

Ernane Cortez Lima  
Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior  
Alexandre Luiz Rauber

ESTUDOS SOBRE A

# NATUREZA NO CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO



OBSERVATÓRIO DO  
**SEMIÁRIDO**

**ERNANE CORTEZ LIMA  
ANTÔNIO CARLOS RIBEIRO ARAÚJO JÚNIOR  
ALEXANDRE LUIZ RAUBER**

**ESTUDOS SOBRE A NATUREZA NO CONTEXTO  
GEOMORFOLÓGICO**



**ERNANE CORTEZ LIMA  
ANTÔNIO CARLOS RIBEIRO ARAÚJO JÚNIOR  
ALEXANDRE LUIZ RAUBER**

**Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES  
Semiárid Search na Extension Network/RPES**



**Apoio**



**ESTUDOS SOBRE A NATUREZA NO CONTEXTO  
GEOMORFOLÓGICO**



2024 Fortaleza, Ceará



2024 - by Ernane Cortez Lima, Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior, Alexandre Luiz Rauber.  
Direitos reservados a Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES

Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/REPES- Programa de Pós-Graduação em Geografia. Centro  
de Ciências Humanas/CCH Av. John Sanford, s/n – Junco – Sobral/CE

Apoio: **CNPq**

Realização

**Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES  
Semi-arid Search na Extension Network/RPES**

**Conselho Editorial**

José Falcão Sobrinho (UVA/CE), Cleire Lima da Costa Falcão (UECE/CE), Ernane Cortez Lima (UVA/CE),  
Raimundo Lenilde de Araujo (UFPI/PI), José Mauro Palhares (UFPB/PB)

**Conselho Científico**

Antonia Vanessa Silva Freire Ximenes, Cleire Lima da Costa Falcão, Cláudia Maria Sabóia de Aquino,  
Edson Vicente da Silva, Ernane Cortez Lima, Francisco Nataniel Batista de Albuquerque, José Mauro  
Palhares, Raimundo Lenilde de Araujo, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, Simone Ferreira Diniz

**Dados Internacionais da Catalogação na Publicação Sistema de Bibliotecas**

Lima, Ernane Cortez

Estudos sobre a natureza no contexto geomorfológico/Ernane Cortez Lima, Antônio Carlos  
Ribeiro Araújo Júnior, Alexandre Luiz Rauber. Direitos. Rede de Pesquisa e Extensão do  
Semiárido/RPES. Ed. Observatório do Semiárido, Fortaleza, 2024.

151p.

**ISBN [978-65-982446-5-1](#)**

1. Relevo. 2. Geografia. 3. Semiárido. I. Lima, Ernane Cortez II. Leonardo Cristian Rocha.  
III. Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES. IV. Título.

CDU 371.335

Capa e Editoração: Eder Oliveira As informações, citações e a revisão textual são de responsabilidade  
exclusiva dos autores



## ORGANIZADORES



**Ernane Cortez Lima**, doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2012) Pós-Doutorado em Geografia "Educação Ambiental Aplicada a Gestão Territorial em Comunidades Ribeirinhas e Litorâneas" pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2014). Possui graduação em Geografia/Licenciatura Plena pela Universidade Federal do Ceará - UFC (1994), Especialização em Botânica pela Universidade Federal do Ceará - UFC (1994), Mestrado Acadêmico em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE (2004). Pesquisador do CNPq, Líder do Grupo de Pesquisa Planejamento e Gestão em Bacias Hidrográficas. Atualmente é professor Adjunto "L" da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA com experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Bacias Hidrográficas, Meio Ambiente, Degradação Ambiental, Planejamento Ambiental e EIA/RIMA. Professor e Orientador do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA.



**Alexandre Luiz Rauber**, professor Adjunto do Magistério Superior - 40h DE, vinculado ao Colegiado de Geografia da Universidade

Federal do Amapá - UNIFAP, Campus Binacional. Possui Licenciatura Plena (2000) e Bacharelado em Geografia (2012), Mestrado em Desenvolvimento Regional, na área Tecno-Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC (2004) e Doutorado em Geografia na Universidade Federal de Goiás - IESA/UFG (2019). Coordenador e Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado) - PPGeo/UNIFAP. Tem experiência nas áreas de Cartografia, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Análise Ambiental e Espacial, Estudos Socioambientais.



**Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior**, Geógrafo (licenciado e bacharel) pela Universidade Federal do Pará (UFPA), especialização em "Educação para a Gestão Ambiental" (Programa de Formação Interdisciplinar em Meio Ambiente - PROFIMA) do Núcleo de Meio Ambiente (NUMA) pela UFPA, mestre em Recursos Naturais pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT/UFRR), Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense (POSGEO-UFF). Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Roraima (UFRR). Editor-Gerente da Revista Acta Geográfica e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRR (biênio 2021-2023). Presidente do Comitê de Editores de Revistas Científicas da UFRR (ComEd), Vice-Presidente da Seção Sindical dos Docentes da UFRR (2023-2025). Têm como temas de interesse (i) planejamento urbano-ambiental, (ii) análise de bacias hidrográficas, (iii) uso dos recursos naturais e sustentabilidade e (iv) geografia e educação ambiental.

## AUTORES

### **Abner Monteiro Nunes Cordeiro**

Doutor em Geografia. Universidade Estadual do Ceará - [abnermncordeiro@gmail.com](mailto:abnermncordeiro@gmail.com)

### **Anailson Carlos de Medeiros**

Licenciando em Geografia, CERES/UFRN, [anailsoncarlos02@gmail.com](mailto:anailsoncarlos02@gmail.com))

### **Adrianny Marx Freitas**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - [adrianny.marx.706@ufrn.edu.br](mailto:adrianny.marx.706@ufrn.edu.br)

**André Batista de Negreiros**<sup>2</sup>Pós doutorado em Sensoriamento Remoto (GSFC/NASA), Professor da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - [pereira@ufsj.edu.br](mailto:pereira@ufsj.edu.br)

### **Diêgo Ezau Pereira de Araújo**

Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo/UERN - [diegoezau@uern.br](mailto:diegoezau@uern.br)

### **Jonas Otaviano Praça de Souza**

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - [jonas.souza@academico.ufpb.br](mailto:jonas.souza@academico.ufpb.br)

### **Linderlan Alves da Silva**

Bacharel em Geografia, CERES/UFRN, [linderlanalves@hotmail.com](mailto:linderlanalves@hotmail.com))

### **Lucas Alves de Araujo**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - [lucasalvesalves987@gmail.com](mailto:lucasalvesalves987@gmail.com)

### **Daví do Vale Lopes**

Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - [davi.lopes@ufrn.br](mailto:davi.lopes@ufrn.br)

### **Daniel dos Reis Cavalcante**

Mestre em Geografia. Universidade Estadual do Ceará - [daniel\\_reiscl@hotmail.com](mailto:daniel_reiscl@hotmail.com)

### **Dênis dos Santos Hilário**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN - [dhilario76@gmail.com](mailto:dhilario76@gmail.com)

### **Frederico de Holanda Bastos**

Doutor em Geografia. Universidade Estadual do Ceará - [fred.holanda@uece.br](mailto:fred.holanda@uece.br)

### **Francisco Leandro da Costa Soares**

Pós-Graduando do Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Vale do Acaraú – UVA/Sobral, Ceará, - [francisco.leandro.costa.soares@gmail.com](mailto:francisco.leandro.costa.soares@gmail.com)

### **Fábio de Melo Magalhães**

Pós-Graduando do Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Vale do Acaraú – UVA/Sobral, Ceará, [jor.fabiomelo10@gmail.com](mailto:jor.fabiomelo10@gmail.com)

### **Gabriel Pereira**

Doutorado em Geografia (UFRJ), Professor Adjunto da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - [andrebnegreiros@ufsj.edu.br](mailto:andrebnegreiros@ufsj.edu.br)

### **Ícaro Breno da Silva**

Mestre em Geografia. Universidade Estadual do Ceará - [icarbrenos@hotmail.com](mailto:icarbrenos@hotmail.com)

**Isadora Cardoso de Assis Corrêa**

Engenheira Florestal (UFLA), mestranda em Geografia pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - [isadorassis@gmail.com](mailto:isadorassis@gmail.com)

**João Cordeiro de Moura**

Mestrando do Programa de Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - [juniormourag7@gmail.com](mailto:juniormourag7@gmail.com)

**João Luís Sampaio Olimpio**

Profº Dr. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE. - [joao.olimpio@ifce.edu.br](mailto:joao.olimpio@ifce.edu.br)

**Milena Bezerra de Oliveira**

Mestranda em Geografia, CERES/UFRN, [milena.bezerra.065@ufrn.edu.br](mailto:milena.bezerra.065@ufrn.edu.br)

**Maykon Jonata Medeiros da Silva**

Graduando em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. - [maykon.medeiros.704@ufm.edu.br](mailto:maykon.medeiros.704@ufm.edu.br)

**Márcia Regina Farias da Silva**

Profa. Dra. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN - [marciaregina@uern.br](mailto:marciaregina@uern.br)

**Nildo da Silva Dias**

Prof. Dr. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA - [nildo@ufersa.edu.br](mailto:nildo@ufersa.edu.br)

**Renata Duarte de Almeida**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo/UERN - [renataduarte18@gmail.com](mailto:renataduarte18@gmail.com)

**Raissa Beatriz Forte Cruz**

Licencianda em Geografia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. - [raissa.beatriz.forte08@aluno.ifce.edu.br](mailto:raissa.beatriz.forte08@aluno.ifce.edu.br)

**Oswaldo Girão**

Docente no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - [osgirao@gmail.com](mailto:osgirao@gmail.com)

**Vanda Claudino -Sales**

Pós-doutora em Geomorfologia Costeira. Professora do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas. - [vcs@ufc.br](mailto:vcs@ufc.br)

**Vanessa Martins Lopes**

Docente da rede estadual da Paraíba e Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - [wan.martins19@gmail.com](mailto:wan.martins19@gmail.com)



## APRESENTAÇÃO

O Fórum do Semiárido ao longo de sua existência, desde 2009 foi apoiado com recursos de órgão de fomento seja o CNPq, CAPES ou FUNCAP, contemplando experiências nacionais e internacionais. Isto posto, em função dos convênios do PROPGEO/UVA realizados com as Universidade da Argentina, Estados Unidos e Portugal, ampliando as discussões e oportunizando trocas de saberes. Resultou em sua sexta edição ser denominado de Internacional. Neste contexto, a discussão do tema proposto para o **VI FÓRUM INTERNACIONAL DO SEMIÁRIDO** “A evolução do conhecimento científico e os estudos interdisciplinares: *Geodiversidade, Antropoceno, Etno-ecologia, Etno-pedologia, Etno-geomorfologia, Etno-climatologia e Biodiversidade*”, possibilita o debate interdisciplinar envolvendo, sobretudo, as ciências da Geografia, Biologia, Agronomia e Geologia, de certo outros profissionais se interessam pela temática. Contudo, busca-se no momento um diálogo com temas que permeiam nas ciências citadas e aqui são fundamentais ao interesse de nosso diálogo. De certo, os programas de pós-graduação de tais ciências proporcionaram aos acadêmicos um debate de diversos olhares, a nível teórico e metodológico. O envolvimento se deu, ainda, pela qualificada rede de periódicos envolvidos no processo, buscando conteúdos qualificados para eventuais publicações. A riqueza e diversidade das publicações expostas no *International Journal Semiarid* e *William Morris Davis – Revista de Geomorfologia*, resultantes do VIFISA oportunizou, ainda, a publicação deste livro em forma de Anais, intitulado **ESTUDOS SOBRE A NATUREZA NO CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO**, tornando-se mais um agente propulsor das informações. Contudo, tal evento e as diversas publicações não seriam possíveis sem o apoio do CNPq.

Prof. Dr. José Falcão Sobrinho  
Coordenador Geral do VIFISA

**Apoio:**



## SUMÁRIO

### **CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DAS ÁREAS DESMATADAS NO CERRADO TOCANTINENSE NO PERÍODO DE 2012 A 2022 (9)**

Isadora Cardoso de Assis Corrêa, André Batista de Negreiros, Gabriel Pereira

### **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE PATU-RN NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (21)**

Milena Bezerra de Oliveira, Anailson Carlos de Medeiros, Linderlan Alves da Silva, Daví do Vale Lopes

### **GEOMORFOLOGIA DO MUNICÍPIO DE PARELHAS-RN NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (31)**

Adrianny Marx Freitas, Lucas Alves de Araujo, Dênis dos Santos Hilário, Daví do Vale Lopes

### **CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CARNAÚBA DOS DANTAS – RN, SEMIÁRIDO BRASILEIRO (41)**

Maykon Jonata Medeiros da Silva, Dênis dos Santos Hilário, Daví do Vale Lopes

### **GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA NO MONUMENTO NATURAL CAVERNAS DE MARTINS, SEMIÁRIDO BRASILEIRO (63)**

Dênis dos Santos Hilário, Davi do Vale Lopes

### **CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA DO CEARÁ (CE), BRASIL (78)**

João Cordeiro de Moura, Vanda Claudino -Sales

### **CARACTERIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE PEDRA DA ANDORINHA – TAPERUABA E AO MACIÇO RESIDUAL DE IRAUÇUBA/URUBURETAMA (CEARÁ) (93)**

Francisco Leandro da Costa Soares, Fábio de Melo Magalhães, Vanda Carneiro de Claudino Sales

### **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO PARQUE ECOLÓGICO FUNA DOS OSSOS, MUNICÍPIO DE TEJUÇUOCA/CE, BRASIL (102)**

Raissa Beatriz Forte Cruz, João Luís Sampaio Olímpio

### **ESTILOS FLUVIAIS DO RIACHO SÃO GONÇALO, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BASTIÕES- CEARÁ (115)**

Vanessa Martins Lopes, Osvaldo Girão, Jonas Otaviano Praça de Souza

### **ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ, CEARÁ, BRASIL (127)**

Daniel dos Reis Cavalcante, Ícaro Breno da Silva, Frederico de Holanda Bastos, Abner Monteiro Nunes Cordeiro

### **A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: UM OLHAR PARA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ (RN) (139)**

Márcia Regina Farias da Silva, Nildo da Silva Dias, Diêgo Ezau Pereira de Araújo, Renata Duarte de Almeida

## CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DAS ÁREAS DESMATADAS NO CERRADO TOCANTINENSE NO PERÍODO DE 2012 A 2022



Isadora Cardoso de Assis Corrêa  
André Batista de Negreiros  
Gabriel Pereira

### INTRODUÇÃO

O Cerrado, considerado a segunda maior região biogeográfica da América do Sul e reconhecida como a Savana mais biodiversa do planeta (Sano, 2010), abrange aproximadamente 25% do território brasileiro, estendendo-se por doze Unidades Federativas além do Distrito Federal, como Goiás, Maranhão, Piauí, Tocantins, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rondônia, Pará, Paraná e São Paulo (IBGE, 2019). É relevante destacar que a região do Cerrado, além de abrigar uma das maiores reservas subterrâneas de água da América do Sul, conhecida como Aquífero Guarani (Rocha, 1997), é a origem de seis das oito mais importantes bacias hidrográficas da América do Sul, conforme indicado por Watzen (2006) e Siqueira (2021). Dentre essas bacias, destacam-se especialmente a Bacia Araguaia-Tocantins, as bacias do Paraná-Paraguai e do Rio São Francisco. Este bioma singular, caracterizado por sua rica biodiversidade e de extrema importância nos ciclos hidrológicos regionais, enfrenta um grande desafio do avanço alarmante do desmatamento.

O relevo apresenta classes que qualificam características relacionadas à inclinação, extensão das encostas e configuração superficial dos terrenos, que são utilizadas também para oferecer dados sobre a viabilidade do uso de equipamentos agrícolas, especialmente os mecanizados, e para auxiliar na análise da susceptibilidade dos solos à erosão (EMBRAPA, 2018). De acordo com a Embrapa (2018), o relevo divide-se em 6 classes, que são: Plano, com declividades variáveis de 0% a 3%; Suave Ondulado, com declives suaves variando de 3% a 8%; Ondulado, com declives moderados que variam de 8% a 20%; Forte Ondulado, com declives fortes variáveis de 20% a 45%; Montanhoso, com desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes a muito fortes variando de 45% a 75%; e por fim, Escarpado, com declives muito fortes superiores a 75%. O bioma do Cerrado exibe um relevo predominantemente plano ou suavemente ondulado, embora também se observem áreas de topografia acidentada, caracterizadas por ondulações moderadas a acentuadas. A variação de altitude do Cerrado abrange elevações desde aproximadamente 300 metros, como na Baixada Cuiabana, no Mato Grosso, até altitudes superiores a 1.600 metros, como na Chapada dos Veadeiros, em Goiás (Ribeiro e Walter, 1998). A predominância do relevo caracteristicamente plano e suave ondulado do bioma Cerrado, conjugado ao incremento demográfico e à implementação de infraestrutura, favoreceu a expansão significativa da atividade agropecuária a partir da década de 1970.

Os biomas brasileiros têm sofrido degradações significativas ao longo do tempo. Nas últimas décadas, o Brasil testemunhou um preocupante avanço do desmatamento, influenciado por diversos fatores, como a expansão agrícola, pecuária e infraestrutura. A perda de áreas florestais não apenas compromete a biodiversidade única desses ambientes, mas também contribui para as mudanças climáticas globais, dada a importância dessas florestas na regulação do clima e na absorção de carbono. Os biomas como a Amazônia e o Cerrado vêm sendo impactadas significativamente. De acordo com as análises provenientes do Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2020, 44% do Cerrado já foi convertido em diferentes tipos de uso da



terra, principalmente pastagens cultivadas com gramíneas exóticas (30%) (Azevedo, *et al.* 2021).

Frente à crescente pressão por medidas que freiem as supressões de vegetação nativa, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) lançou, em 1988, o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite, conhecido como Prodes. Logo em seguida, diante da expansão agropecuária no Cerrado desde 1970, o Brasil percebeu a necessidade de estender o programa de monitoramento também para o bioma Cerrado. A partir disso, o INPE publicou os resultados do projeto PRODES Cerrado, que envolve o mapeamento do desmatamento em toda a extensão do Cerrado, abrangendo o período de 2000 a 2022, o qual disponibiliza dados geográficos digitais através da plataforma TerraBrasilis (Silva, 2023). No entanto, a peculiaridade do Cerrado em relação às leis ambientais e políticas de conservação contribui para um cenário desafiador, com apenas 8% do bioma protegido por unidades de conservação (Rausch, 2019).

O Estado do Tocantins, localizado em uma região de grande importância ecológica, destaca-se por abrigar a bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia e por representar uma área de transição entre três dos maiores biomas brasileiros: Amazônico, Cerrado e Caatinga. Todavia, essa região não está imune à forte influência antrópica, refletida na devastação de muitas áreas (Silva, 2007). Inserido integralmente no MATOPIBA, Tocantins encontra-se no epicentro dessa intensificação agrícola, acarretando consequências socioambientais, como a degradação de corpos d'água e da vegetação nativa, impactando comunidades rurais tradicionais e áreas urbanas emergentes (Ferreira, 2019).

Devido à grande influência humana, evidenciada pela extensa devastação, é importante intensificar os esforços na preservação. Atualmente, apenas 14,66% do cerrado tocantinense está sob a proteção de Unidades de Conservação, o que indica a necessidade de ampliar significativamente essa porcentagem. Além disso, é válido considerar as áreas de preservação permanente estabelecidas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) como parte integrante dessa estratégia de conservação. O aumento efetivo das áreas protegidas não apenas contribuirá para a preservação da biodiversidade única do Cerrado Tocantinense, mas também desempenhará um papel essencial na mitigação dos impactos adversos resultantes da intensificação das atividades humanas na região.

Diante desse contexto, esta pesquisa tem como objetivo classificar e analisar as classes de relevo presentes nas áreas desmatadas no Estado do Tocantins no período de 2012 a 2022. Essas áreas foram identificadas pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento no Cerrado (PRODES Cerrado) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O foco é compreender as características topográficas que mais contribuem para o desmatamento, buscando identificar padrões e classes de relevo que desempenham um papel significativo no avanço dessa prática na região tocantinense.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estado do Tocantins possui área territorial de 277.423,627km<sup>2</sup>, contém 139 municípios dentro do seu limite geográfico e população estimada em 1.511.460 habitantes (IBGE, 2022). No estado estão presentes os biomas Amazônico e Cerrado, que cobrem, respectivamente, 9% e 91% do estado do Tocantins.

