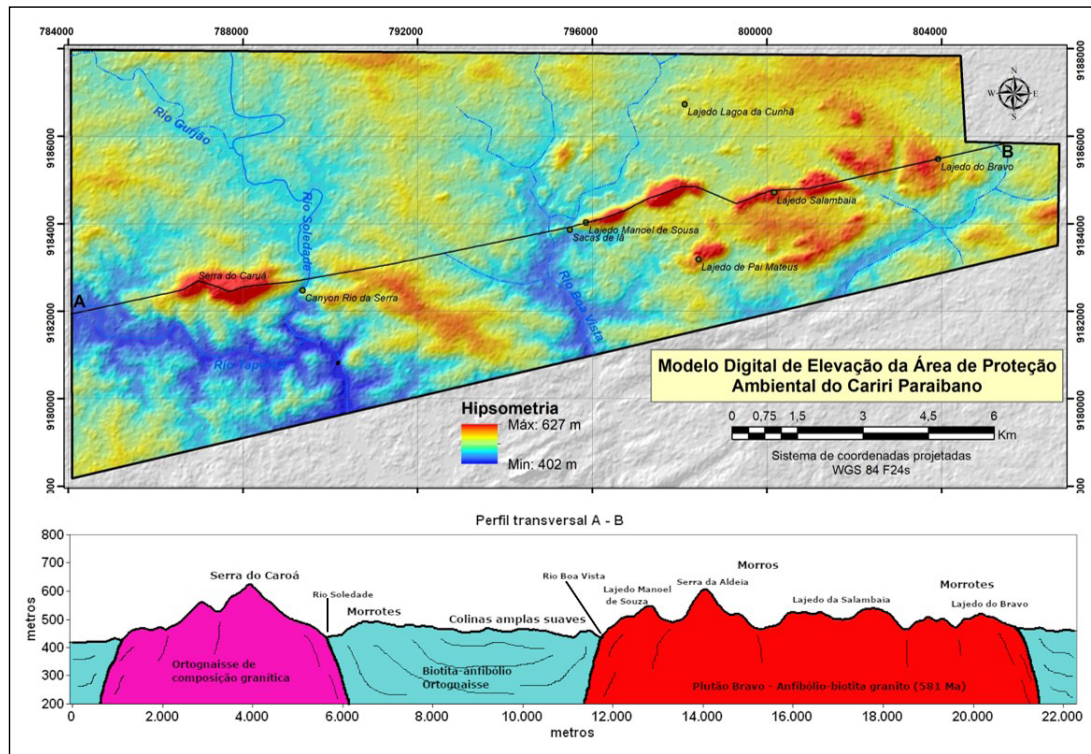


Figura 8. Relação entre formas do relevo e a geologia na APA do Cariri Paraibano.

A paisagem geomorfológica identificada é marcada pelas Superfícies aplainadas e as Colinas amplas suaves que, juntas, somam quase 80% da área da APA (Figura 5). Essa característica também foi observada por Xavier et al. (2014) para toda a bacia do Rio Taperoá, onde as Superfícies aplainadas e as suavemente onduladas ocupam 89% da área da bacia.

O modelado de dissecação estrutural concentra as formas de relevo mais expressivas da paisagem em termos altimétricos. As Serras e Morros estão dispersos na APA, relativamente pouco frequentes e altamente condicionadas pela litologia. São comuns os afloramentos de rocha nessas formas, indicando o predomínio dos processos morfogenéticos em relação aos processos pedogenéticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento geomorfológico da Área de Proteção Ambiental do Cariri Paraibano (APA) permitiu o conhecimento e a espacialização dos principais modelados do relevo, bem como interpretações à cerca dos seus processos geomorfológicos atuantes. O relevo é, de modo geral, muito desgastado pelos processos denudacionais, o que limitou a

classificação de apenas 1 serra na APA, apesar da população local assim denominar várias áreas existentes nessa unidade de conservação.

Fazem-se necessárias adaptações das metodologias nacionais de classificação do relevo para a região semiárida, pois os processos de intemperismo e erosão dominantes impõem um modelado com características particulares em relação ao restante do Brasil.

O modelo de elevação digital (MDE) Topodata é um dado importante nos estudos do relevo, visto que permite clara visualização dos principais modelados e dos seus respectivos compartimentos geomorfológicos dentro da bacia, além de gerar subprodutos, como declividade, amplitude, dados morfométricos, dentre outros.

A classificação baseada em objetos foi mais eficiente que os métodos tradicionais, haja vista ter possibilitado a utilização de vários descritores, com adoção de modelagem Fuzzy e análise de conhecimento sobre a área. Assim, foi possível a automatização de 95% do processo de mapeamento que, a partir de análise interpretativa em trabalho de campo, confirmou-se de modo harmonioso com a paisagem geomorfológica observada.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. In: **IGEOG-USP: Bol. Geomorfologia**. SP, n. 19, 1969.
- ALBUQUERQUE, A. W. LOMBARDI NETO, F. & SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um luvisolo em Sumé (PB). In: **R. Bras. Ci. Solo**, 2001.
- AZEVEDO NETTO, C. X. e OLIVEIRA, A. M. P. Documentos arqueológicos e históricos: a relação da cultura material e do ambiente nos sítios arqueológicos do Cariri Paraibano. In: **História: Unicap 2**, 2015.
- BALLÉN, L. A. C., SOUZA, B. I. de, LIMA, E. R. V. de. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil. In: **Bol. Goia: Geogr.** (On-line). Goiânia, v. 36, n. 3, set./dez. 2016.
- CORREA, A. C. de B., TAVARES, B. de A. C., MONTEIRO, K. de A., CAVALCANTI, L. C. de S. e LIRA, D. R. de. Megageomorfologia e morfoestrutura do planalto da Borborema. In: **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, 31 (1/2), 2010.
- COSTA, L. R. F. da; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L. e CLAUDINO-SALES, V. C. de. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma Proposta de Classificação. In: **Rev. Bras. Geomorfol.** (On-line). São Paulo, v.21, n.1, (Jan-Mar), 2020.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. In: **Carta geológica folha SB.24-Z-D-III Boqueirão**. Escala 1:100.000, 2012.
- CRUZ, C. B. M., VICENS, R. S., SEABRA, V. S., REIS, R. B., FABER, O. A., RICHTER, M., ARNAUT, P. K. E., ARAUJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis: INPE, 2007.
- DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. de; MAIA, R. P. e FERREIRA, B. Mapeamento