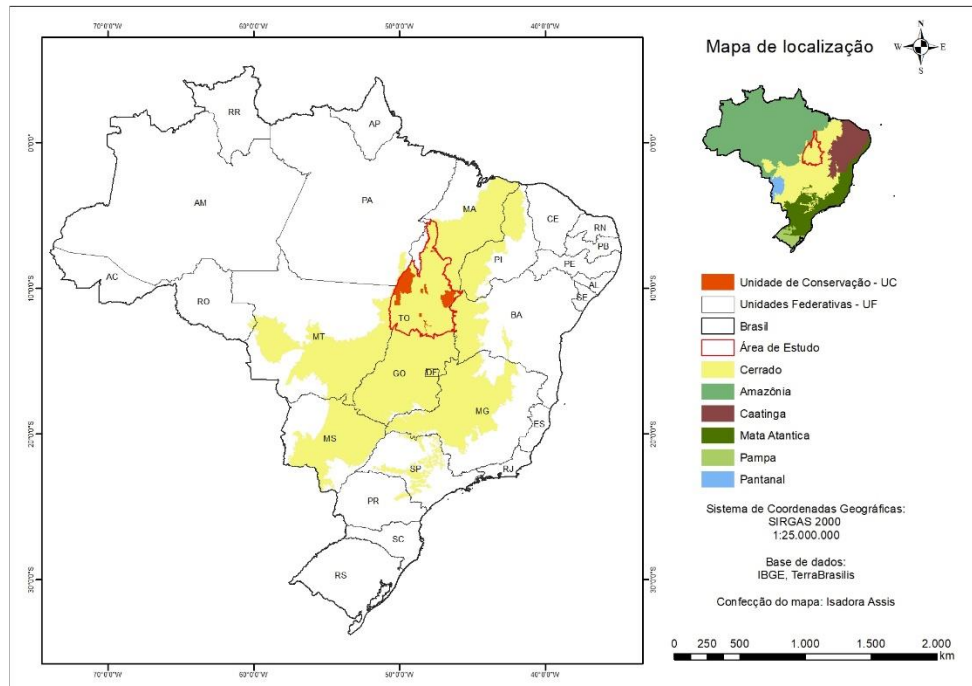
O clima em Tocantins, conforme categorização de Köppen, é identificado como AW – Tropical de verão úmido, com um período de estiagem no inverno. Nesse padrão climático, janeiro se destaca como o mês mais chuvoso, enquanto agosto é reconhecido como o período mais seco. A média anual de precipitação varia entre 1.500 e 2.100 mm. A classificação climática definidas pelo Método de Thornthwaite (1948) apresenta três regiões climáticas principais para o estado do Tocantins: a) Clima úmido com moderada deficiência hídrica (B1wA'a'); b) Clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica (C2wA'a"); e c) Clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica (C2wA'a'). O tipo de clima C2wA'a" é o mais abrangente, cobrindo quase todo o Estado (Tocantins, 2012). Essa classificação caracteriza-se pela presença de duas estações claramente definidas, uma seca e outra chuvosa. Essa característica climática confere à área de estudo uma dinâmica única, influenciando significativamente os processos ambientais e, por conseguinte, a dinâmica do desmatamento na região.

O relevo do estado do Tocantins, integrante do Planalto Central Brasileiro, caracteriza-se por suas superfícies tabulares e aplainadas resultantes dos processos de pediplanação (Ross, 1999). A região é predominantemente composta por planaltos, mas também abriga áreas de planícies e depressões. A Serra Geral, localizada a leste, destaca-se pelas altitudes médias mais elevadas, enquanto o ponto culminante encontra-se na Serra das Traíras, ao sul, atingindo 1340 metros de altitude.

De acordo com os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) provenientes do Projeto de Monitoramento do Desmatamento no Cerrado (PRODES Cerrado) em 2023, o estado do Tocantins emerge como o mais desmatado no período de 2012 a 2022 dentre as 13 unidades federativas que compõem o bioma Cerrado.

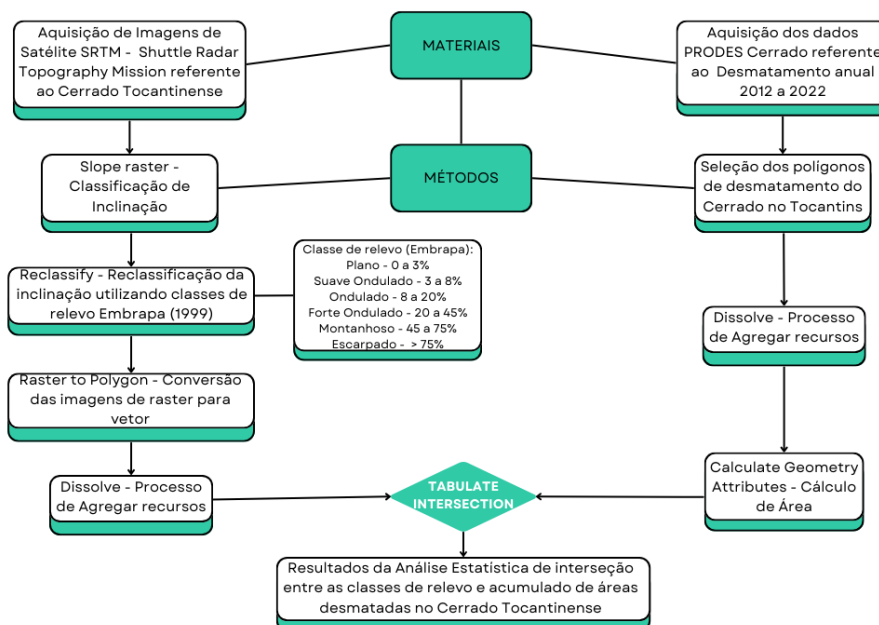
A área de estudo foi definida a partir da relevância quanto ao desmatamento iminente nos últimos anos e ao seu potencial ecossistêmico (Figura 1).

Figura 1– Mapa de localização da área de estudo, Unidades de Conservação inseridas na área de estudo e abrangência do bioma Cerrado no Brasil.



As principais etapas envolvidas nesta pesquisa estão contidas conforme fluxograma da Figura 2.

Figura 2– Fluxograma dos materiais e métodos abordados no estudo.





## MATERIAIS

Os dados essenciais para a condução deste estudo foram obtidos por meio do Projeto de Monitoramento do Desmatamento no Cerrado (PRODES Cerrado), uma iniciativa do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), acessíveis através da plataforma TerraBrasilis, também desenvolvida e disponibilizada pelo INPE. O PRODES Cerrado, dedicado ao mapeamento do desmatamento em toda a extensão do bioma Cerrado, serviu como a base fundamental para a análise conduzida nesta pesquisa, concentrando-se no período de 2012 a 2022 e delimitando-se ao recorte do bioma presente no estado do Tocantins.

O método empregado pelo PRODES para a detecção do desmatamento envolve a interpretação visual de imagens de satélite Landsat ou equivalentes, destacando-se pela notável resolução espacial de 30 metros. Vale mencionar que o projeto estabelece como critério uma área mínima de um hectare (1 ha) para identificação de desmatamento.

No âmbito do PRODES, o conceito de desmatamento compreende a supressão da vegetação nativa, independente do uso futuro dessas áreas. Essa abordagem ampla possibilita a consideração de diversas atividades antrópicas que resultam na remoção da cobertura vegetal natural do Cerrado, proporcionando um entendimento abrangente dos impactos humanos sobre esse ecossistema.

Para a obtenção dos dados de altitude, foram utilizados os modelos digitais de elevação da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). As imagens SRTM selecionadas foram adquiridas através de um dos principais catálogos de disseminação disponíveis na internet, o U.S. Geological Survey (USGS). Para cobrir toda a extensão do cerrado tocantinense, foi necessário baixar um total de 36 imagens SRTM.

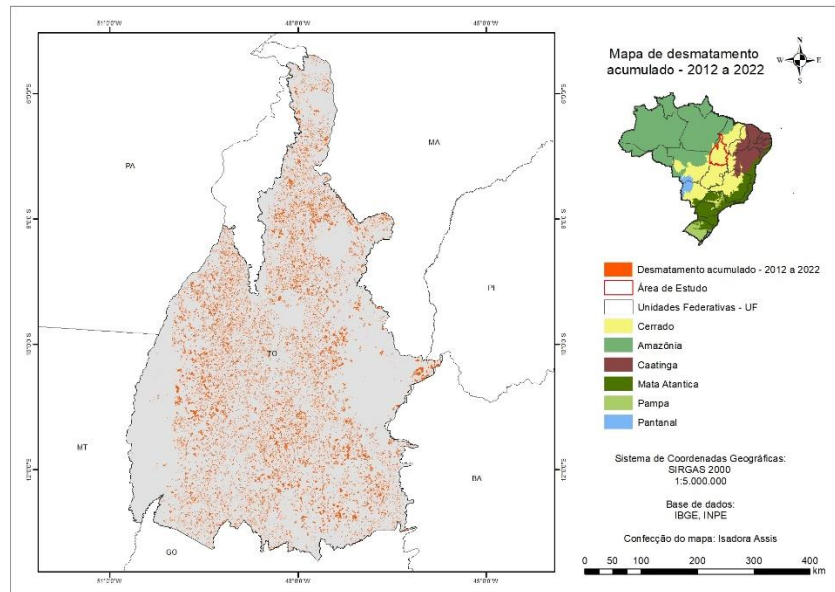
## MÉTODOS

O desenvolvimento deste estudo baseou-se em metodologias de geoprocessamento utilizando ferramentas de Sistema de Informações Geográficas para análise e processamento dos dados geoespaciais.

Inicialmente, os arquivos vetoriais referentes ao desmatamento, fornecidos pelo PRODES, foram reprojatados para o sistema de Coordenadas Geográficas com Datum SIRGAS 2000. Esses arquivos foram, então, recortados conforme os limites específicos das áreas de Cerrado presente no estado do Tocantins, proporcionando uma delimitação mais precisa para as análises subsequentes. Ao longo dessas análises, explorou-se a distribuição espacial do desmatamento no Cerrado, concentrando no período entre 2012 e 2022, destacando as áreas de supressão recente.

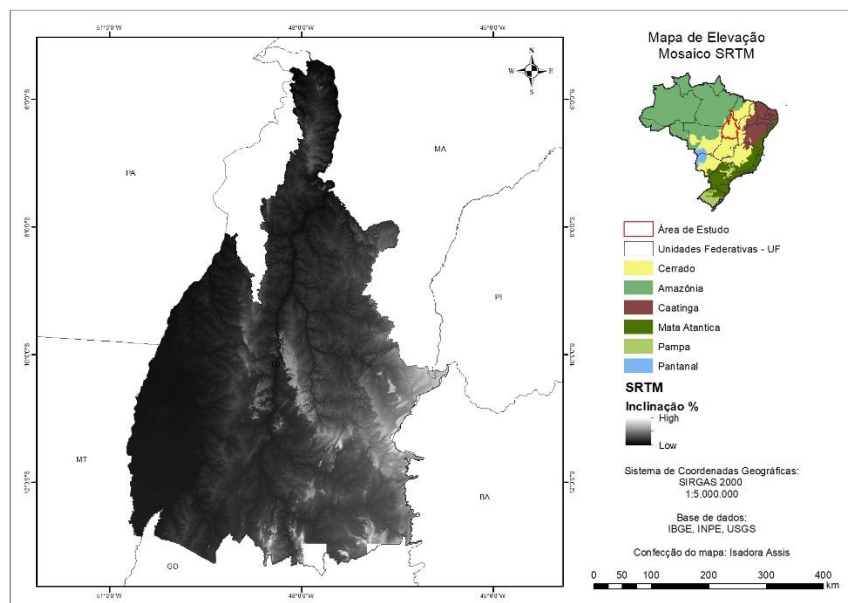
Para consolidar os dados de desmatamento acumulado, utilizou-se a ferramenta de dissolver, que agregou as informações tratadas como uma única unidade de desmatamento. Em seguida, a ferramenta Cálculo de geometria, foi empregada para calcular a área desmatada do compilado dos anos de 2012 a 2022. Os dados resultantes (Figura 3) foram reservados para análise estatística posterior.

**Figura 3 – Dados de desmatamento acumulado no recorte temporal de 2012 a 2022 provenientes do PRODES Cerrado.**



Os arquivos matriciais provenientes do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) foram utilizados para extração de informações de elevação (Figura 4). Inicialmente, a ferramenta declive foi aplicada para gerar informações sobre a inclinação do terreno. Esses dados, classificados por porcentagem de inclinação, passaram pela ferramenta de reclassificação, onde foram categorizados de acordo com as classes de relevo estabelecidas pela Embrapa (2018). As 06 (seis) classes resultantes, que são: Plano (0 a 3%), Suave Ondulado (3 a 8%), Ondulado (8 a 20%), Forte Ondulado (20 a 45%), Montanhoso (45 a 75%) e Escarpado (> 75%); forneceram uma classificação detalhada do relevo da região.

**Figura 4 – Mapa de elevação. Mosaico das imagens de satélite - SRTM.**



O processo seguiu com a conversão do arquivo *raster* resultante para polígono (vetor), e a ferramenta para dissolver foi novamente aplicada para agregar atributos com informações de classe iguais.

A integração e análise conjunta dos dados de desmatamento e declividade do relevo foram executadas utilizando a ferramenta de análise estatística que tabula interseção dos dados. Essa ferramenta, específica para calcular a interseção entre duas classes de recursos, proporciona uma tabulação cruzada da área dos recursos que se sobrepõem. Essa análise permitiu uma interpretação mais aprofundada dos dados obtidos, favorecendo a compreensão das relações entre as áreas de desmatamento e as características do relevo na região estudada.

Finalmente, foram elaborados os mapas cartográficos representativos da área de estudo, do desmatamento no Cerrado de Tocantins, bem como do mapa de declividade utilizando as imagens SRTM, proporcionando uma visualização do relevo presente nas áreas desmatadas no período de 2012 a 2022.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período de 2012 a 2022, a análise realizada revela que, dos 253.104,8 km<sup>2</sup> que compõem a área total do Cerrado no estado do Tocantins, cerca de 23.635,46 km<sup>2</sup> foram completamente suprimidos ou convertidos para outros usos e coberturas. Esse cenário representa uma degradação de 9,5% do Cerrado presente no estado durante esse recorte temporal. Essa proporção destaca o impacto do desmatamento na paisagem do Cerrado tocaninense, indicando uma considerável transformação do ecossistema natural. É importante ressaltar que essa análise contempla apenas o desmatamento ocorrido entre 2012 e 2022, sem considerar os impactos anteriores a esse período, o que sugere que a área degradada pode ser ainda mais extensa se incluirmos dados anteriores. De acordo com Duarte (2018), ao longo do período de 1988 até 2014 o estado do Tocantins obteve uma taxa de desmatamento acumulada de 8.507 km<sup>2</sup>. A partir desses dados é possível inferir que o estado do Tocantins obteve uma intensificação de desmatamento na última década.

Os impactos dessa supressão de vegetação nativa vão além da perda de cobertura vegetal, impactando negativamente a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos, e contribuindo para a fragmentação e perda de habitats naturais. Além disso, a degradação do Cerrado tem implicações diretas nas condições climáticas, qualidade da água, e na resiliência do ecossistema frente às mudanças ambientais. Como mencionado por Bolson (2018), pesquisas divulgadas por organizações tanto nacionais quanto internacionais indicam que a degradação ocorrida no Cerrado brasileiro desempenha um papel significativo, com impactos consideráveis na preservação, ou falta dela, da Amazônia.

Os resultados da análise integrada dos dados de desmatamento e declividade do relevo revelam padrões consideráveis, proporcionando insights fundamentais para a compreensão das dinâmicas ambientais no Cerrado tocaninense no período de 2012 a 2022. Conforme os resultados obtidos a partir do processo de tabular as interseções, a distribuição do desmatamento em relação às diferentes classes de inclinação do relevo estão presentes na Tabela 1.



**Tabela 1 – Resultados das análises estatísticas de interseção entre a área desmatada acumulada no período de 2012 a 2022 e as classes de relevo**

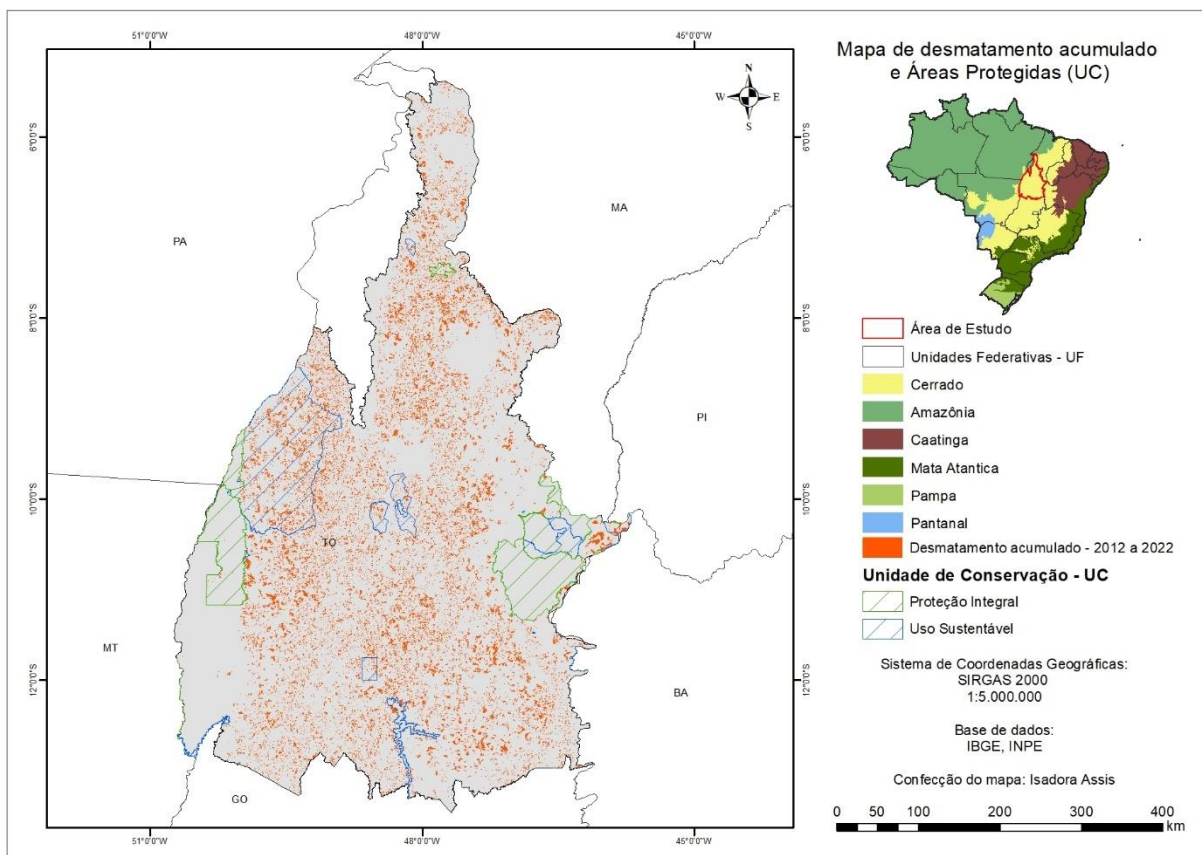
<b>Classe de Relevo (Embrapa, 2018)</b>	<b>Declividade (graus)</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Desmatamento acumulado de 2012 a 2022 (%)</b>
Plano	0° a 1,72°	0 a 3	33,2134
Suave Ondulado	1,72° a 4,58°	3 a 8	53,4615
Ondulado	4,58° a 11,31°	8 a 20	12,2597
Forte Ondulado	11,31° a 24,23°	20 a 45	1,0363
Montanhoso	24,23° a 36,87°	45 a 75	0,0279
Escarpado	>36,87°	> 75	0,0012

A partir dos dados apresentados (Tabela 1), destaca-se a alta concentração do desmatamento em áreas de relevo plano e suavemente ondulado, representando cerca de 86% das áreas desmatadas. Essa predominância evidencia uma notável associação entre o desmatamento no Cerrado Tocantinense, no período de 2012 a 2022, e as áreas de relevo plano e suavemente ondulado, que são propícias para práticas agropecuárias mecanizadas. Essas regiões oferecem vantagens significativas em termos de acessibilidade e infraestrutura, facilitando a implantação de atividades humanas, especialmente as expansões agrícolas e pecuárias. A viabilidade agrícola é acentuada em terrenos planos, resultando em decisões econômicas que favorecem práticas como agricultura extensiva e pastagem.

Aspectos econômicos, como menor complexidade logística e investimentos iniciais mais baixos, direcionam as atividades produtivas para essas áreas. Pressões antropogênicas, impulsionadas pelo crescimento populacional e demanda por recursos naturais, contribuem para a expansão das fronteiras agrícolas nessas regiões mais acessíveis. Em contrapartida, áreas de relevo mais acidentado apresentam limitações ambientais que tornam menos atrativas práticas intensivas, resultando em menor incidência de desmatamento. Essas dinâmicas destacam a interrelação complexa entre fatores geográficos, econômicos e ambientais na configuração do padrão de desmatamento no Cerrado Tocantinense.

Em relação às áreas de Unidades de Conservação (UC) no Cerrado de Tocantins, observa-se que aproximadamente 14,66% do território encontra-se sob alguma forma de proteção (Figura 5). No entanto, um aspecto crítico emerge ao analisar os tipos de Unidade de Conservação presentes, revelando que apenas 6,4% são classificadas como Unidades de Conservação de Proteção Integral.

Figura 5 – Mapa de desmatamento acumulado dos anos de 2012 a 2022 com sobreposição dos polígonos de Áreas Protegidas de Unidades de Conservação, em azul UC de Uso Sustentável e em verde UC de Proteção Integral.



As Unidades de Conservação de Proteção Integral impõem restrições mais rigorosas quanto à conversão de uso do solo e atividades humanas, diante disso essa distinção é pertinente. Assim, apenas uma parcela limitada de 16.175,2 km<sup>2</sup>, correspondendo a 6,4% do Cerrado tocantinense, está legalmente resguardada contra a conversão do uso do solo por meio dessas áreas protegidas. Em 2011, um estudo conduzido por Santana indicou um total de 15.982 km<sup>2</sup>, equivalente a 6,3% do bioma, nas áreas abrangidas pelas unidades de conservação de proteção integral no Cerrado tocantinense. Ou seja, em aproximadamente uma década, houve o aumento de 0,01% de áreas protegidas por Unidades de Conservação de Proteção Integral. Isso evidencia desafios significativos para a efetiva preservação do Cerrado no Tocantins.

## CONCLUSÕES

A análise integrada dos dados do PRODES Cerrado e das informações geomorfológicas ofereceu um embasamento sólido para compreender a relação entre a declividade do relevo e o avanço do desmatamento no Cerrado do estado do Tocantins. A combinação desse conjunto de dados agrega valor à análise, proporcionando uma visão mais completa da dinâmica ambiental dessa região. Essa compreensão é fundamental para orientar o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e manejo sustentável.

A implementação de políticas que considerem as características do relevo, promovam práticas agrícolas sustentáveis e fortaleçam a proteção das áreas mais sensíveis torna-se de extrema

importância para mitigar os impactos do desmatamento concentrado em relevos planos e suavemente ondulados presentes em grande parte no Cerrado tocantinense.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Tasso; ROSA, Marcos Reis; SHIMBO, Júlia Zanin; OLIVEIRA, Magaly Gonzales. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2020**. 2021. 93p. MapBiomas, São Paulo, 2021. <http://alerta.mapbiomas.org>
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 15 nov. 2023.
- BOLSON, S. H. O cerrado nas metas brasileiras do acordo de paris: a omissão do estado brasileiro com o desmatamento na cumeieira da américa do sul. **Revista de Direito Ambiental E Socioambientalismo**, Salvador, v. 4, n. 1, p. 112 – 131, 2018.
- COLLICCHIO, Erich; ROCHA, Humberto; VICTÓRIA, Daniel; ANDRADE, André. **Agricultura e Mudanças do Clima no Estado do Tocantins: Vulnerabilidade, Projeções e Desenvolvimento**. Cenários Prospectivos de Mudanças Climáticas para o Estado do Tocantins; Capítulo 6. Palmas - Tocantins, 2022. 133-163p.
- DUARTE, S. C. Análise de impactos socioambientais da expansão do agronegócio no Tocantins: o caso do Prodoeste. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína – Tocantins, n.12, 157-174p. 2018.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição, Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.
- FERREIRA, Yara Cruz; SOLER, Luciana S.; MARQUES, Alexandre; RODIANI, Rafael; OMETTO, Jean. **Mapeamento de áreas potenciais para redd+ como mecanismo de pagamento por serviço ambiental no cerrado tocantinense**. 2019. 4p. XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Santos -SP, 2019.
- GARCIA, Fanuel Nogueira; FERREIRA, Laerte Guimarães; LEITE, Juliana Ferreira. **Áreas Protegidas no Bioma Cerrado: fragmentos vegetacionais sob forte pressão**. 2011. 8p. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Curitiba -PR, 2011.
- IBGE. **Biomass do Brasil**. Vetores; Escala 1:250.000. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomass.html> . Acesso em: 15 out. 2023.
- IBGE. **Censo Demográfico - 2022**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: [https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm\\_source=ibge&utm\\_medium=home&utm\\_campaign=portal/](https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=portal/) . Acessado em: 14 de dezembro de 2023.

INPE. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Coordenação Geral de Observação da Terra. Programa De Monitoramento Da Amazônia E Demais Biomas. Desmatamento – Cerrado – Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/> .

MAURANO, Luis Eduardo P.; ALMEIDA, Cláudio Aparecido de; MEIRA, Maurício Braga. **Monitoramento do Desmatamento do Cerrado Brasileiro por Satélite**. 2019. p. 3175-3182. XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos - SP. 2019.

MESSIAS, Cassiano Gustavo; FERREIRA, Marcos César; AFFONSO, Adriana; MAURANO, Luis Eduardo P. **Distribuição espacial do desmatamento de fitofisionomias no Cerrado brasileiro: uma análise a partir dos dados do sistema PRODES**. v. 1, p. 299-312. In: Giovanni Seabra. (Org.). Educação ambiental: uso, manejo e gestão dos recursos naturais. 1ed.: Barlavento, 2022.

RAUSCH, L. L.; SCHELLY, I.; BRANDÃO JR., A.; et al. Soy expansion in Brazil's Cerrado. **Conservation Letter**, Madison – USA, fev. 2019.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. p. 89-166. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. de. (ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa-CPAC: Planaltina. 1998.

ROCHA, G. A. **O grande manancial do Cone Sul**. Estudos avançados p. 191-212 (30), 1997.

ROSS, J. L. S. **Relevo brasileiro: planaltos, planícies e depressões**. Novos Caminhos da Geografia, Editora Contexto, São Paulo. 1999

SANO, Edson E.; ROSA, Roberto; BRITO, Jorge L. S.; FERREIRA, Laerte G. **Land Cover Mapping of the Tropical Savanna Region in Brazil**. Environmental Monitoring & Assessment, Embrapa Cerrado, v. 166, p. 113–124. Planaltina, DF. 2010.

SANTANA, Helena Maria de Paula; SANO, Edson Eyji; BEZERRA, Heleno da Silva. **Formações vegetacionais do Cerrado em unidades de conservação de proteção integral no estado do Tocantins**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.1820, maio de 2011.

SILVA, I. C. O., Silva, M. B., - **Qualificação dos dados de desmatamento no estado do Tocantins, porção do cerrado brasileiro, utilizando dados do prodes e terraclass**. XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis – SC, Brasil, INPE p.791, abr. 2023.

SILVA, I. S., Pettinati, D. R., Soler, L. S. **Desmatamento no Cerrado brasileiro: Uma análise das ecorregiões Araguaia Tocantins, Alto Paranaíba e Paraná Guimarães**. XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis – SC, Brasil, INPE p.704, abr. 2023.

SILVA, Luis Antônio G. C., 2007. **Biomas presentes no estado do tocantins**. Nota Técnica. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Centro de Documentação e Informação. Coordenação de Biblioteca. <http://bd.camara.gov.br>



SIQUEIRA, L. N., Radic, L. F. A degradação do cerrado e a questão hídrica sul-americana: possíveis implicações jurídicas para o Brasil. **Revista Vertentes do Direito**, Tocantins, vol 08. n.01, p. 470 – 490, fev. 2021.

SOUZA, J. C. de; MARTINS, P. T de A.; DRUCIANKI, V. P. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, Goiás, v.9, n.2, e922020, jul./dez. 2020

SOUZA, L. B; BARROS, J. R. Agronegócio e ambiente no Cerrado tocantinense: um panorama dos municípios com base em indicadores. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 13, n. 1, p. 124 – 149, abr. 2019.

STRASSBURG, B. B. N. et al., Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, Article Number: 0099, 2017.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública - SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. SOUSA, Paulo Augusto Barros de; BORGES, Rodrigo Sabino Teixeira; DIAS, Ricardo Ribeiro (Org.). Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 6. ed. rev. atu. Palmas: SEPLAN, 2012. 80 p.

WANTZEN, Karl M.; SIQUEIRA, Alberto; NUNES, Cátia da Cunha; SÁ, Maria de Fátima Pereira de. **Stream-valley systems of the Brazilian cerrado: impact assessment and conservation scheme**. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 16, n. 7 p.713-732, 2006.

## **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE PATU-RN NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Milena Bezerra de Oliveira  
Anailson Carlos de Medeiros  
Linderlan Alves da Silva  
Daví do Vale Lopes

### **INTRODUÇÃO**

A Geomorfologia pode ser entendida como o estudo das formas da Terra. Nessa perspectiva, ao estudar Geomorfologia é importante considerar como integrante de seu objeto de estudo os processos responsáveis pelas ações capazes de criar ou destruir as formas de relevo (GUERRA; CUNHA, 2007). O Nordeste brasileiro tem uma grande variedade de unidades geomorfológicas que se desenvolveram de acordo com os processos de morfoestruturação e morfoesculturação, ocasionados por processos endógenos e exógenos (GOMES, J. F. et al)

No campo geomorfológico, busca-se entender a compartimentação topográfica regional e a caracterização e descrição das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados, conforme preceitua Ab'Saber (1969) em discussões a respeito do conceito de geomorfologia. No Nordeste setentrional Brasileiro, a Província Borborema corresponde a extensas exposições de embasamento pré-cambriano caracterizada por dobramentos e por intenso plutonismo granítico (FETTER, 2000). O estado do Rio Grande do Norte apresenta uma grande variedade de formas de relevo, esculpidas em sedimentos da Bacia Potiguar e terrenos mais antigos do embasamento Cristalino (DANTAS & FERREIRA, 2010).

O objetivo deste trabalho é realizar a caracterização geomorfológica do município de Patu/RN, localizado no semiárido brasileiro.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

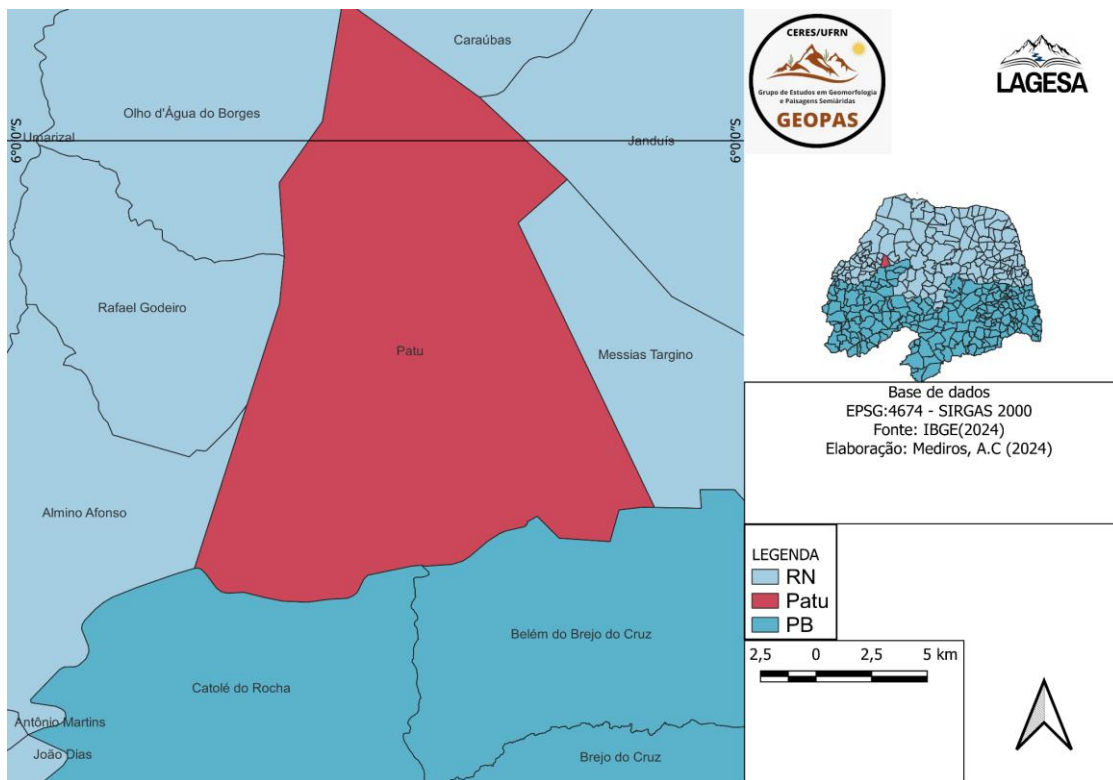
O presente trabalho foi realizado a partir da utilização dos seguintes procedimentos metodológicos:

- i) Levantamento bibliográfico e cartográfico sobre a temática;
- ii) Confecção dos produtos cartográficos em ambiente SIG;
- iii) Realização de atividade de campo com o intuito de realizar o reconhecimento da área, identificação e caracterização das unidades de relevo e dos materiais associados a estas;
- iv) Reprocessamento dos dados e escrita do trabalho.

#### **Área de estudo**

Patu é um município brasileiro localizado no interior do estado do Rio Grande do Norte, o mesmo faz parte da região imediata e intermediária de Mossoró/RN. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), levando em consideração o censo de 2022, sua população é de 11.007 de habitantes, com uma área de 319,135 km<sup>2</sup>. Os municípios limítrofes são: ao Norte: Caraúbas-RN e Janduí-RN; ao Sul: Belém do Brejo do Cruz-PB e Catolé do Rocha-PB; ao Leste: Messias Targino-RN; ao Oeste: Olho-d'água do Borges-RN, Rafael Godeiro-RN e Almino Afonso-RN.

**Figura 1:** Mapa de localização do município de Patu/RN.



**Fonte:** Autores (2024).

## **Análise do relevo**

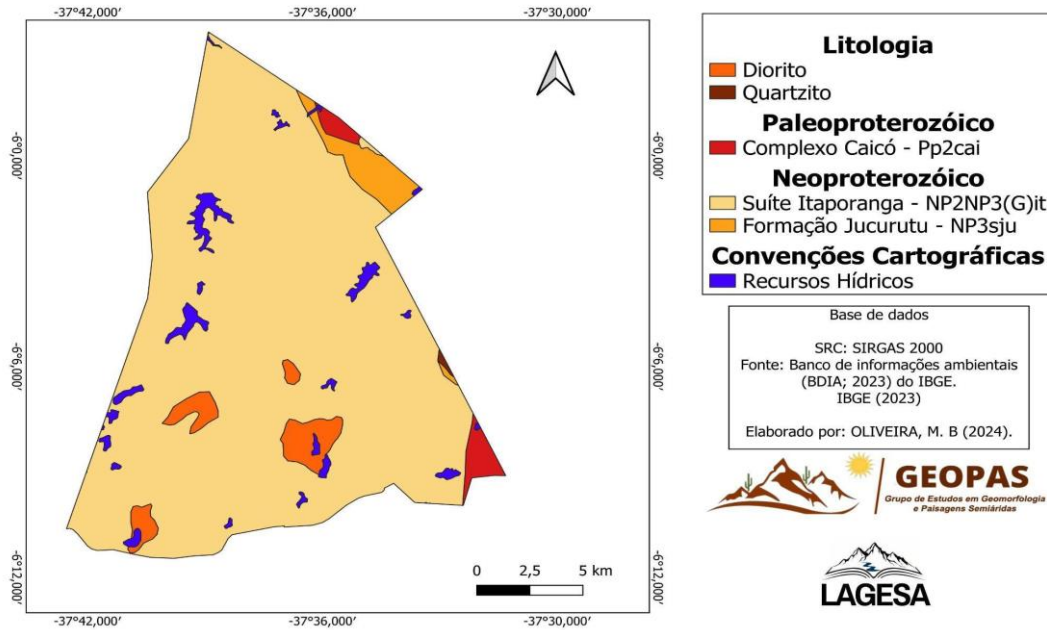
Para a delimitação dos compartimentos do relevo do município utilizou-se o MDE (Modelo Digital de Elevação). A partir deste foi gerado o Mapa hipsométrico, o Mapa de declividade e o Mapa geomorfológico. A hipsometria foi gerada utilizando categorias na variável visual cor para cada 50 metros, gerando um gradiente que varia do verde escuro para áreas mais baixas, até um vermelho para as altitudes mais elevadas. O mapa de declividade foi gerado a partir do MDE, através da ferramenta “Reclassificação por Tabela”, onde foi adotada a metodologia proposta pela Embrapa (1979), com as seguintes classes: suave, suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado, extremamente ondulado e escarpado. Utilizou-se a adaptação de “extremamente ondulado” substituindo o termo “montanhoso”, o qual pode gerar confusão no entendimento das formas de relevo locais.

## **RESULTADOS**

### **Caracterização geológica**

O território do município encontra-se predominantemente na área geológica da Suíte intrusiva Itaporanga representada (Figura 2). Segundo Paiva e Medeiros (2019) a estrutura tem composição calcialcalina e alto teores de potássio, sendo reconhecida na província a qual está localizada.

**Figura 2:** Mapa geológico do município de Patu/RN

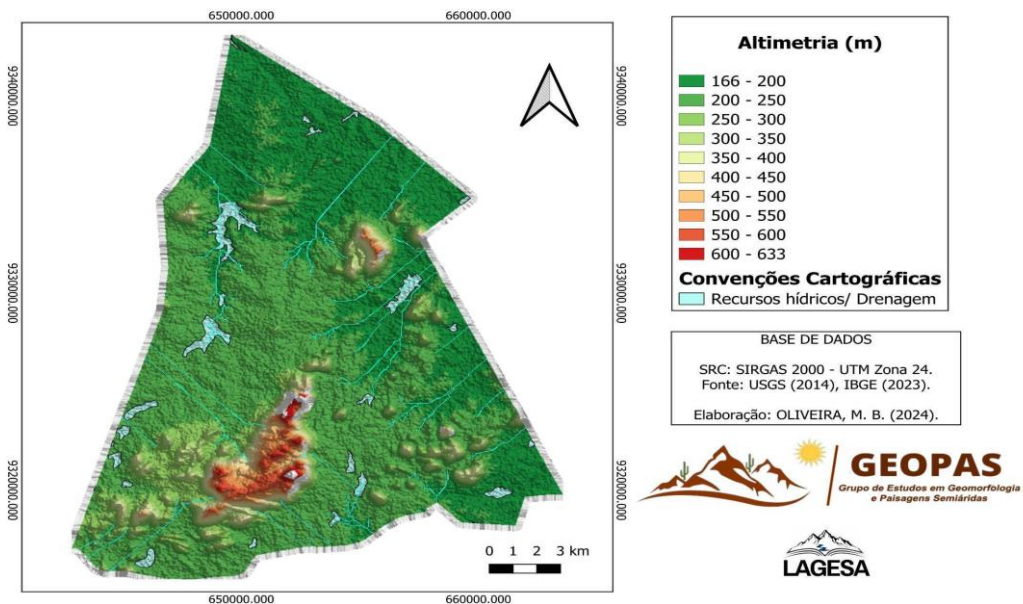


Fonte: Autores (2024).

### Caracterização geomorfológica

O município de Patu-RN apresenta altitude variando entre 166m e 633m (Figura 3). As superfícies mais rebaixadas do município encontram-se localizadas no setor norte (Figura 3). Por sua vez, as superfícies de cimeiras concentram-se no setor sul (Figura 3).

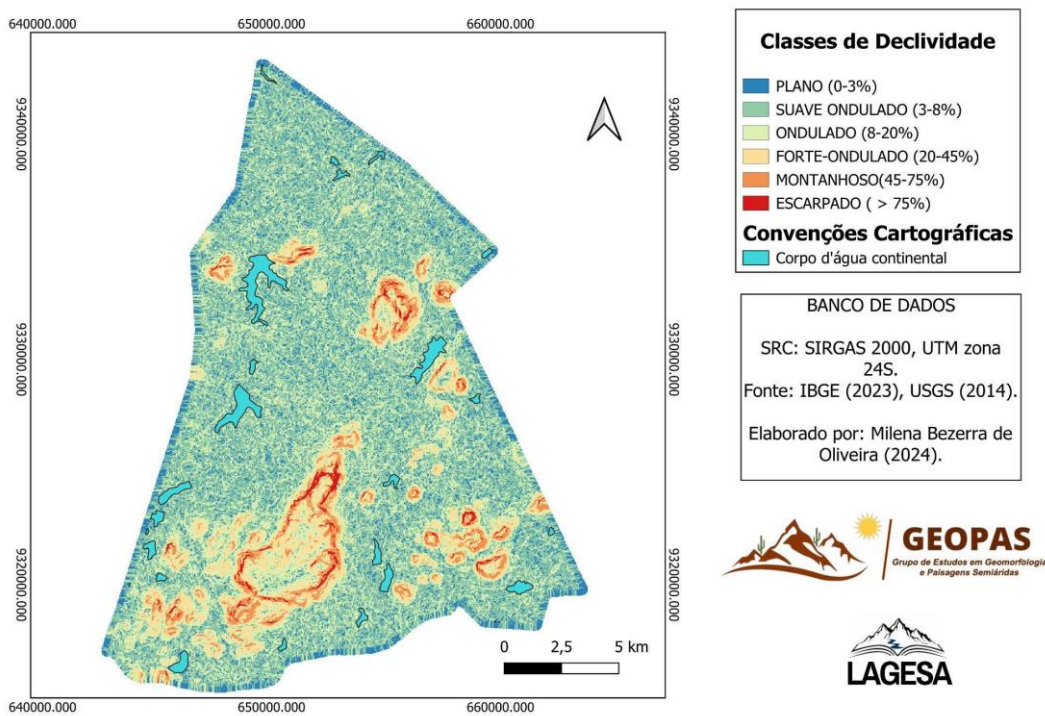
**Figura 3:** Mapa da altimetria do município de Patu/RN.