- Geomorfológico do Estado do Rio Grande do Norte. In: **Rev. Bras. Geomorfol.** (Online), São Paulo, v.18, n.4, (Out-Dez), 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de geomorfologia.** Coord. De Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- JARDIM DE SÁ, E. F., SOUZA, Z. S., VASCONCELOS, P. M. P., SAADI, A., GALINDO, A. C., LIMA, M. G., OLIVEIRA, M. J. R. Marcos temporais para a evolução cenozóica do Planalto da Borborema. In: **X Simp. Nac. Estudos Tectônicos**, 2005.
- LAGES, G. de A.; MARINHO, M. de S.; NASCIMENTO, M. A. L. do; MEDEIROS, V. C. de; DANTAS, E. L. & FIALHO, D. Mar de Bolas do Lajedo do Pai Mateus, Cabaceiras, PB: Campo de matações graníticas gigantes e registros rupestres de civilização pré-colombiana. In: **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 2013.
- LIMA, F. S. e ALMEIDA, N. V. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.03, 2017.
- LIMA, L. R. e MENESES, L. F. Sítios Paleontológicos na Paraíba: esboço de um mapeamento. Guarabira-PB. In: **V Semana de Geografia da UEPB**, Campus III, 2012.
- LIMA, M. da G. **História do intemperismo na Província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil:** implicações paleoclimáticas e tectônicas. Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica: UFRN, 2008. (Tese de doutorado)
- MAIA, R. P., BEZERRA, F. H. R. e CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. In: **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, especial VIII SINAGEO, n.1, Set., 2010.
- MAIA, R. P. e BEZERRA, F. H. R. Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: uma análise preliminar do contexto nordestino. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, 2011.
- MAIA, R. P. e BEZERRA, F. H. R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. In: **Mercator**. Fortaleza, v. 13, n. 1, jan./abr. 2014.
- MARQUES NETO, R.; ZAIDAN, R. T. e MENON JR., W. Mapeamento Geomorfológico do Município de Lima Duarte (MG). In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v.16, n.1, (Jan-Mar), 2015.
- MENESES, L. F. de e SOUSA, B. I. de. Patrimônio geomorfológico da área do projeto geoparque Cariri paraibano. In: LISTO, F. de. L. R; MUTZENBERG, D. TAVARES, B. de. A. C (Orgs.). **I Workshop de Geomorfologia e Gearqueologia do Nordeste**. Recife: GEQUA, 2016.
- NORONHA, F. de L.; KEPEL FILHO, J. L.; DANTAS, M. E.; BRESSANI, L. A. Padrões de relevo e classes de suscetibilidade a movimentos de massa nos estados do RS e SC: correlações a partir dos produtos do projeto cartas de suscetibilidade (cprm). In: 15º Congresso Bras. Geol. Engenharia e Ambiental. **Anais...** Porto Alegre, 2015.
- PARAÍBA. **Decreto nº 25.083, de 08 de junho.** Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Cariri. 2004.

- PEULVAST, J. P. e CLAUDINO SALES, V. Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em geomorfologia. In: **Revista de Geografia da UFC**, ano 01, n.01, 2002.
- PEULVAST, J. P. e CLAUDINO SALES, V. Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian Nordeste: Constraints on models of morfotectonic evolution. In: **Geomorphology**, v. 3, 2004.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. do Depto. Geografia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 17-29, 1992.
- SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da; SILVA, J. M. F. da; ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, nº 2, 2006.
- SANTOS, S. L. M. dos; JUSTINA, E. E. D.; FERREIRA, M. M. Mapeamento geomorfológico da bacia do Igarapé Belmont Porto Velho – Rondônia. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.3, (Jul-Set), 2012.
- SEABRA, V. S., XAVIER, R. A.; DAMASCENO, J.; DORNELLAS, P. C. (a) Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo da Bacia do Rio Taperoá: Região Semiárida do Estado da Paraíba. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia. V.15, n.50, p. 127-137. ISSN 1678-6343. 2014.
- SOUZA, N. R. L. de e XAVIER, R. A. A importância dos “lajedos” na paisagem geomorfológica do Cariri Paraibano. In: PEREZ FILHO, Archimedes; AMORIM, Raul Reis. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. 1. ed. Campinas-SP: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017.
- VALERIANO, M. M. **TOPODATA**: guia para utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_enx.pdf>. Acesso em: 09 dezembro 2012.
- XAVIER, R. A., SEABRA, V. da S., DAMASCENO, J. & DORNELLAS, P. DA C. Mapeamento de unidades geomorfológicas na bacia do rio Taperoá, região semiárida da Paraíba, utilizando modelo digital de elevação (MDE) topodata. In: **Revista Geonorte**. Ed. Especial 4, v.10, n.3, 2014.
- XAVIER, R. A., SEABRA, V. da S., DAMASCENO, J. & DORNELLAS, P. DA C. Mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Paraíba (PB) utilizando classificação baseada em objetos. In: **ACTA Geográfica**. Boa Vista, v.10, n.23, mai./ago. de 2016.