Fonte: Autores (2024).

A área apresenta relevo predominantemente suave ondulado (46,93%) (Figura 4 e Tabela 1). A segunda classe de declividade mais abrangente é ondulado (25,36%), seguindo de plano (13,95%), forte ondulado (9,04%), montanhoso (3,90%) e escarpado (0,81%) (Figura 4 e Tabela 1). As áreas com maior declividade se encontram predominantemente no setor sul, sudeste, sudoeste e leste da área de estudo (Figura 4).

**Figura 4:** Mapa com as classes de declividade do município de Patu/RN.



Fonte: Autores (2024).

**Tabela 1:** Área por classe de declividade no município de Patu/RN.

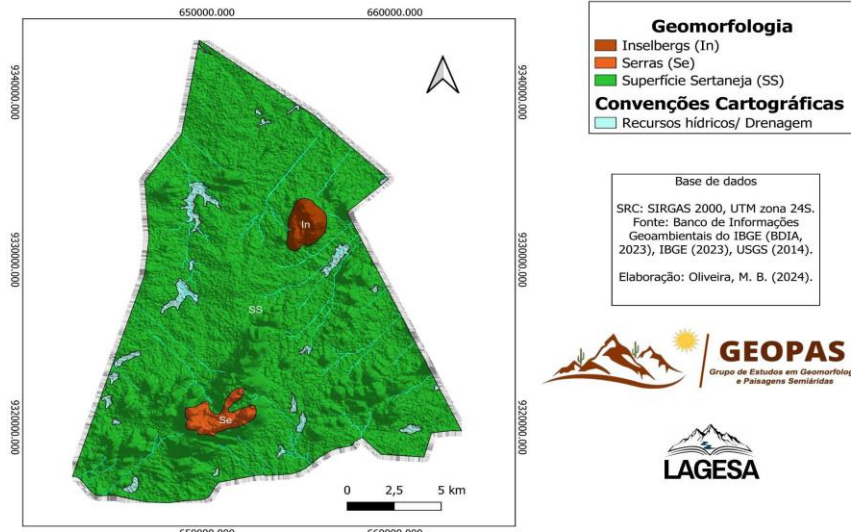
CLASSE	DECLIVIDADE (%)	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Plano	0 a 3	47.567 Km <sup>2</sup>	13,95 %
Suave Ondulado	3 a 8	160.013 Km <sup>2</sup>	46,93 %
Ondulado	8 a 20	86.463 Km <sup>2</sup>	25,36 %
Forte Ondulado	20 a 45	30.829 Km <sup>2</sup>	9,04 %
Montanhoso	45 a 75	13.298 Km <sup>2</sup>	3,90 %
Escarpado	>75	2.763 Km <sup>2</sup>	0,81 %
<b>TOTAL</b>	X	340.933 Km <sup>2</sup>	100 %

Fonte: Autores (2024).



O município de Patu-RN apresenta três unidades geomorfológicas, sendo elas: i) Superfície de aplainamento; ii) Pediplano degradado inumado; iii) Superfície sertaneja (Figura 5).

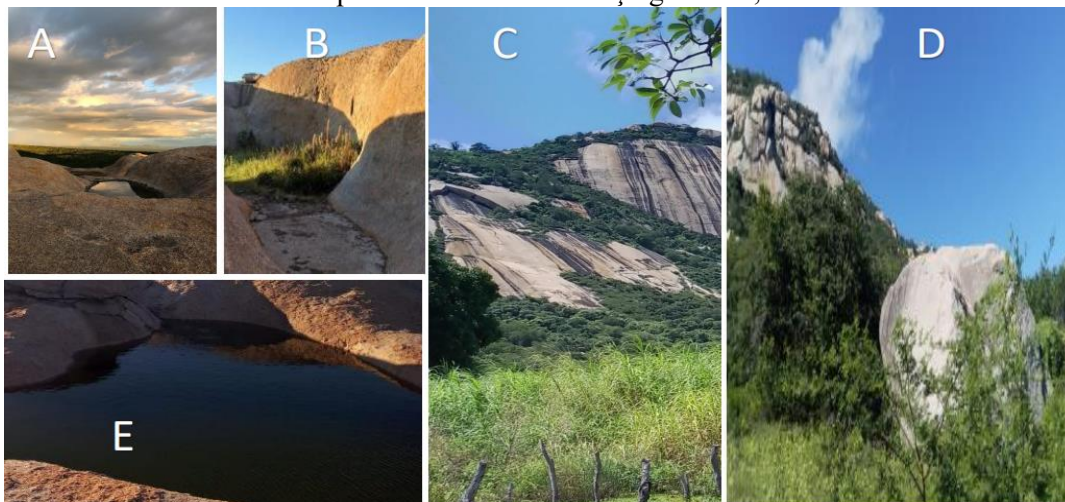
**Figura 5:** Mapa de geomorfologia do município de Patu/RN.



**Fonte:** Autores (2024).

Na área serrana do município de Patu-RN encontram-se importantes afloramentos graníticos (Figura 6). Na área observa-se feições de dissolução, depósitos de tálus e matacões (Figura 6).

**Figura 6:** Representação das paisagens do município de Patu-RN. A - Presença de gmnans na Serra do Lima, B- Vegetação presente em gmnans no período de estiagem, C- Formação de tafoni, caneluras e depósito de tálus em maciço granítico, D- matacão.



**Fonte:** Autores (2024).

## DISCUSSÃO

Segundo a DINIZ et. al. (2017), no estado do Rio Grande do Norte estão inseridas quatro unidades morfoestruturais, 7 unidades morfoesculturais e trinta sub unidades morfoestruturais. Logo, o município de Patu/RN está inserido na unidade morfoestrutural do cinturão orogênico brasileiro, unidade morfoescultural da depressão sertaneja e na subunidade escultural da depressão interplanáltica do Apodi-Mossoró, respectivamente a partir da taxonomia. Na região a mega estrutura que condicionou o relevo regional do local de estudo originou-se a partir de eventos poliorogênicos e de reativação, que culminaram na diversidade litológica do cinturão (DINIZ et. al., 2017). O processo de dissecação do relevo, formou grandes áreas rebaixadas (Superfície Sertaneja), onde observa-se a presença de formas mais resistentes à erosão que se destacam na paisagem, como a Serra do Lima, representada na (Figura 4).

Com base na classificação de Ab'Saber (1996), o estado do Rio Grande do Norte está inserido dentro de dois domínios morfoclimáticos, domínio dos mares de morros florestados e domínio das depressões interplánalticas semiáridas do Nordeste, sendo o último o que prevalece na área de estudo. O município está situado na área da superfície rebaixada sertaneja, presença de inselbergs isolados e corpos hídricos o município possui uma elevação variando de 200 a 680 m acima do nível do mar como destaca nos dados da Figura 4.

Nota-se que o baixo índice pluviométrico do município (590 mm anuais distribuídos irregularmente) (INMET, 2024) elucida no reduzido manto de intemperismo. Levando em consideração a classificação de Köppen, o nordeste brasileiro, está inserido em boa parte do clima Bsh, o qual possui chuvas de verão e inverno com período seco, sendo assim há maior riscos de períodos de estiagem.

Segundo Diniz e Pereira (2015), o Rio Grande do Norte, possui dois tipos climas sendo eles o tropical do nordeste oriental e tropical do nordeste equatorial, onde está inserido o município de Patu. Seguindo o mapeamento e classificação dos autores, o estado tem a presença de subdomínios climáticos sendo eles: úmidos, subúmido, semiárido brando, médio e forte. Diante desse mapeamento, o município se encontra no subdomínio climático semiárido mediano com sete a oito meses secos. Sendo assim boa parte das precipitações que ocorrem em Patu são causadas pela zona de convergência intertropical-ZCIT.

Diniz et. al. (2019), destaca que o Estado do Rio Grande do Norte possui oito regiões naturais, desse modo cada região natural do estado possui características geológicas, geomorfológica, climáticas e ambientais.

A área do município situa-se em terrenos compostos predominantemente por granitos finos a grosseiros, granitos pórfiros, granodioritos, de coloração cinza, cinza claro e róseo, pertencente ao embasamento Cristalino com Idade do Pré-Cambriano indiviso em torno de 1.000 milhão de anos. Em sua extremidade Norte encontram-se elementos da Formação Jucurutu composta de paragneisses com biotita (IDEMA 2014).

A fisionomia do relevo é composta de formas tabulares, de topo plano, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales de fundo plano. O solo predominante na região é o Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, com fertilidade alta, textura média, acentuadamente drenada. Já em relação à hidrologia, Patu encontra-se com 100% do seu território inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Tem como principais riachos o Patu de Fora, Borges, Jatobá, Croatá e Tourão (IDEMA, 2008).

Nas áreas da Depressão Sertaneja com Inselbergs e campos de inselbergs, sobre uma estrutura cristalina e granítica ocorrem solos poucos desenvolvidos como os Neossolos e Cambissolos,

podendo ter solos mais desenvolvidos como os Argissolos ou apenas apresentar afloramentos das rochas (CORRÊA et al., 2014). Que é o caso do município de Patu-RN

O município se destaca pela grande diversidade geomorfológica, com presença de inselbergs, matacões e grutas graníticas. Patu/RN, se destaca no turismo de aventura e religioso o qual um dos principais pontos turísticos são o Santuário de Nossa Senhora dos Impossíveis e a serra do Lima, que atrai inúmeros praticantes de turismo de aventura, sendo destaque as práticas de esporte voltadas ao voo livre. Desse modo, faz-se importante a questão da preservação da geodiversidade do local.

O tema patrimônio geomorfológico tem merecido atenção nos últimos anos pela comunidade geomorfologia internacional. Surgem vários estudos e iniciativas, desde trabalhos de índole local até inventários de nível nacional. De igual modo, verifica-se a crescente individualização no seio do tema do patrimônio geológico, interessando tanto a geólogos como a geógrafos (PEREIRA et al., 2004, 2005).

Devido à grande diversidade geológica e geomorfológica, e pelo o município estar inserido em clima semiárido, observa-se a atuação dos processos morfodinâmicos de forma considerável, como intemperismo e erosão.

No período de janeiro a maio, meses mais chuvosos no semiárido, as gnammas acumulam água, formando desde de pequenas a grandes piscinas naturais, transformando-se em um dos pontos turísticos do município. No período seco, verifica-se a presença de vegetação de pequeno porte em algumas das gnammas, como mostra a figura A e B.

As bacias de dissolução se caracterizam como pequenas depressões fechadas de variadas formas e tamanhos, podendo ser circulares, elípticas ou ovais, cujo diâmetro é normalmente da ordem decimétrica a métrica (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005). As gnammas ou marmitas de dissolução como destaca (Bastos et al, 2021) quando são formadas em granitos como é o caso encontrado no local estão relacionados a enclaves iniciais, porém nem sempre estão ligadas a esse processo, mas sim como facilitador em sua formação. A origem das bacias de dissolução (weathering pits) e seu desenvolvimento ao longo do tempo ainda não é completamente explicada (GOUDIE, 2006). A maioria dos autores aceita o papel fundamental da estagnação da água da chuva nas depressões das superfícies das rochas; já outros indicam os processos químicos de solução como fundamentais; outros observam evidências de processos como a hidratação ou a ação mecânica da geada e do sal, além do intemperismo bioquímico (GOUDIE, 2006; MIGÓN, 2006a).

Tafoni são cavidades poligênicas e poliformes que se formam a partir da expansão de um núcleo que vai progressivamente sendo consumido pelo intemperismo (Romani,1994) a presença de formações de caneluras e de tafoni, como destaca-se a figura C

São bem evidentes em alguns maciços graníticos do município, também é possível destacar a presença de depósitos de tálus, que estão associados aos movimentos de massas como destaca a figura C e D.

Devido ao município está inserido no embasamento cristalino com presença de rochas ígneas, também se destaca a presença de grutas graníticas em algumas áreas do mesmo, (Palmer 2009), destaca que as grutas graníticas podem ser incluídas em pseudocarste. A gruta é considerada um dos pontos turísticos de Patu, o qual a gruta serviu de abrigo para o cangaceiro Jesuíno Brilhante.

## CONCLUSÕES

Este trabalho fornece dados importantes sobre o meio físico do município de Patu/RN com ênfase na geomorfologia. Essas informações podem ser utilizadas nas políticas de planejamento ambiental e ordenamento territorial do município.

A existência de blocos rochosos fraturados na área serrana, associados ao relevo íngreme, podem favorecer a ocorrência de movimentos de massa, sendo áreas, com risco geomorfológico.

A maior parte do município apresenta superfícies rebaixadas, neste cenário as serras com altitudes que podem chegar na cota dos 600m de altitude destacam-se pela sua imponência. Essas superfícies de cimeiras são locais com forte interesse geoturístico, sendo importantes medidas que acoplem a prática mencionada em conjunto com a geoconservação.

São necessários novos estudos na região com mapeamentos mais detalhados das formas de relevo e com identificação dos processos geomorfológicos, visando contribuir com o melhor entendimento das potencialidades e limitações do meio físico local. Neste cenário, a utilização de mapeamento geomorfológicos com a utilização de imagens de drones podem gerar informações extremamente relevantes para auxiliar o poder público nas políticas de planejamento e ordenamento territorial.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos pela colaboração da equipe do GEOPAS/UFRN (Grupo de Estudo em Geomorfologia e Paisagens Semiáridas) pelo apoio nas atividades de campo e na elaboração do trabalho. Agradecemos ao LAGESA/UFRN (Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia do Semiárido) pela infraestrutura oferecida. Por fim, agradecemos também os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

## REFERÊNCIAS

DANTAS, M. E.; FERREIRA, R. I. Domínio geomorfológico do Rio Grande do Norte. In: PFALZGRAFF, P. A. S.; MIRANDA, F. S. (org). **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte: Programa geologia do Brasil, Levantamento da geodiversidade**. Recife: CPRM, 2010, p.77-92. Disponível em:

[http://dspace.cprm.gov.br/bitstream/doc/16773/1/Geodiversidade\\_RN.pdf](http://dspace.cprm.gov.br/bitstream/doc/16773/1/Geodiversidade_RN.pdf). Acesso em: 07 jan. 2024.

DINIZ, M. T. M., OLIVEIRA, G. P. de, MAIA, R. P., & FERREIRA, B. (2017). Mapeamento Geomorfológico do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 18(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1255>

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande Do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, 35, 488-506, set./dez. 2015. Disponível em:

<https://revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/38839>. Acesso em: 07 jan. 2024.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, A. V. L. C, SOUZA, A.C.D. Mapeamento das unidades de paisagem do Estado do Rio Grande do Norte: Um enfoque nas regiões naturais. **Boletim**



Goiano de Geografia, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 342-364, mai./ago. 2018. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/54613>. Acesso em: 07 jan. 2024.

SARAIVA JUNIOR, J. C. KARREN AND GNAMAS IN AN INSELBERG OF THE STATE PARK PEDRA DA BOCA, PARAIBA (BRAZIL) / CANELURAS E BACIAS DE DISSOLUÇÃO NO PARQUE ESTADUAL DA PEDRA DA BOCA, PARAÍBA (BRASIL). William Morris Davis- **Revista de Geomorfologia**, [S. l.], v. 3, n. 2, 2022. Disponível em: [//williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/200](http://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/200). Acesso em: 14 jan. 2024.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/HzVFmgSwLWYVZYRztyNk9Jg/?lang=pt>. Acesso em: 14 jan. 2024.

GOUDIE, H. S. Karren. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006. p. 583-585.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. ANÁLISE AMBIENTAL – UMA PRÁTICA DA INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO E NA PESQUISA. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 7, n. 2, nov. 2011.

ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/168>. Acesso em: 07 jan. 2024.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE – IDEMA. **Perfil do seu Município**: Patu. 2008. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013921.PDF> >. Acesso 29 de jan de 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Normais Climatológicas do Brasil. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MIGÓN, P. **Geomorphological landscapes of the world: granite landscapes of the world**. Oxford University Press Inc., New York. 2006a. 417 p.

PEREIRA, P. J. S. **Patrimônio geomorfológico**: Conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho . 2007. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade do Minho, Braga, 2007. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6736?locale=fr>. Acesso em: 14 jan. 2024.

PORTO, V. R.; ALBUQUERQUE XAVIER, R.; LEITE DE SOUZA, N. R. Mapeamento e caracterização de trilhas na fazenda Salambaia como subsídio ao desenvolvimento do geoturismo e da geoconservação no semiárido paraibano. **Revista da ANPEGE**, [S. l.], 2022. DOI: 10.5418/ra2022.v18i36.15922. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/15922>. Acesso em: 14 jan. 2024.

PALMER, A.R. **Cave Geology. Estados Unidos**: Cave Books, Dayton, 454 p, 2009.



PEREIRA, P.; PEREIRA, D.; ALVES, C. A. **Património geomorfológico: da actualidade internacional do tema ao caso português**. Uminho.pt, 2014. Disponível em: [https://www.apgeo.pt/files/docs/CD\\_V\\_Congresso\\_APG/web/pdf/B3\\_14Out\\_Paulo%20Pereira.pdf](https://www.apgeo.pt/files/docs/CD_V_Congresso_APG/web/pdf/B3_14Out_Paulo%20Pereira.pdf). Acesso em: 07 jan. 2024.

ROMANI, J. R.V. Microformas graníticas tipo tafoni (cachola) y gnamma (pia): un micromodelado sin relacion con el clima o la estacionalidad. **Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe**: Revista de xeoloxía galega e do hercínico peninsular. N. 7, 1984, p. 273-280). Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4317365&orden=405836&info=link>. Acesso em: 07 jan. 2024.

FERNANDES DE PAIVA, L. M.; DE MEDEIROS, J. F. DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE MARCELINO VIEIRA, RN. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 175–191, 2019. DOI: 10.35701/rcgs.v21n2.481. Disponível em: //rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/481. Acesso em: 23 jan. 2024.

## GEOMORFOLOGIA DO MUNICÍPIO DE PARELHAS-RN NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Adrianny Marx Freitas  
Lucas Alves de Araujo  
Dênis dos Santos Hilário  
Daví do Vale Lopes

### INTRODUÇÃO

A análise integrada das paisagens é de extrema importância, podendo ser aplicada com fins técnicos diversos, como nos levantamentos cartográficos de uso e ocupação, nos estudos de impactos ambientais, na recuperação de áreas degradadas, entre outros (Machado et al., 2022). Nessa perspectiva, as rochas, os solos e os relevos estão sempre associados, funcionando como sistemas complexos que ocorrem nas paisagens, podendo guardar registros de condições e processos atuais e pretéritos (Souza et al., 2023).

A exploração dos recursos naturais, o crescimento das cidades, a falta de planejamento ambiental e de ordenamento territorial têm sido impactantes negativamente em relação à degradação ambiental e aos riscos para a sociedade. Diante desse cenário, a análise integrada da paisagem contribui para o planejamento e gestão do território, considerando o seu potencial e limitações (Ross, 2009). De acordo com Macêdo et al. (2015), é de fundamental importância a análise das paisagens em escala municipal, pois, é a partir desta que poderão ser mais bem planejadas as ações de uso e ocupação do território (Macêdo et al., 2015). Esse tipo de abordagem ainda é muito carente no semiárido brasileiro, ainda mais quando refere-se ao núcleo de desertificação do Seridó.

O objetivo deste trabalho foi fazer uma caracterização da geomorfologia do município de Parelhas-RN.

### MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado a partir da utilização dos seguintes procedimentos metodológicos:

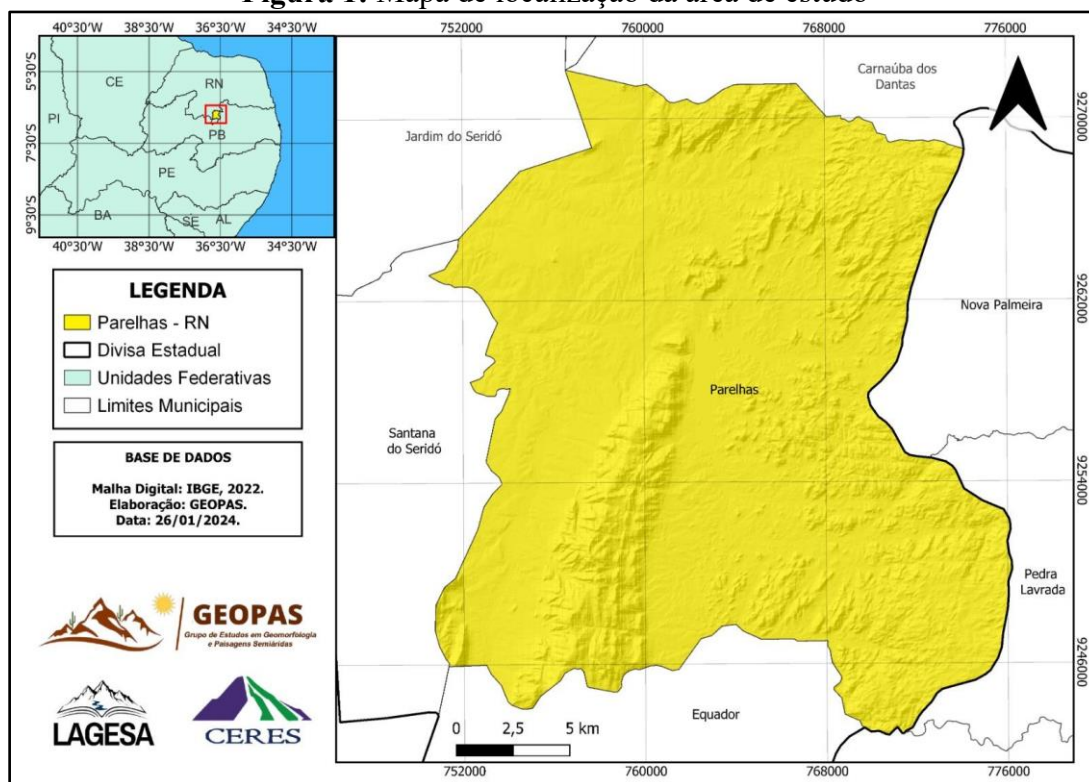
- i) Levantamento bibliográfico e cartográfico sobre a temática;
- ii) Confeção dos produtos cartográficos em ambiente SIG;
- iii) Realização de atividade de campo com o intuito de realizar o reconhecimento da área, identificação e caracterização das unidades de relevo e dos materiais associados a estas;
- iv) Reprocessamento dos dados e escrita do trabalho.

### ÁREA DE ESTUDO

Parelhas é um município do Rio Grande do Norte localizado na microrregião do Seridó Oriental, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população no ano de 2022 era de 21.499 pessoas, com uma área territorial de 513.507 km<sup>2</sup>. O município faz parte das regiões geográficas intermediária e imediata de Caicó-RN. Seus limítrofes são a norte Carnaúba dos Dantas e Jardim do Seridó, a sul Equador, a leste Nova Palmeira, Pedra Lavrada e São Vicente e a oeste Santana do Seridó e Jardim do Seridó (Figura 1). Os principais corpos hídricos do município são o Açude Boqueirão, que abastece a área urbana de Parelhas, Jardim

do Seridó e Carnaúba dos Dantas, além das comunidades vizinhas e o Açude Caldeirão que abastece o município de Santana do Seridó.

**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo



**Fonte:** Autores (2024).

### Análise da geologia

As informações geológicas do município foram obtidas através do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) utilizando uma folha referente à Província Seridó de 2019 na escala de 1:350.000. A legenda foi confeccionada com base no Mapa Geológico Província Mineral do Seridó, onde há uma descrição detalhada das unidades litoestatigráficas.

### Análise do relevo

Para a delimitação dos compartimentos do relevo do município utilizou-se o MDE (Modelo Digital de Elevação). A partir deste foi gerado o Mapa hipsométrico, o Mapa de declividade e o Mapa geomorfológico. A hipsometria foi gerada utilizando categorias na variável visual cor para cada 50 metros, gerando um gradiente que varia do verde escuro para áreas mais baixas, até um vermelho para as altitudes mais elevadas. O mapa de declividade foi gerado a partir do MDE, através da ferramenta “Reclassificação por Tabela”, onde foi adotada a metodologia proposta pela Embrapa (1979), com as seguintes classes: suave, suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado, extremamente ondulado e escarpado. Utilizou-se a adaptação de “extremamente ondulado” substituindo o termo “montanhoso”, o qual pode gerar confusão no entendimento das formas de relevo locais.

O mapa geomorfológico foi dividido nos seguintes compartimentos: Superfície Sertaneja II, Planaltos e Serras, Inselbergue, e Planícies e Terraços Fluviais. A altitude e a declividade foram os principais critérios utilizados para a delimitação dos compartimentos. A superfície Sertaneja II (SSJ II) foi compartimentada utilizando o critério da altimetria, de modo que vai de 251m a

400m de altitude, sendo estas as partes mais baixas do relevo na área de estudo. Este critério segue a proposta de Costa *et al.* (2020). As chapadas foram compartimentadas a partir da altimetria, litologia sedimentar, topo plano, visualizadas com o auxílio do mapa de declividade. Os planaltos e Serras foram classificados baseado principalmente na altimetria, iniciando a partir de 401 m de altitude, envolvendo formas com topos aguçados e convexos.

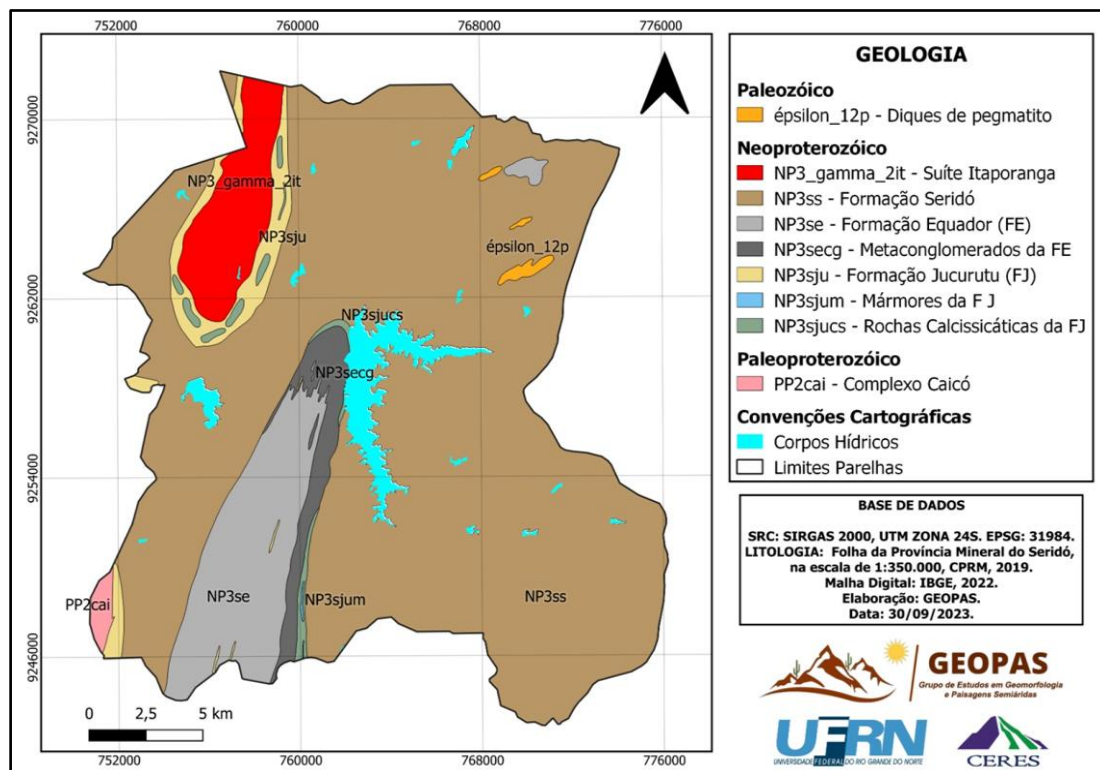
Por fim, as Planícies e Terraços Fluviais, por sua vez, foram delimitadas com o auxílio de um arquivo raster contendo declividades de 0-3% (suave). Os polígonos foram baseando-se na rede de drenagem, dessa forma, coincidindo com o modelado de acumulação fluvial.

## RESULTADOS

### Caracterização da geologia

O município de Parelhas está inserido na Província Estrutural da Borborema, constituído por litologias diversas (Figura 2). Na área encontram-se rochas associadas a Formação Itaporanga (NP2NP3Git) (como xistos, dioritos, gabros, gnaisses, granitos, granodioritos, entre outras), Formação Jucurutu (NP3sju) (anfibiólito; calcissilicática, formação ferrífera, gnaise; mármore; quartzito), Formação Equador (NP3seq) (metaconglogomerado e quartzito), Formação Seridó (composta por biotita-xisto, calcissilicática, granada-biotita-xisto; metaconglomerado; metarritmito; micaxisto; pegmatito; xisto), e Formação Caicó (PP2cai) (composta por anfibiólito; biotita-xisto; migmatito; mármore; gnaise; rocha metavulcânica) (Figura 2).

**Figura 2:** Mapa Geológico da área de estudo.



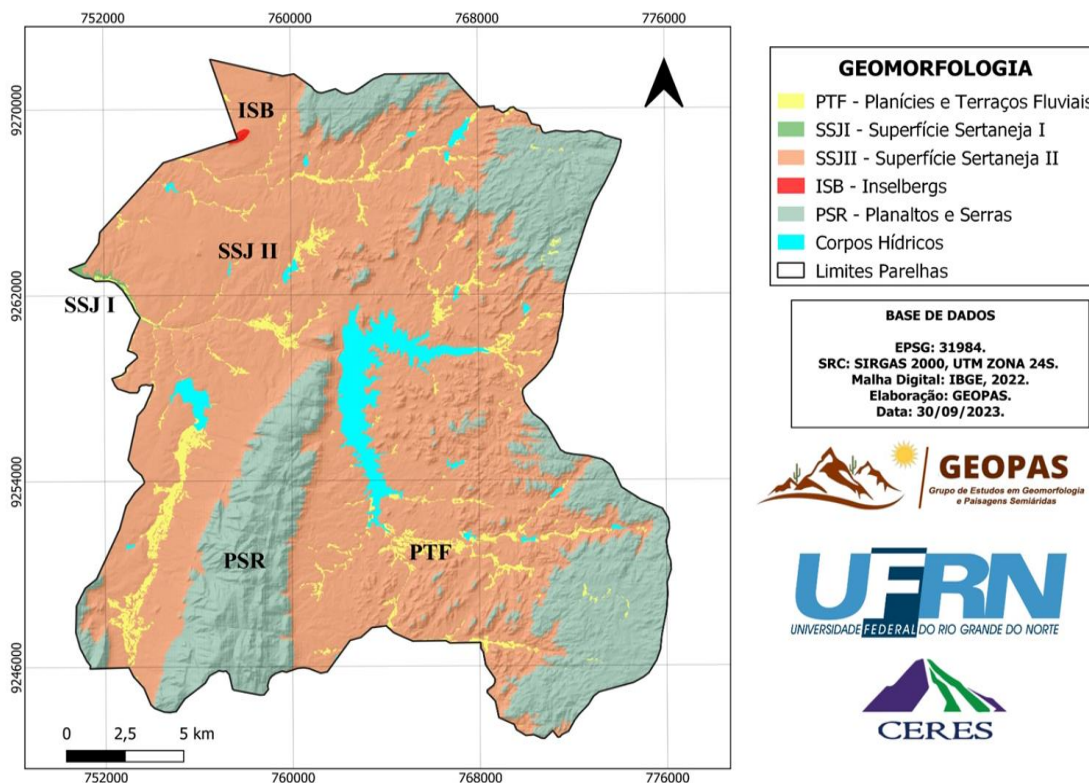
Fonte: Autores (2024).

### Caracterização da geomorfologia



Na área de estudo foram identificadas cinco unidades geomorfológicas: a) Superfície Sertaneja I; b) Superfície Sertaneja II; c) Planícies e Terraços fluviais; d) inselbergues; e) planaltos e serras (Figura 3). A Superfície Sertaneja II é a mais abrangente no município, nela existem alguns inselbergues que ocorrem de forma isolada (Figura 3). A Superfície Sertaneja I ocorre em uma pequena área a oeste do município (Figura 3).

**Figura 3:** Mapa Geomorfológico da área de estudo.

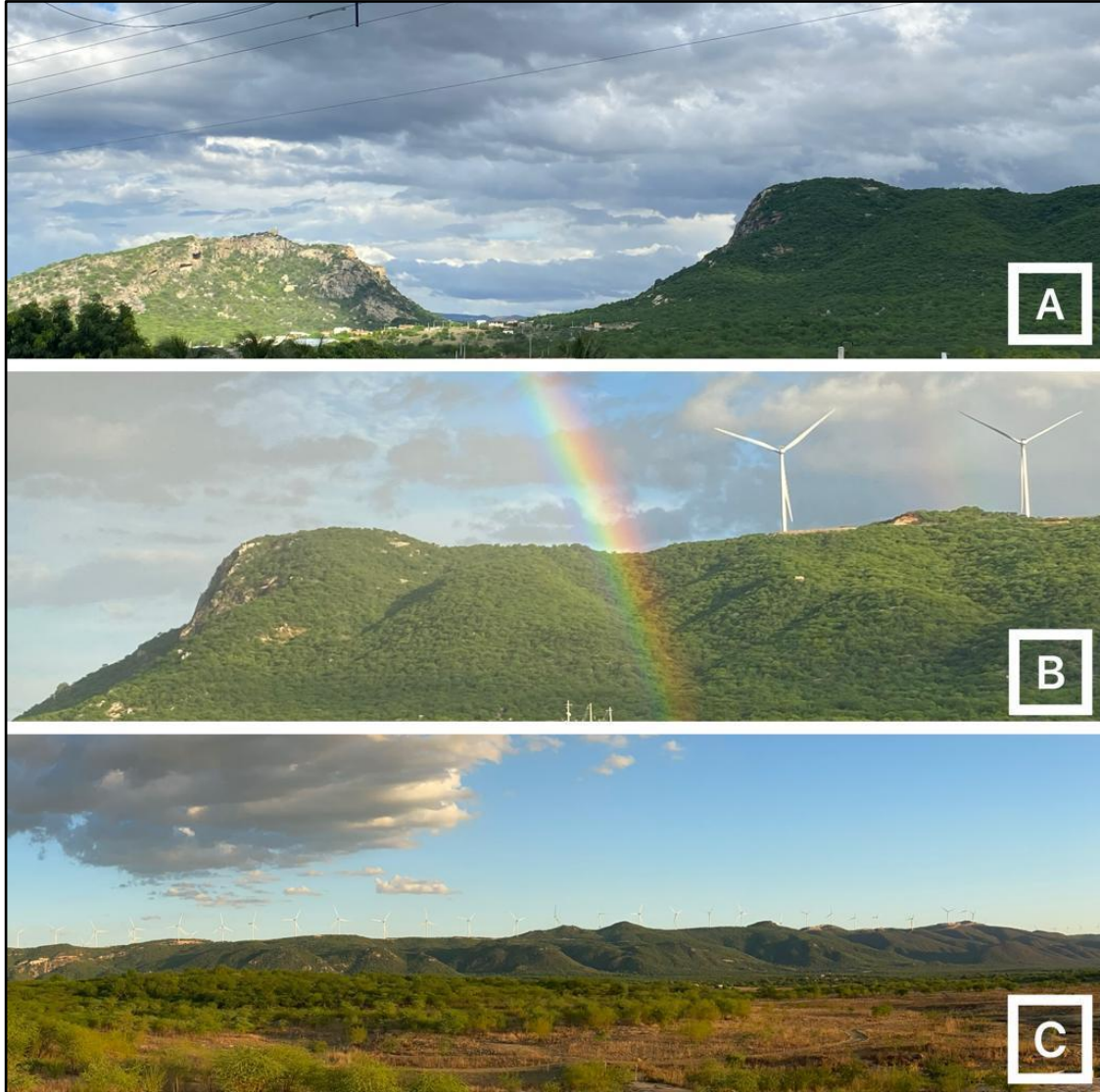


**Fonte:** Autores (2024).

As superfícies de cimeira do município estão associadas com os planaltos e serras, onde encontram-se muitas cristas, associadas principalmente aos quartzitos. Grande parte dessa unidade está associada com o Planalto da Borborema (Figura 4).



**Figura 4 :**(A) Área serrana localizada próximo a área urbana do município de Parelhas-RN; (B) representação da instalação de parques eólicos em seu topo; (C) Ambiente fluvial e ao fundo a serra da formação Equador próximo à divisa com Equador-RN.



**Fonte:** Autores, 2024.

Na área central em direção ao sul do município encontra-se uma grande serra com cristas alongadas, a qual exerce um forte controle sobre a drenagem e favorece o represamento hídrico, onde foi construído o Açude Boqueirão (Figura 5).

**Figura 5:** (A) Representação do Açude Boqueirão no município de Parelhas-RN; (B) Superfície sertaneja II e pequenos afloramentos rochosos com cobertura de vegetação; (C) Ambiente hídrico do município de Parelhas-RN e ao fundo as áreas serranas de controle estrutural do açude.



**Fonte:** Autores, 2024.

## DISCUSSÃO

No município de Parelhas-RN foram identificadas cinco (5) unidades geomorfológicas: a) Superfície Sertaneja I; b) Superfície Sertaneja II; c) Planícies e Terraços fluviais; d) inselbergues; e) planaltos e serras (Figura 3). A Superfície Sertaneja II é a mais abrangente no município, nela existem alguns inselbergues que ocorrem de forma isolada (Figura 3). De acordo com o IBGE (2009), os inselbergues são formas residuais que apresentam feições variadas formando crista, cúpula, domo ou "dorso de baleia", com encostas declivosas, normalmente no sopé existem depósitos de tálus, indicando a ação dos movimentos gravitacionais de massa. Essas formações são comuns nas depressões periférica e



interplantálticas, em áreas com erosão diferencial influenciada pela resistência litológica (IBGE, 2009). No presente estudo, optou-se pela denominação de Superfície Sertaneja ou Rebaixada em vez de Depressão Sertaneja, pois, é uma terminologia mais atual, seguindo as tendências do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR), o qual está em processo de elaboração (CEN/SBCR, 2022). Na área de estudo, os inselbergues estão associados a rochas cristalinas ligadas ao período geológico do pré-cambriano, mais especificamente ao substrato da Província geológica Borborema (Mascarenha et al., 2005; Angelim et al., 2006).

Grande parte das Superfícies Sertanejas I e II estão associadas às rochas da Formação Seridó (Figura 2). De acordo com Angelim et al. (2006), essa Formação pertence ao Grupo Seridó, e constitui na principal unidade litoestratigráfica da faixa dobrada em áreas de afloramento. Sua litologia apresenta dominância de micaxistos feldspáticos ou aluminosos, na porção inferior da formação ocorrem mármore, rochas calcissilicáticas, gnaisses, rochas metavulcânicas, quartzitos e metaconglomerados (Angelim et al., 2006; Bezerra et al., 2009).

Em suma, é possível observar na (Figura 3) a superfície sertaneja II onde destaca-se com maior representatividade a porção territorial da área de estudo caracterizada por um relevo plano. As características desse relevo delineiam um padrão de baixa drenagem no qual tende a propiciar uma menor eficiência no escoamento de água.

As superfícies de cimeira do município estão associadas com os planaltos e serras, onde encontram-se cristas, associadas principalmente aos quartzitos (Figura 2). Grande parte dessa unidade está associada com o Planalto da Borborema (Figura 3). Na área central em direção ao sul do município encontra-se uma grande serra com cristas alongadas, a qual exerce um forte controle sobre a drenagem e favorece o represamento hídrico, onde foi construído o Açude Boqueirão (Figura 3). De acordo com Santos et al. (2023) as Serras Ocidentais e Planalto da Borborema, possuem áreas com maiores declividades associados com rochas cristalinas, nessas superfícies predominam solos rasos e pouco desenvolvidos, como os Neossolos e Cambissolos.

A Serra supracitada está associada à Formação Equador (NP3seq), a qual possui predominância de quartzitos, rochas que destaca-se por sua capacidade de resistir à erosão. Essa é denominada de Serra do Boqueirão, também conhecida como Serra da Princesa devido seu formato ser parecido com o de uma mulher deitada. Na área tem-se abundância de recursos minerais, como a preciosa Turmalina Paraíba, além da extração de mármore, quartzito, entre outros.

Destaca-se ainda na Serra o forte potencial turístico, como por exemplo, pontos associados às atividades econômicas e/ou turísticas, como a capelinha e o Poço da Princesa (criado para fins de exploração de recursos minerais). Ainda na formação Equador (NP3seq) está presente o Geossítio Arqueológico Mirador, esse que conta com sua estrutura formada por predominantemente quartzitos e metaconglomerados, em suas rochas há presença de pinturas rupestres que registra sobre os antepassados da pré história, tornando o geossítio rico em valor geomorfológico e arqueológico. De acordo com Sales et al. (2022) a análise integrada da geodiversidade pode ser um subsídio para o geoturismo, valorização regional do semiárido e também preservação da caatinga, afinal, a fauna e flora dependem do substrato que dá suporte à vida.

Ao longo dos últimos anos, as áreas de serras e planaltos, também são palcos de forte interesse dos Parques Eólicos, os quais estão em acelerado processo de avanço pelo nordeste brasileiro. Destaca-se que muitas áreas de serras e planaltos do município, são importantes enclaves de vegetação bem preservada e refúgios da fauna. Além disso, essas áreas são problemáticas quanto ao uso e ocupação do espaço, devido à existência de vertentes declivosas, associadas com grande ocorrência de blocos rochosos soltos (sendo comum a ocorrência de *boulders*), sendo áreas muito suscetíveis aos processos gravitacionais de massa.

No que tange as planícies e os terraços fluviais, podemos destacar principalmente a influência dos rios intermitentes e efêmeros localizados tanto nas proximidades do Açude Dix-sept Rosado e Açude Boqueirão como também nas “*Bajadas*” que tem sua influência sobre a sucessão de depósitos aluviais que se unem.

De frente a parte de sotavento da Serra do Boqueirão, encontra-se o Açude Dix-Sept Rosado, também conhecido como Açude do Estado. Este possui suas águas poluídas devido ao lançamento de esgotos das residências do município. Este corpo hídrico sofre com os prolongados períodos de estiagem, o que acaba agravando o problema da poluição, gerando odor desagradável para a população que vive nas proximidades.

O maior Corpo Hídrico do Município de Parelhas é o Açude Boqueirão, reservatório este que possui 8,5 milhões de metros cúbicos de capacidade de água. Recentemente no ano de 2023 o mesmo chegou a ficar apenas com 5% de sua capacidade hídrica, sendo assim, pode-se afirmar que atualmente o nível de água está abaixo dos 5%, já que entre o ano de 2023 até o presente momento de 2024 as chuvas ainda estão escassas no Município de Parelhas, fato que muito preocupa toda a população local e de cidades vizinhas, tendo em vista que o Açude Boqueirão abastece as cidades Jardim do Seridó e Carnaúba dos Dantas, além dos povoados como Juazeiro e Santo Antônio.

Essas áreas que são frutos dos processos hidrogeomorfológicos apresentam de todo modo, semelhança em sua formação, como pode ser observado na (Figura 3) o exutório dessas áreas se apresentam de forma plana relevando-se a sua formação a partir da junção dos rios que ligam sobre os seus reservatórios, facilitando assim a formação dessas planícies.

O Açude Caldeirão, com capacidade de 1.000 m<sup>3</sup>, está localizado entre o Município de Parelhas e Santana do Seridó, o que favoreceu para o abastecimento de Santana do Seridó durante muitos anos, mas atualmente, encontra-se impossibilitado desse benefício, devido a escassez de chuvas o açude entrou em estado crítico em relação ao seu baixo volume de água.

Nesse tocante, toda a parte da planície e terraços fluviais do açude caldeirão estão localizados na superfície sertaneja II, conforme pode ser observado na (Figura 3) ao WSW-SW. Dessa forma, no contexto de chuvas irregulares e torrenciais há uma propensão em que a morfogênese acaba predominando sobre a pedogênese (Silva et al., 2022). Além disso, verifica-se uma intensificação notável dos processos erosivos, o que acaba culminando na degradação do solo e, conseqüentemente, promovendo o assoreamento dos corpos hídricos (Silva et al., 2022). Posto isto, ainda cabe salientar, que a área está localizada na superfície sertaneja, no qual, a sua origem está associada principalmente à dinâmica do aplainamento, decorrente de regiões semiáridas (Vital et al., 2021). É válido ressaltar que o entendimento dos ambientes fluviais e da sua dinâmica tem muito a contribuir com o planejamento ambiental e questões associadas ao uso e ocupação, haja vista que o crescimento das cidades muitas vezes ocorre em direção aos canais fluviais (Silva et al., 2023).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização do meio físico é essencial para promover uma divulgação mais abrangente do conhecimento geocientífico e aumentar a sua valorização e compreensão.

Em suma, investir na ampliação do conhecimento do meio físico local, promover a conscientização sobre sua importância e implementar práticas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais são medidas cruciais para garantir a preservação e valorização da geodiversidade.

Na área de estudo foram identificadas cinco unidades geomorfológicas: a) Superfície Sertaneja I; b) Superfície Sertaneja II; c) Planícies e Terraços fluviais; d) inselbergues; e) planaltos e serras.

As Superfícies Sertanejas são marcadas pela existência de pavimentos pedregosos e a monotonia do relevo nestas unidades é quebrada pela existência de alguns inselbergues. As áreas com planícies e terraços fluviais são pouco extensas, porém, são muito importantes para os sertanejos, devido a existência de recursos hídricos, muitas vezes encontrados na forma de cacimbas escavadas nos leitos dos rios. As áreas de serras e planaltos possuem muitos blocos rochosos, sendo áreas de risco geomorfológico por movimentos de massas.

O município de Parelhas-RN ainda possui muitas lacunas em relação ao conhecimento do seu meio físico, as informações sobre a geologia, solos e relevo ainda carecem de estudos mais detalhados, dessa forma são necessários estudos futuros com mais geração de dados primários e com a produção de mapas com maior escala de detalhe.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos pela colaboração da equipe do GEOPAS/UFRN (Grupo de Estudo em Geomorfologia e Paisagens Semiáridas) pelo apoio nas atividades de campo e na elaboração do trabalho. Agradecemos ao LAGESA/UFRN (Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia Aplicada) pela infraestrutura oferecida. Por fim, agradecemos também os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

## REFERÊNCIAS

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**. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006.

BEZERRA, F. H. R.; AMARAL, R. F.; SILVA, F. O.; SOUZA, M. O. L.; FONSECA, V. P.; VIEIRA, M. M. **Nota explicativa da folha Jardim do Seridó, SB.24-Z-B-V.**[S.1]: Escala 1:100.000. CPRM, 2009. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18296>. Acesso em: 10 de jan. 2024.

COMITÊ EXECUTIVO NACIONAL – CEN/SCBR. Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SCBR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. **Revista Brasileira de Geografia**. v.67, n.2, p.212 - 227, 2022.

IBGE. **Manual técnico de pedologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p.

IBGE. **Manual técnico de Geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

MACÊDO, Ricácia; SOUZA, Carliana; COSTA, Diógenes, **Análise do uso e cobertura do solo no município de Parelhas-RN**. Revista do CERES. Caicó, v. 1 n. 2 p. 58-61, 2015. <https://periodicos.ufrn.br/Revistadoceres/article/view/15135>



MACHADO, D. F. T.; CASTRO, S. S.; LADEIRA, F. S. B. A Geopedologia como abordagem metodológica para o levantamento de solos: uma breve discussão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 2022. p. 1835-1857.

MASCARENHA, J. C.; Beltrão, B. A.; ROCHA, D. E. J. G. A.; JUNIOR, L. C. S.; PIRES, S. T. M.; CARVALHO, V. G. D. **Projeto de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Parelhas/RN Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.** Disponível em: [https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/17038/1/rel\\_parelhas.pdf](https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/17038/1/rel_parelhas.pdf). Acesso em: 27 de dez. 2023.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo, Oficina de textos, 2009.

SALES, E.L.V., LOPES, D.V., SOUZA, S.F., REIS, J.S. Análise integrada da geodiversidade no município de Acari-RN, semiárido brasileiro. **International Journal Semiarid**. Ano 5 Vol. 5 ISSN: 2764-6203 p. 418 – 428, 2022.

SANTOS, H.G.; et al., **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

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 (2023) 1776-1792.

SILVA, I.G., ASSIS, T.M.F., SILVA, L.A., LOPES, D.V., REIS, J.A. Geociências e educação ambiental no semiárido: estudo de caso na Reserva Ecológica Olho d'água das Onças. **International Journal Semiarid**. Ano 5 Vol. 5 ISSN: 2764-6203 p. 465 – 476, 2022.

SILVA, M.J.M.; HILÁRIO, D.D.S.; SOUZA, S.F.F.; SANTOS, J.Y.G.; LOPES, D.V. Morfologias fluviais em ambiente semiárido: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Seridó, Brasil. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1–15, 2023.

SOUZA, D.V., SPINOLA, D., SANTOS, J.C., TATUMI, S.H., YEE, M., OLIVEIRA, R.A.P., ELTINK, E., LOPES, D.V., SPÖLT, 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 semiarid region of northeast Brazil. **Catena**, v. 226, 2023. p. 107092.

VITAL, S.R.; SANTOS, A.S.; SANTOS, C.L. Mapeamento geomorfológico da região do Seridó, estado do Rio Grande do Norte. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1–15, 2021.

## CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CARNAÚBA DOS DANTAS – RN, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Maykon Jonata Medeiros da Silva  
Dênis dos Santos Hilário  
Daví do Vale Lopes

### INTRODUÇÃO

A análise das formas de relevo, os materiais que as compõem, os processos e os fenômenos que nelas atuam têm sido ao longo do tempo não somente objeto de estudo da geomorfologia, mas de outras áreas do conhecimento, especialmente ligadas às Geociências (Florenzano, 2008; Pentead, 1980). Nessa perspectiva, a valorização dos estudos interdisciplinares na ciência moderna tornou-se imprescindível o uso de abordagens sistêmicas, do qual promove o entendimento dos fatores condicionantes da configuração ambiental e do papel de cada variável na transformação dos espaços, que podem ser alterados naturalmente ou por ações antrópicas (Silva *et al.*, 2022; Sochava, 1977; Souza e Corrêa, 2012; Ross, 2009; Sales *et al.*, 2022; Souza *et al.*, 2023).

Nesse cenário, a análise integrada da paisagem mediante aos atuais e crescentes avanços dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e do sensoriamento remoto (SR), ofertam equipamentos como satélites, radares e sensores remotos, em que através de métodos e técnicas de geoprocessamento tornam-se um importante subsídio para os estudos de cartografia e mapeamento geomorfológico, possibilitando compreender as fragilidades e potencialidades das formas de relevo de dada área (Florenzano, 2008), sendo um excelente mecanismo para o planejamento e ordenamento territorial (Santos, 2004; Diniz *et al.*, 2017).

Entretanto, apesar disso se faz presente ainda a falta de trabalhos que visem integralizar metodologias clássicas para aplicação em diversas finalidades ambientais em várias regiões do Brasil. Dessa forma, os estudos se fragmentam em várias áreas distintas, especialmente no semiárido brasileiro, na região do Seridó, do qual carecem de informações geomorfológicas (Vital; Santos; Santos, 2021), especificamente no município de Carnaúba dos Dantas-RN, escopo desse trabalho.

Além disso, são escassas as pesquisas que visem a elaboração de mapeamentos geomorfológicos para o semiárido brasileiro, do qual engloba uma área de grande escala, por sua vez, dificultando o desenvolvimento de estudos geomorfológicos ao nível de detalhe (Lima; Cunha; Filho, 2013; Ferreira, 2010) direcionados para estudos com outras finalidades, como fragilidade e planejamento ambiental, áreas urbanas e riscos ambientais, desertificação, dentre outros.

Todavia, ressalta-se que ao longo das últimas décadas diversas porções desse espaço, como a região do Seridó, vêm recebendo atenção quanto a sua potencialidade para os setores eólico e minerário, onde a expansão desses necessitam de compreensão dos processos morfogenéticos e morfodinâmicos, abarcando municípios, que estão inseridos dentro desse contexto energético, como unidades de análise podendo auxiliar às questões de planejamento ambiental e

ordenamento territorial. Ademais, a mesma se faz presente dentro em um dos quatro núcleos de desertificação do Brasil, junto com Gilbués (PI), Irauçuba (CE) e Cabrobó (PE) (MMA, 2007).

Nessa conjuntura, ressalta-se que o município de Carnaúba dos Dantas-RN enquadra-se atualmente como um ponto estratégico e preocupante, com estimativa para o recebimento de 9 parques eólicos, com 102 aerogeradores, provenientes do Complexo Eólico Pedra Lavrada, correspondendo a uma área de 481,45 ha, a maior em todo complexo. Entretanto, diversos impactos estão condicionados a essa atividade. Silva, Nascimento e Mansur (2019 *apud* Hjort *et al.* 2015) comentam que a destruição das formas do relevo, fragmentação da integridade do sítio e perda das relações entre elementos, interrupção dos processos geomorfológicos, mudanças no regime dos solos e da água, dentre outras questões; estão eminentemente associados com a implantação.

Outrossim, destaca-se também o acentuado processo de desertificação que a cidade está inserida, sendo um dos 6 municípios do núcleo de desertificação do Seridó, localizado no centro do “polígono das secas”, resultado este relacionado a fatores climáticos, processos pedogenéticos e intervenções antrópicas (Perez-Marin *et al.* 2012; Melo, 2017).

Diante disso, se faz necessário a realização de estudos de mapeamento geomorfológico, promovendo significativamente para disseminação e contribuição do desenvolvimento como em municípios, compreendendo os percalços causados pelo uso do território, assim como servir de base para tomada de ações e medidas sustentáveis, mitigatórias e compensatórias (Vital; Santos; Santos, 2021).

Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização e mapeamento geomorfológico do município de Carnaúba dos Dantas-RN, semiárido brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

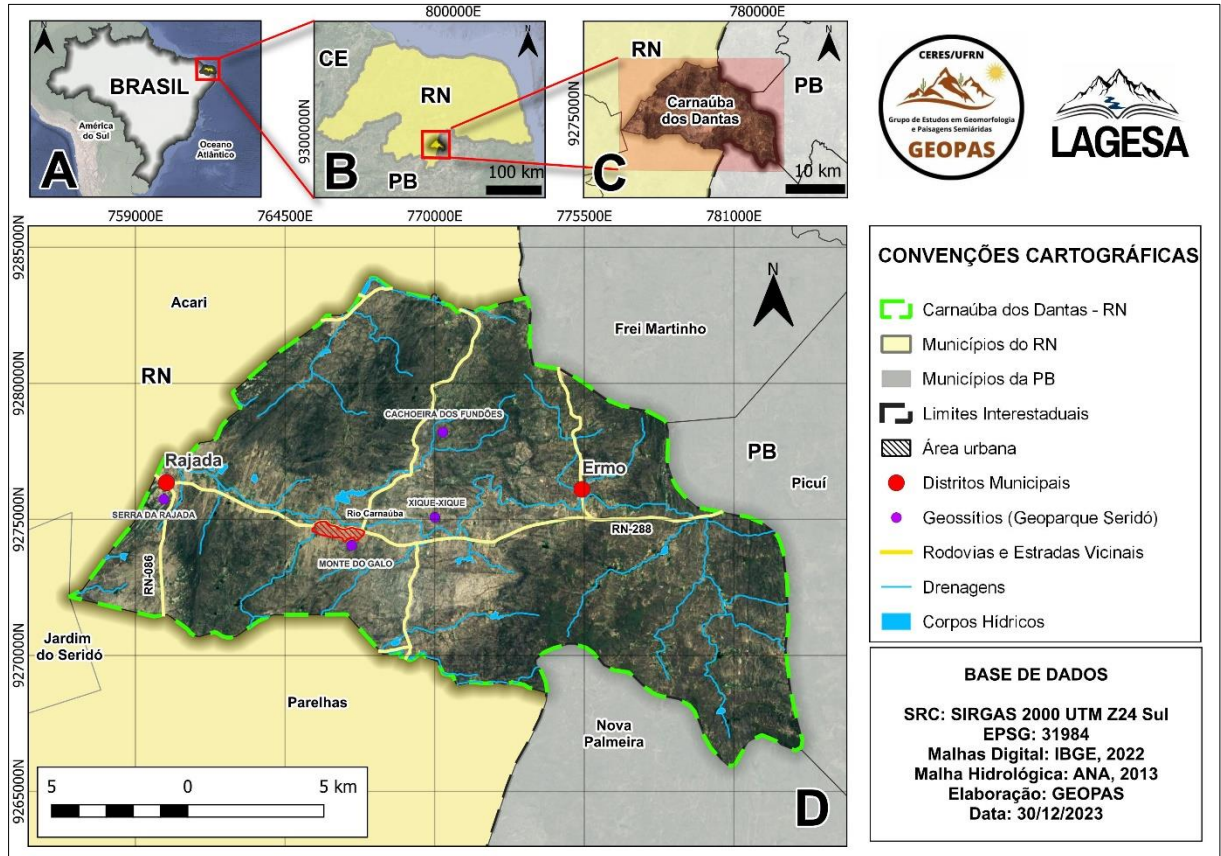
Para a realização deste estudo seguiu-se a seguinte ordem de procedimentos metodológicos: 1) Levantamento bibliográfico e cartográfico da temática do estudo assim como sua área de abrangência; 2) Confecção dos produtos cartográficos em ambiente SIG; 3) Realização de atividade de campo para o reconhecimento da área, identificando e mapeando os diversos compartimentos do relevo, bem como o destaque para a contextualização da área frente aos aspectos geológicos locais; 4) Reprocessamento dos dados, confecção de tabelas e escrita.

## ÁREA DE ESTUDO

O município de Carnaúba dos Dantas está situado no estado do Rio Grande do Norte, na porção centro-sul da microrregião do Seridó Oriental, semiárido brasileiro, com uma poligonal de aproximadamente 246 km<sup>2</sup>, delimitado pelas coordenadas UTM Zona 24 Sul, nos meridianos 9265000 mN e 9285000 mN e nos paralelos 759000 mE e 781000 mE, limitando-se ao Norte com o município de Acari, ao Sul com Parelhas, a Oeste com Jardim do Seridó, e a Leste com Picuí no estado da Paraíba (IBGE, 2023) (Figura 1). Os principais geossítios encontrados na cidade são o Xiquexique, o Monte do Galo, a Serra da Rajada e a Cachoeira dos Fundões, conforme dados do projeto Geoparque Seridó. Porém, dados do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) apontam 37 sítios arqueológicos na área, muitos desses associados ao Complexo Geomorfológico Riacho do Bojo localizado ao norte do município,

acomodando a maior concentração em toda a região do Seridó (Nóbrega; Araújo, 2015; Medeiros, 2003) (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização do município de Carnaúba dos Dantas-RN



Fonte: Autores (2024)

### Análises de gabinete

Neste estudo, para a caracterização da área foram elaborados produtos cartográficos em ambiente SIG, a partir do geoprocessamento com a utilização do *software* QGIS (2023) na versão 3.28. Utilizou-se informações tocante a malha digital com os limites e divisas das unidades territoriais do Brasil, adquiridas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), dados acerca da geologia regional segundo CPRM (Serviço Geológico do Brasil), dados da rede hidrográfica da ANA (Agência Nacional de Águas), dados da geomorfologia da área do BDIA (Banco de Dados de Informações Ambientais), e dados de elevação da área, delimitados através do MDE (Modelo Digital de Elevação) da Copernicus DSM com resolução espacial de 30m. O MDE foi baixado através do plugin OpenTopography.

### Análise da geologia

O mapa de geologia da área de estudo foi elaborado a partir de um arquivo vetorial obtido através da CPRM. Foi utilizada a folha referente à Província Seridó de 2021 na escala de 1:350.000. A legenda foi confeccionada com base no Mapa Geológico da Província Mineral do



Seridó. Foram seguidas as descrições detalhadas das unidades litoestratigráficas assim como as convenções estruturais, ambas adotadas pela CPRM.

### **Análise da hidrografia**

Para a delimitação da rede hidrográfica da área foi realizado um pré-processamento com o intuito de eliminar as depressões espúrias (vazios de dados) do MDE. Isso foi feito através da ferramenta *r.fill.dir* do complemento GRASS GIS PROVIDER, após isso passou-se para a etapa de geração dos produtos hidrológicos.

O primeiro passo consistiu na geração dos seguintes produtos utilizando a ferramenta *r.watershed*: segmentos de fluxo, números de células, direção de fluxo e sub-bacias. Todos estes foram gerados em formato raster. Os segmentos de fluxo foram convertidos para vetor do tipo linear com o auxílio da ferramenta *r.to.vect*, assim foi obtida a rede de drenagem do município.

Utilizou-se a ferramenta do GRASS: *r.water.outlet*, baseando-se nos valores de elevação (contido no MDE) para demarcar a rede de drenagem quando indicado seu ponto de exultório, resultando assim na classificação por ordem dos rios. Após isso, o raster gerado foi convertido em arquivo vetorial com *shapefile* gerado do tipo área. Tudo isso foi realizado com o MDE no Sistema de Referência de Coordenadas WGS84. Por fim, os produtos obtidos foram reprojatados para o Datum SIRGAS 2000 UTM Zona 24 Sul (EPSG: 31984).

### **Análise do relevo**

Para a delimitação dos compartimentos do relevo, utilizou-se o MDE, gerando os seguintes produtos: 1) Mapa hipsométrico; 2) Mapa de declividade 3) Mapa geomorfológico. A hipsometria foi gerada utilizando a ferramenta do GRASS, a *r.recode*, que permite criar classes referentes aos dados de altimetria contidos no MDE, gerando um raster que segue os critérios estabelecidos pelo o usuário. No caso deste trabalho, escolheu criar categorias na variável visual cor para cada 50 metros, gerando um gradiente que varia do verde escuro para áreas mais baixas, até um vermelho para maiores altitudes.

O mapa de declividade foi gerado a partir do MDE, através do menu Raster, em seguida da opção de análise e selecionando a opção declividade, onde foi escolhida a unidade em porcentagem. Em seguida, o raster foi gerado e reclassificado, através da ferramenta “Reclassificação por Tabela”, onde foi adotada a metodologia proposta pela Embrapa (1979) de classes de relevo, sendo elas: suave, suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado, extremamente ondulado e escarpado.

O mapa geomorfológico foi dividido nos seguintes compartimentos: Superfície Sertaneja I e II, Planaltos e Serras, Chapadas, Inselbergue, e Planícies e Terraços Fluviais. A altitude e a declividade foram os principais critérios utilizados para a delimitação dos compartimentos.

A superfície Sertaneja I (SSJ I) e II (SSJ II) foi compartimentada utilizando o critério da altimetria, de modo que a SSJ I vai até 250m e SSJ II de 251m a 400m de altitude, sendo estas as partes mais baixas do relevo na área de estudo. Este critério segue a proposta de Costa *et al.* (2020).



As chapadas foram compartimentadas a partir da altimetria, litologia sedimentar, topo plano, visualizadas com o auxílio do mapa de declividade. Os planaltos e Serras foram classificados baseado principalmente na altimetria, iniciando a partir de 401m de altitude, envolvendo formas com topos aguçados e convexos.

Por fim, as Planícies e Terraços Fluviais, por sua vez, foram delimitadas com o auxílio de um arquivo raster contendo declividades de 0-3% (suave). Os polígonos foram baseando-se na rede de drenagem, dessa forma, coincidindo com o modelado de acumulação fluvial.

## RESULTADOS

### Caracterização geológica

A área de estudo está geologicamente inserida em uma região pertencente a Província Borborema, definida por Almeida *et al.* (1977), especificamente no Domínio Rio Piranhas-Seridó, no extremo nordeste da Faixa Seridó (Carvalho, 2021; Angelim *et al.* 2006). A Faixa Seridó, o arcabouço litoestratigráfico é constituído inicialmente pelo embasamento gnáissico-migmatítico de alto grau metamórfico com idade arqueana (Complexo Amarante e Corpo Serra do Ingá) a paleoproterozóica (Complexo Arábia e Complexo Caicó) (Costa *et al.* 2023). Sobrepostas a essa unidade, encontra-se uma megasequência de rochas supracrustais metassedimentares e metavulcânicas deformadas e predominantemente formadas no neoproterozóico, a qual constituem o Grupo Seridó (Bezerra *et al.* 2009).

O Grupo Seridó é representado por três associações litoestratigráficas distintas: I) na base (unidade inferior) apresenta a formação Jucurutu (NP3jus, NP3sjum, NP3sjucs) composta por litologias subdivididas em paragneisses basais, com intercalações de mármore, calciossilicáticas, micaxistos, formações ferríferas (BIF'S), quartzitos, e rochas metavulcânicas (Costa *et al.*, 2023; Bezerra *et al.*, 2009; Jardim de Sá; Salim, 1980; Jardim de Sá, 1984; 1994). II) no meio (unidade intermediária) corresponde a formação Equador (NP3se, NP3secg), a qual predomina quartzitos e metaconglomerados (Cavalcante *et al.*, 2016). III) no topo (unidade superior) ocorre a formação Seridó (NP3ss) constituída por micaxistos de mineralogias variadas, com intercalações de mármore e rochas calciossilicáticas (Costa *et al.*, 2023; Jardim de Sá; Salim, 1980; Jardim de Sá, 1984; 1994).

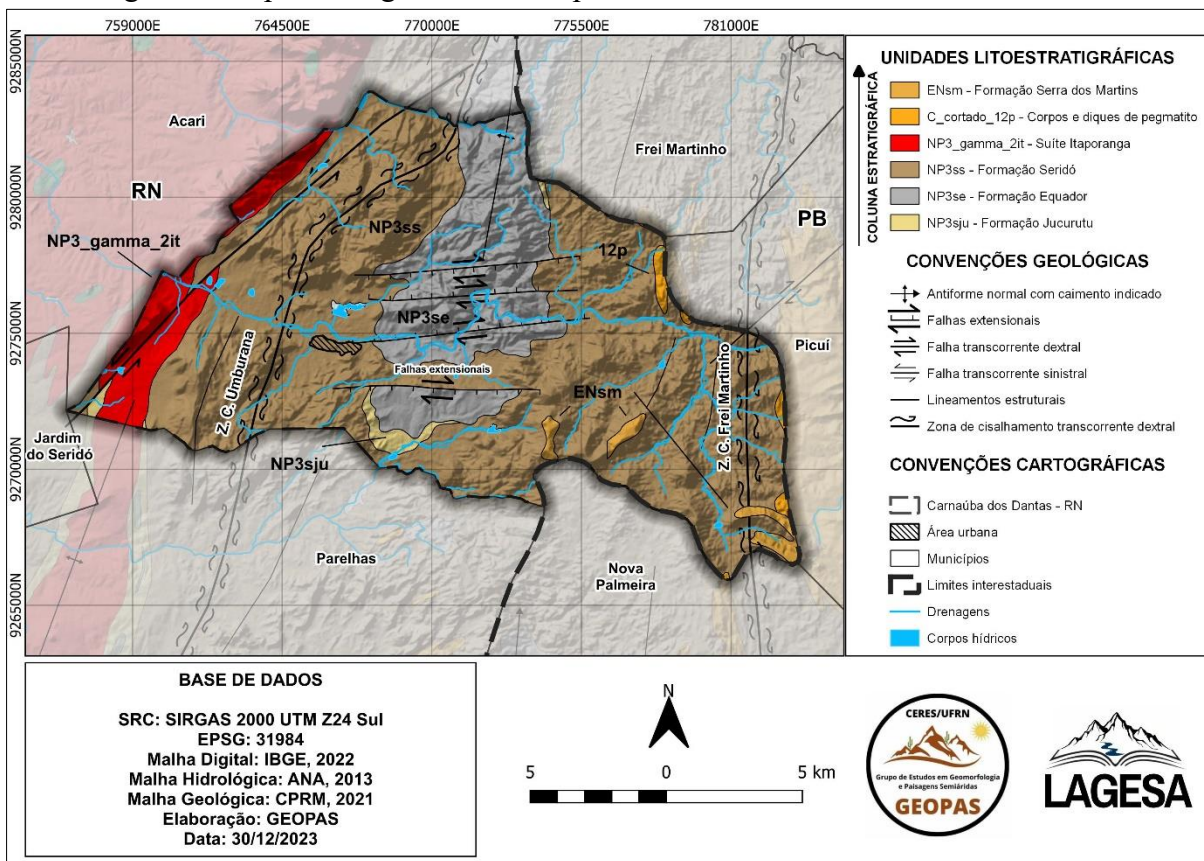
Além disso, salienta-se também as diversas intrusões graníticas (granitos, granitos pegmatoides e pegmatitos) associados ao magmatismo brasileiro/cambriano, especificamente no neoproterozóico superior e no fanerozoico cambriano, do qual cortam as litologias do Grupo Seridó, originadas no neoproterozóico; e do embasamento cristalino arqueano/paleoproterozóico (Bezerra *et al.*, 2009; Costa *et al.* 2023). Ademais, destaca-se também a sequência de litologias sedimentares cenozóicas, que recobre as porções mais altas da região, como a Formação Serra dos Martins (Paleógeno/Neógeno), ou que constitui os depósitos continentais aluvionares (Quaternário) (Bezerra *et al.*, 2009).

Na área de estudo, mediante o contexto geológico, são encontradas as seguintes unidades litoestratigráficas: I) O complexo gnáisso-migmatítico de idade arqueana a paleoproterozóica, do qual não aflora na área, sendo sua observação feita sob correlações estratigráficas regionais ou áreas adjacentes (Carvalho, 2021); II) O grupo Seridó, sotoposto ao complexo, de idade neoproterozóica, compreendendo na base a Formação Jucurutu (NP3sju) classificada como

biotita-gnaisses, podendo conter anfibólio, com textura granoblástica a granolepidoblástica (Costa *et al.* 2023); No meio a Formação Equador (NP3se) formada por quartzitos muscovíticos e feldspáticos a puros, portando turmalinas pretas, aflorando em sua maior parte na porção central da área (Carvalho; Souza; Oliveira, 2022); E no topo a Formação Seridó (NP3ss) compreendendo rochas do tipo biotita-xistos a clorita-sericita-xistos e metarrimitos, recobrando a maior parte do município. Os micaxistos contêm feldspatos ou minerais aluminosos de médio a alto grau metamórfico, localmente restritos a baixo grau metamórfico (Carvalho, 2021; Jardim de Sá; Salim, 1980) III) As injeções graníticas Suíte Itaporanga (NP3gamma\_2it) e Pegmatítica (C\_Cortado\_12p) compreendendo as rochas encaixantes que intrudiram o grupo Seridó e o embasamento. A Suíte Itaporanga, localizadas na porção oeste da área, é de natureza calcialcalina de médio a alto grau potássico, apresentando granitos e granodioritos, por vezes associados a dioritos. Petrograficamente, é representada por anfibólio-biotita ou biotita-monzogranitos, variando a quartzo monzonitos, sienogranitos ou granodioritos (Carvalho, 2021; Costa, 2015); E os Corpos e Diques de Pegmatito, do qual são descritos como corpos alongados constituindo megacristais de feldspato potássico, quartzo e muscovita e, menos frequentemente, biotita, turmalina, granada, columbita-tantalita, berilo (esmeralda e água marinha) e espodumênio (Carvalho, 2021; Cavalcanti Neto, 2008), localizados na porção leste do município; IV) A formação Serra do Martins (ENsm) compreendendo a sequência sedimentar do qual recobre as partes mais elevadas do município, localizadas na porção sudeste; V) E por fim os Depósitos Sedimentares Aluvionares diversos (Q1a, Q2a, Q2apa), associados as coberturas que capeiam as partes mais rebaixadas da área ao longo de toda a rede de drenagem, não constados no mapa (Figura 2).

Demais a mais, salienta-se também a presença de estruturas regionais de deformação rúptil, exibindo direções NNE-SSW, NE-SW (Zonas de cisalhamento Umburana e Frei Martinho) e E-W (Falhas extensionais), além de intenso fraturamento (lineamentos estruturais). Esse sistema de falhas fora ocorrido sob a influência da Orogênese Brasileira, por sua vez, impactando na direção dos litótipos da área (principalmente na Suíte Itaporanga e nos Corpos e Diques de Pegmatito), e na descarga de sedimentos para a formação dos depósitos aluvionares em torno da rede de drenagem (Carvalho; Souza; Oliveira, 2022; Jardim de Sá, 1994; Angelim *et al.*, 2006; Mutzenberg, Tavares, Corrêa, 2005) (Figura 2).

Figura 2: Mapa Geológico do município de Carnaúba dos Dantas-RN



Fonte: Autores (2024) adaptado de CPRM (2021)

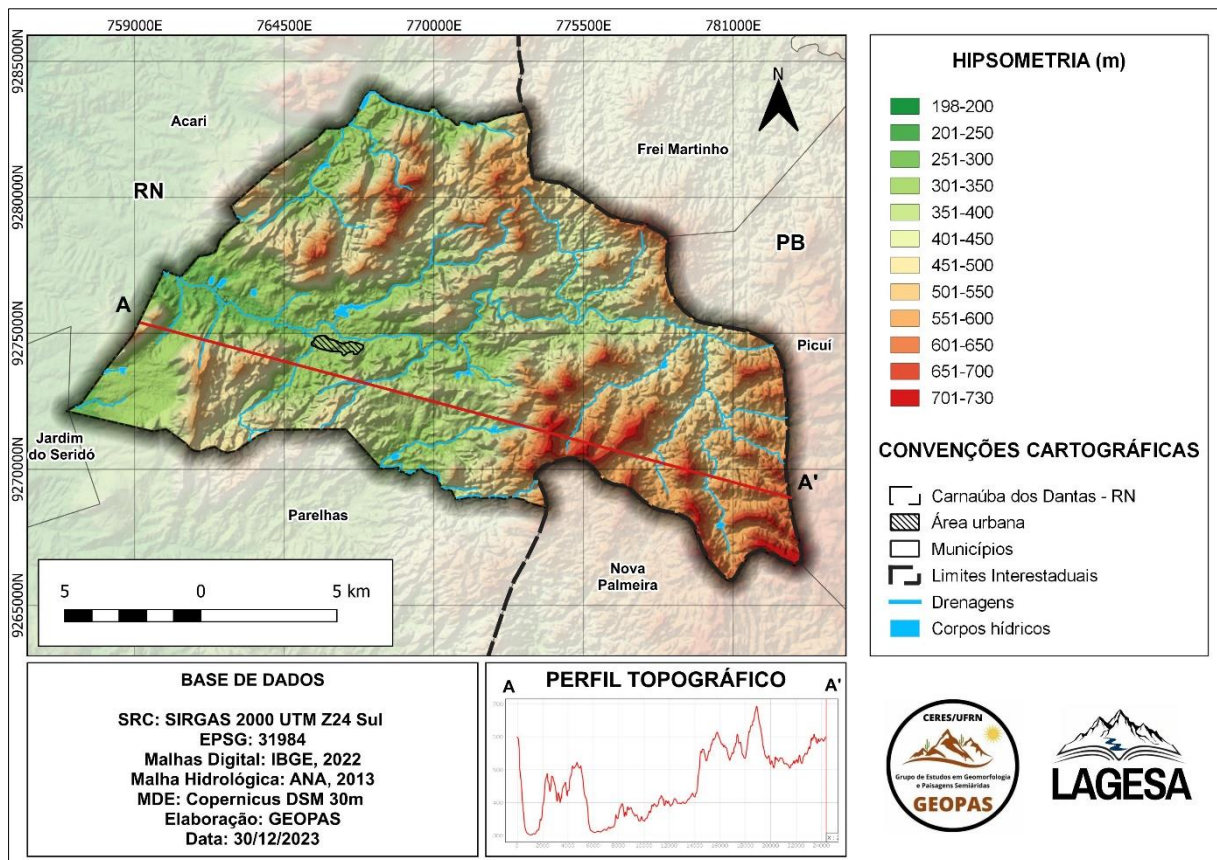
### Caracterização geomorfológica

O município está inserido geomorfológicamente no domínio do Planalto da Borborema e da Depressão Sertaneja, exibindo formas de relevos ondulados e dissecados dispendo de vales em forma de U e V, onde a evolução geomorfológica se deu sob o regime de esforços tectônicos condicionados pelas falhas extensionais de direção E-W, mas sobretudo pelas Zonas de Cisalhamento Umburana e Frei Martinho paralelas a Zona de Cisalhamento Picuí-João Câmara de direção NE-SW; e ao regime morfoclimático, influenciando para o comportamento atual das cristas retilíneas, assim como para a dissecação e formação dos modelados, e na configuração da rede de drenagem (Carvalho, 2021; Mutzenberg; Tavares; Corrêa, 2005).

Na área de estudo, a cota máxima altimétrica é aproximadamente 730m e mínima de 198m, onde a altitude vai diminuindo conforme vai em direção ao centro-sul, centro-leste, oeste e uma pequena porção a noroeste, mas com pontilhado de um maciço residual a oeste. Os pontos mais altos da cidade estão localizados na porção sudeste com cristas e chapadas, e ao norte com cristas (Figura 3).



Figura 3: Mapa Hipsométrico do município de Carnaúba dos Dantas-RN



Fonte: Autores (2024)

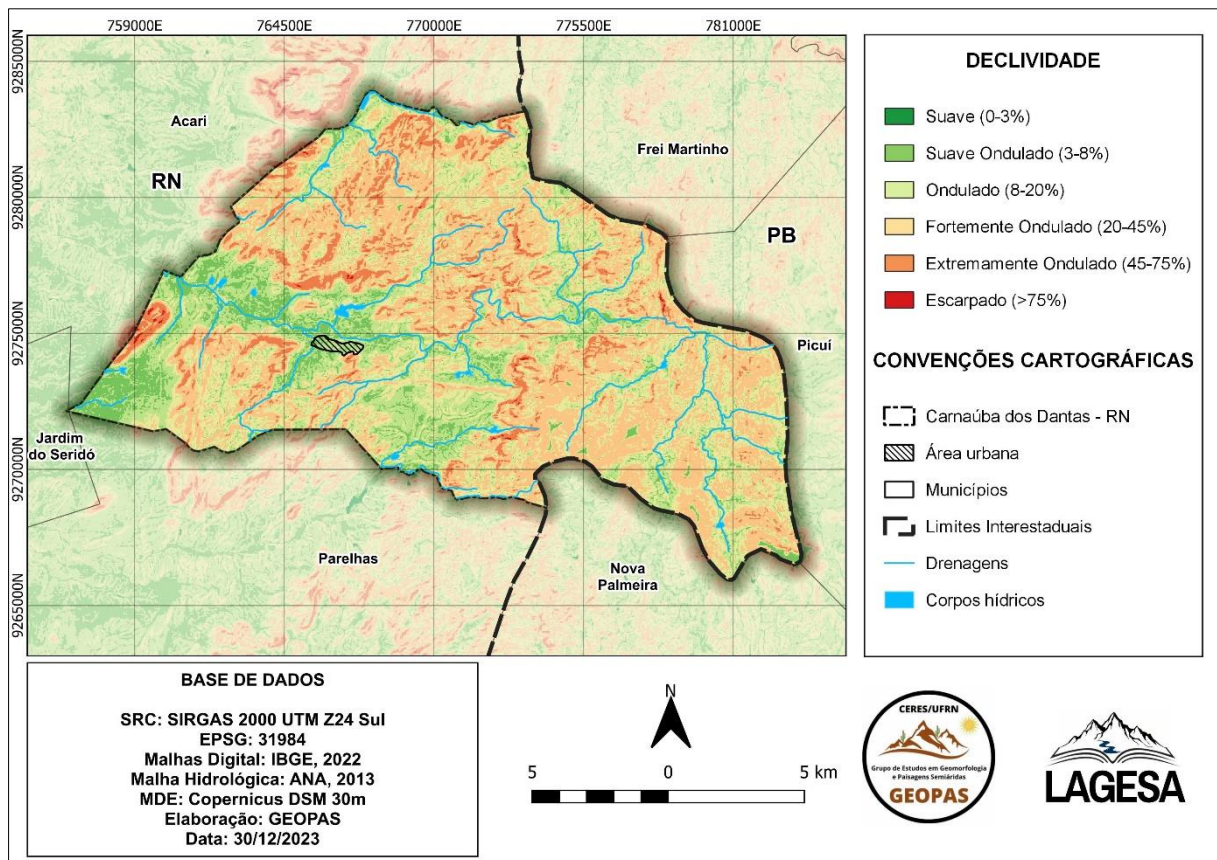
Em relação a declividade, os resultados mostraram que na área de estudo a classe mais abundante é a fortemente ondulado (35,32%), seguida por ondulado (28,78%), suave ondulado (20,37%), suave (8,47%), extremamente ondulado (6,91%) e a menos abrangente é a classe escarpado (0,15%) (Tabela 1 e Figura 4).

Tabela 1: Área por Classe de Declividade

CLASSES DE RELEVO	DECLIVIDADE (%)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Fortemente Ondulado	20 a 45	87,007	35,32%
Ondulado	8 a 20	70,893	28,78%
Suave Ondulado	3 a 8	50,178	20,37%
Suave	0 a 3	20,878	8,47%
Extremamente Ondulado	45 a 75	17,03	6,91%
Escarpado	>75	0,36	0,15%
<b>TOTAL</b>	-	<b>246,349</b>	<b>100%</b>

Fonte: Autores (2024)

Figura 4: Mapa de Declividade do município de Carnaúba dos Dantas-RN



Fonte: Autores (2024)

No mapeamento geomorfológico da área de estudo foram identificadas seis unidades de relevo: I – Chapadas (1,58%); II – Planaltos e Serras (61,34%); III - Superfície Sertaneja I (2,02%); IV – Superfície Sertaneja II (31,50%); V – Inselbergue (0,36%); VI – Planícies e Terraços Fluviais (3,20%) (Tabela 2 e Figura 5).

Tabela 2: Área por Unidades de Relevo identificadas

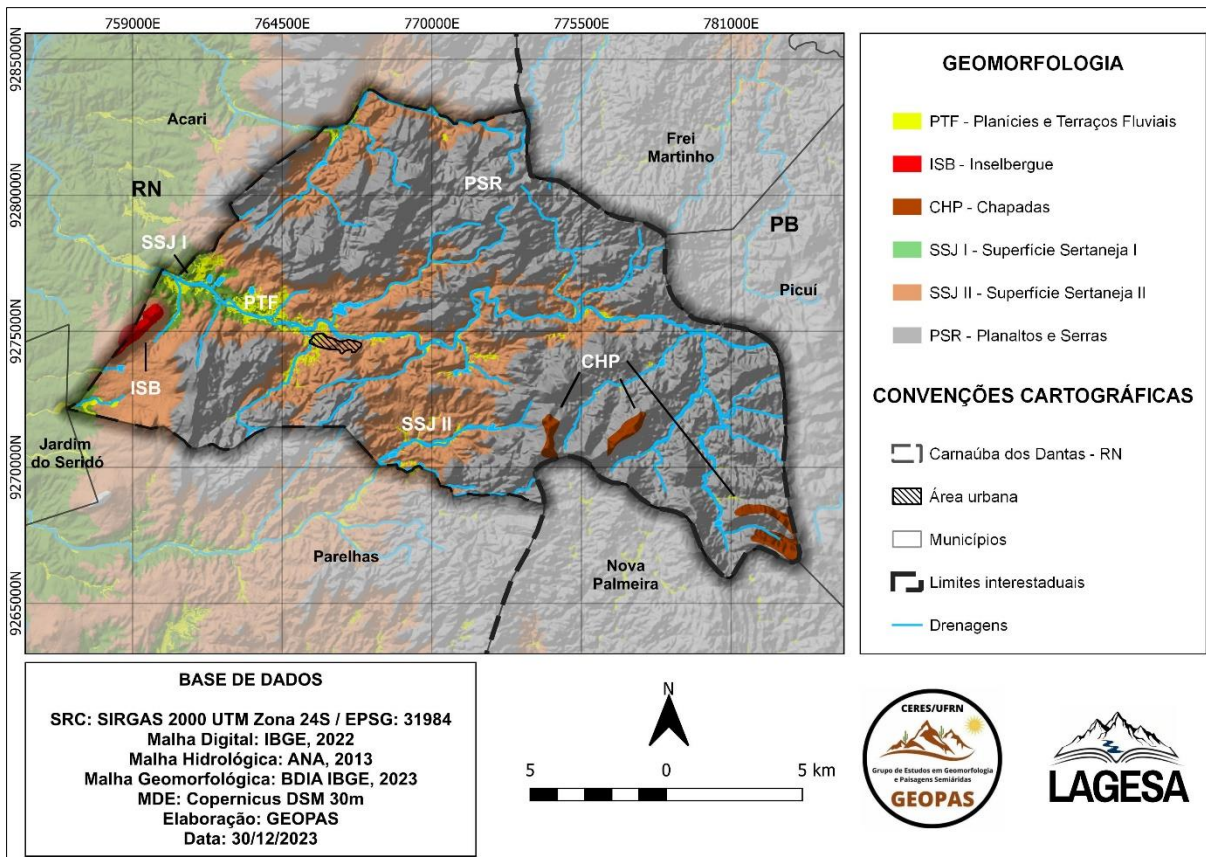
UNIDADES DE RELEVO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Planaltos e Serras	151,5	61,34%
Superfície Sertaneja II	77,81	31,50%
Planícies e Terraços Fluviais	7,9	3,20%
Superfície Sertaneja I	5,0	2,02%
Chapadas	3,9	1,58%
Inselbergue	0,90	0,36%
<b>TOTAL</b>	<b>247,00</b>	<b>100%</b>

Fonte: Autores (2024)



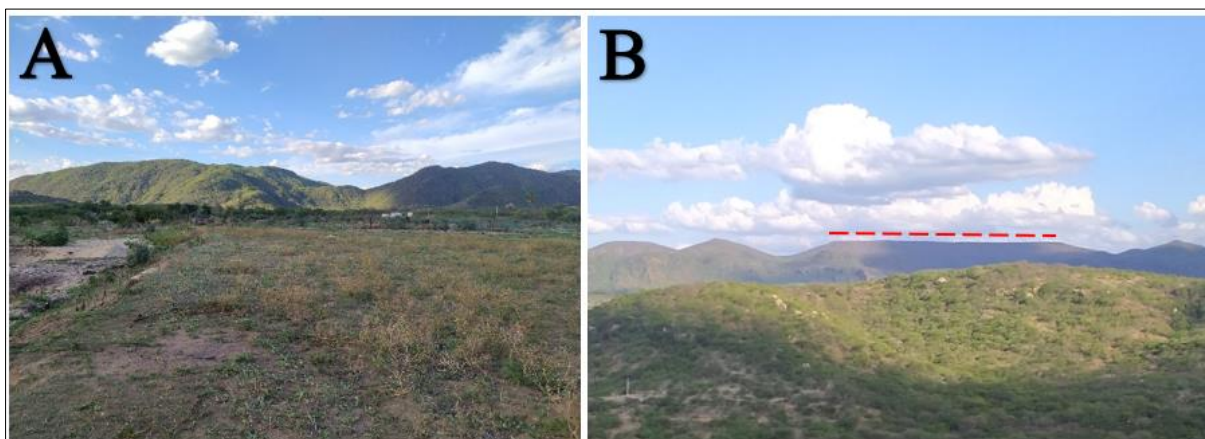
Os Planaltos e Serras localizam-se nos setores sudeste, norte e sudoeste da área de estudo (Figura 5 e 6). As chapadas estão localizadas também a sudeste capeando alguns planaltos e serras (Figura 5 e 6).

Figura 5: Mapa Geomorfológico do município de Carnaúba dos Dantas-RN



Fonte: Autores (2024)

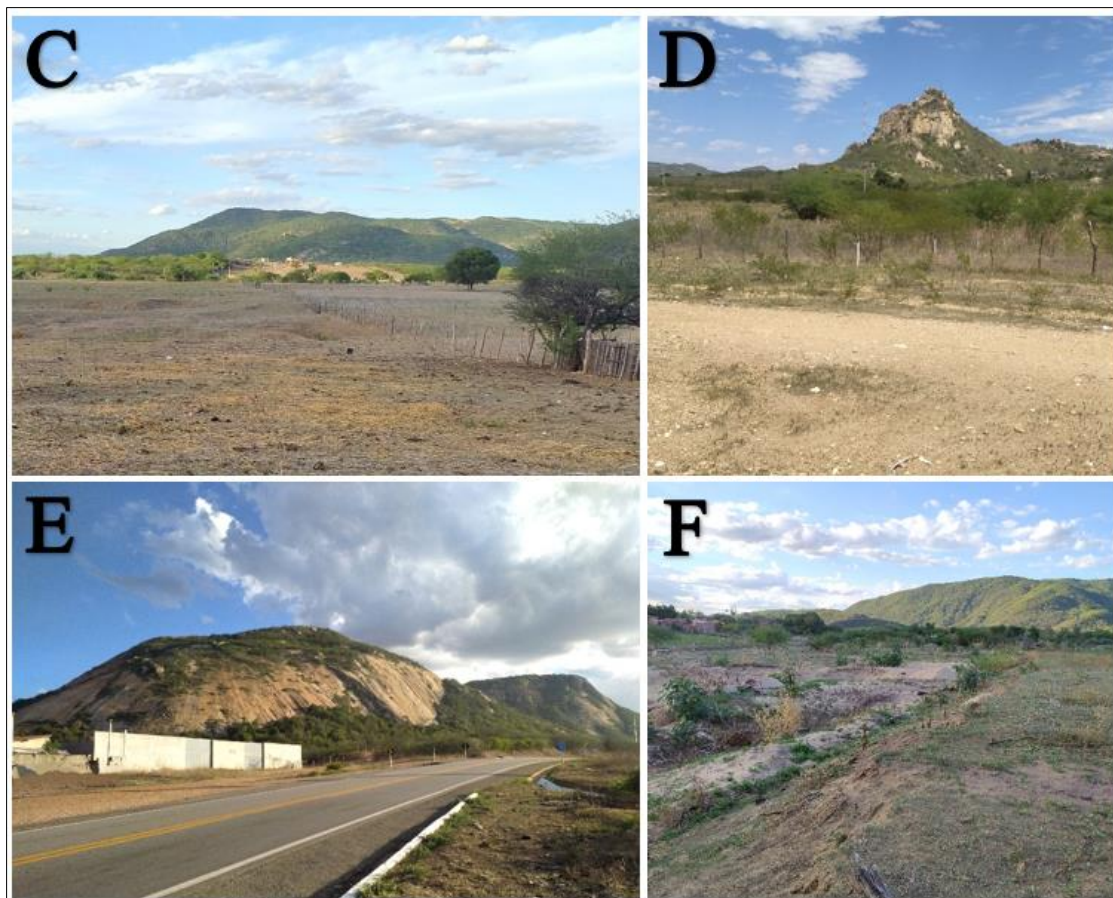
Figura 6: (A) Representação de área com serras e planaltos situados ao norte do município; (B) Representação de relevo tabuliforme associado com a Formação Serra dos Martins na Serra Nova, ao sudeste da área de estudo.



Fonte: Autores (2024)

No extremo oeste e alguns locais pontuais a sudoeste e noroeste têm-se a predominância da Superfície Sertaneja I. A Superfície Sertaneja II é predominante no centro-sul, a noroeste, oeste e leste da área de estudo (Figura 5 e 7). O inselbergue trata-se de uma forma de relevo pontual e isolada, em meio a Superfície Sertaneja II, localizado no extremo oeste da cidade (Figura 5 e 7). As planícies e Terraços Fluviais estão distribuídos pelas demais unidades de relevo (Figura 5 e 7).

Figura 7: Superfície Sertaneja I (C) e II (D) com área serrana ao fundo, município de Carnaúba dos Dantas-RN; (E) Inselbergue Serra da Rajada; (F) Ambiente fluvial do Rio Carnaúba com área serrana ao fundo



Fonte: Autores (2024)

## DISCUSSÃO

### Planaltos e Serras (PSR)

A unidade de relevo de planaltos e serras é a mais abrangente da área de estudo (61,34%) (Tabela 2). A caracterização e representação desta unidade está principalmente associada com o Planalto da Borborema, a qual corresponde como unidade morfoescultural no mapa geomorfológico do estado (Diniz *et al.*, 2017), sendo o norte, nordeste, leste, sudeste e sudoeste os setores de sua distribuição na área de estudo. Destacada com cotas altimétricas acima de 400 m (figura 3), podendo alcançar até altitudes superiores a 1000 m em outras regiões do Nordeste, esses compartimentos exibem uma complexidade de processos geológicos e geomorfológicos



(Corrêa *et al.*, 2010), do qual a litologia e as estruturas regionais foram os condicionantes contribuidores para a evolução e o padrão das formas de relevo em meio aos processos de morfogênese e morfodinâmica. Tais circunstâncias estão correlacionadas com o Ciclo Brasileiro-Panafricano, especificamente em meio aos processos de fragmentação do Supercontinente Gondwana devido às reativações tectônicas no Cretáceo e ao magmatismo intraplaca no Cenozóico (Diniz *et al.*, 2017; Brito Neves, 1999; Corrêa *et al.*, 2010; Oliveira, Medeiros, 2012), não evidenciado no município.

Na área de estudo, a morfologia do relevo com cristas e serras se dispõe principalmente na orientação NE-SW (Zonas de Cisalhamento Picuí-João Câmara; Zona de Cisalhamento Frei Martinho; Zona de Cisalhamento Umburana) como também em E-W (Falhas extensionais) paralelas às Zonas de Cisalhamento, ambas estruturas herdadas da Orogênese Brasileira, que por sua vez estabelecem uma relação com os processos esculptadores do relevo, como aerolares e lineares, evidenciado pela erosão diferencial onde o fator morfoclimático teve seu papel na dissecação, modelação e do relevo, repercutindo nos padrões erosivos, na rede de drenagem e na formação de depósitos sedimentares (Costa *et al.* 2020; Diniz *et al.* 2017) (Figura 5).

As serras mais imponentes na área estão associadas, principalmente, com os micaxistos da Formação Seridó e com os quartzitos da Formação Equador onde se encontra maior presença de topos aguçados e relevo escarpado. Nesse cenário, outras características marcantes que se exibem nesses ambientes é a grande expressividade da rochosidade que ocupa grande parte do terreno devido seu substrato rochoso, acompanhados com encostas expostas (tálus) e depósitos nas vertentes (sopé) com a existência de *boulders* maior que a média 100 cm de diâmetro, sendo esses associados ao clima quente e seco típico da região, assim como a composição litológica e sua maior resistência ao processo de intemperismo, como os quartzitos, condicionando a formação de afloramentos rochosos, presença de grandes blocos (matacões), lajes de rochas, parcelas de solos constituindo mantos delgados sobre as rochas (IBGE, 2015).

Aspectos como esses indicam fortemente nessa unidade a predominância de processos morfogenéticos, os quais implicam também a formação de solos pouco desenvolvidos e rasos como os Neossolos litólicos e regolílicos, tipicamente encontrados nessas áreas (Santos *et al.*, 2023).

Todavia, em meio a uma série de desnivelamentos topográficos comuns na Borborema (Corrêa *et al.*, 2010), algumas serras e planaltos podem apresentar em suas superfícies de cimeira extensas áreas com topos planos a suaves, associados a Formação Serra do Martins (Santos; Ferreira; Silva, 2002; Angelim *et al.*, 2006; Diniz *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2023) onde o relevo é bordejado por escarpas íngremes, formando chapadas sotopostas a maciços cristalinos (Angelim *et al.*, 2006; Diniz *et al.*, 2017).

### Relevo tabuliforme (CHP)

Na área de estudo são encontrados três pequenos compartimentos associados a relevos tabuliformes, representando 1,58% da área de estudo (Tabela 2). Esses relevos localizam-se a sudeste (“Serra Nova” e “Serra do Abreu”) (Figura 5), os quais estão relacionadas com a Formação Serra do Martins, sobrepostas a serras e cristas do Planalto da Borborema. Com

altitudes ultrapassando 700 m (Peulvast, Claudino Sales, 2004), esses platôs compostos por um capeamento sedimentar com arenitos, presença de solos profundos e permeáveis como os Latossolos Amarelos, a existência de aquíferos subsuperficiais com grande volume d'água acumulado e clima mais ameno do que as áreas da superfície sertaneja, são as principais características que marcam essas feições, as quais são consideradas como áreas de grande importância na região semiárida brasileira.

Além disso, grande parte dos rios têm suas nascentes nas bordas desses relevos. Na área de estudo, o Rio Carnaúba, principal curso fluvial do município, inicia seu percurso na “Serra do Abreu” dissecando e transportando grande quantidade de sedimentos, através do desmonte dos arenitos da Formação Serra do Martins, sob a orientação e influência das zonas de cisalhamento e demais estruturas, os quais atravessam a superfície sertaneja e se depositam as margens das planícies e terraços fluviais.

A gênese, a manutenção na paisagem e o significado na evolução geomorfológica dessas feições vêm sendo objeto de estudo ao longo do tempo por vários autores. As couraças lateríticas (Plintossolos Pétricos) bastante resistentes aos processos erosivos (Silva *et al.*, 2022), assim como processos de inversão do relevo devido à influência da ação tectônica e posterior erosão diferencial, são atualmente os principais modelos de representação e explicação dessas áreas (Diniz *et al.*, 2017; Maia; Betard, Bezerra, 2016).

As concreções ferruginosas encontradas nestes ambientes são resultados da acumulação de óxidos de ferro que endurecem permanentemente, certamente resultado do intemperismo ocorrido no período de 16 a 7 Ma devido ao enriquecimento de hidróxidos de manganês e ferro oriundos do Maciço da Borborema, o que sugere a ciclos de secagem e umedecimento, que possivelmente estão associados a paleoclimas, ou ainda com processos de inversão do relevo condicionados pelo soerguimento regional ocorrido sobretudo no Cenozóico devido às reativações das estruturas do embasamento, como as zonas de cisalhamento, e posterior erosão diferencial, como nos Maciços de Portalegre e Martins, e outras áreas do Nordeste (Costa *et al.*, 2020; Lima, 2008; Maia; Betard, Bezerra, 2016; Kampf; Curi, 2012; Souza *et al.*, 2023). Assim sendo, a evolução geomorfológica é marcada pelo recuo lateral das vertentes devido à influência da erosão diferencial promovida pelas concreções que atuam como escudos frente aos processos erosivos, ambos associados a planos de falhas, fraturas, foliações e ao desmonte das lateritas (Maia; Betard; Bezerra, 2016; Casseti, 2005).

### **Superfície Sertaneja I (SSJ I) e (SSJ II) com presença de inselbergue (ISB)**

Na área de estudo encontra-se superfícies rebaixadas, as quais foram denominadas de Superfície Sertaneja I (SSJ I) (2,02%) e Superfície Sertaneja II (SSJ II) (31,50%) (Tabela 2), a qual, apresenta uma forma de relevo proeminente, isolada e pontual (inselbergue), representando cerca de 0,36% da área de estudo (Tabela 2). No extremo oeste da área de estudo constata-se o inselbergue (ISB) “Serra da Rajada” estando associado com a SSJ II (Figura 5).

Denominada historicamente como “depressões sertanejas”, seu termo atualmente está em desuso, haja vista que não se faz suficiente para a compreensão dos processos de esculturação e aplainamento dessas áreas (Costa *et al.*, 2020), sendo a “superfície sertaneja” como melhor denominada (Moreira; Gatto, 1981; Ab’Saber, 1969) a qual poderia ser mencionada de superfície rebaixada ou aplainada (Radam Brasil, 1981).

Englobadas dentro da unidade morfoescultural da depressão interplanáltica do Piranhas-Açú (Diniz *et al.*, 2017), as superfícies sertanejas destacadas no município estão inseridas sob áreas aplainadas do Cinturão Orogênico Brasileiro, onde predominam processos de dissecação promovidos pelas correntes fluviais as quais seguem o padrão das zonas de cisalhamento e as falhas extensionais (mencionadas anteriormente) (Maia; Bezerra; 2014); envolvidas sob a quebra do inselbergue “Serra da Rajada”, constituído por rochas mais resistentes a erosão como os granitos, se exumando na paisagem (Diniz *et al.*, 2017).

Na área de estudo, a superfície sertaneja se exhibe de forma distinta. A SSJ I ocupa áreas mais rebaixadas com cotas variando até 250 m, próxima às planícies e terraços fluviais onde predomina os processos de aplainamento, enquanto que a superfície sertaneja II se encontra em áreas mais dissecadas, com interflúvios mais evidentes e colinosos mais ao interior da área de estudo, com altitudes variando de 251 m a 400 m, comumente encontrada na base das serras e planaltos (Costa *et al.*, 2020).

Nessas áreas, a alta variabilidade climática do semiárido exerce um papel significativo na modelagem do relevo, influenciando nos padrões de erosão, morfogênese e pedogênese. Em meio a predominância do clima quente e seco, o material de origem e as elevadas taxas de erosão limitam a pedogênese, possibilitando a formação de solos rasos e pouco desenvolvidos, em sua maior parte expondo o embasamento rochoso (Costa *et al.*, 2020; Araújo Filho *et al.*, 2017). Em meio as fases úmidas, com o predomínio da pedogênese sobre a morfogênese, mantos mais espessos como o regolíticos são formados, limitando-se os processos erosivos nos vales fluviais, enquanto que nos períodos mais secos a morfogênese se sobressai em relação a pedogênese, onde os intensos processos erosivos remobilizam os mantos de alteração situados nas escarpas para os fundos do vale (Costa *et al.*, 2020), originando solos como os Luvisolos e Neossolos (Litólicos e Regolíticos) (Araújo Filho *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2023; ANA, 2016).

Ao longo das superfícies sertanejas I e II é comum a presença de Neossolos Litólicos, os quais são associados a afloramentos rochosos (Medeiros *et al.*, 2013; Schulz *et al.*, 2016). Em áreas associadas a Formação Seridó é destacada presença de Neossolos Litólicos, ao passo que os Luvisolos são encontrados em áreas onde possibilitam formar solos um pouco mais desenvolvido e profundo (Santos *et al.*, 2023). Em contrapartida, em áreas com rochas graníticas, associadas a Suíte Itaporanga, os solos litólicos são frequentemente encontrados.

Na área de estudo, a presença das rochas cristalinas em sua maior abrangência a qual compõem o aquífero fissural é o principal espaço de armazenamento de água subterrânea e uma fonte de acesso à água pela população, com alguns poços dispostos em torno da superfície sertaneja. Nesse contexto, a interação da água com as rochas tem resultado na dissolução de minerais, contribuindo para que maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) como o sódio, por exemplo, fossem encontrados e impactassem consideravelmente a qualidade da água para a irrigação, estando diretamente ligado aos solos (Carvalho, 2021). Além disso, eventuais chuvas torrenciais típicas do ambiente semiárido podem surgir como episódios a qual contribui para que o escoamento superficial e acentuação dos processos erosivos surjam, promovendo a formação de sulcos e ravinas, desse modo acarretando num intenso transporte de carga sedimentar, podendo desintegrar os solos e assorear os corpos hídricos da área.



## Planícies e Terraços Fluviais (PTF)

As planícies e terraços fluviais estão associados com rios intermitentes, representando 3,20% da área de estudo (Figura 5). A drenagem principal está associada ao Rio Carnaúba, o qual apresenta padrão de drenagem dendrítico, formando ângulos agudos, semelhante à distribuição dos galhos de uma árvore, onde o Rio Carnaúba seria o tronco (Christofolletti, 1981).

Na área de estudo, conforme se aproxima da feição fluvial principal, isto é, o exutório (Rio Carnaúba) os vales se apresentam de forma larga e o relevo se torna plano e rebaixado (Figura 5). Conseqüentemente os rios perdem sua velocidade de transporte e passam a depositar mais sedimentos, formando essas feições. Apesar de serem formas correlativas do qual foram originadas mediante o mesmo processo hidrogeomorfológico, suas classificações são distintas. As planícies fluviais são formas deposicionais ativas, localizadas as margens dos cursos d'água em área de topografia suavizada à plana, formadas através do processo de acumulação de sedimentos aluviais inconsolidados promovidos pela migração lateral e/ou por inundações periódicas (Magalhães Júnior; Barros, 2020; Baker *et al.*, 1988; Knighthon; Nanson, 1993; Leopold *et al.*, 1964; Ritter *et al.*, 2002; Bridge, 2003). Já os terraços fluviais, por sua vez, são feições deposicionais fluviais inativas localizadas em áreas com níveis planos a suave inclinados, abandonadas pela dinâmica hídrica atual, dessa forma predominando processos de degradação e/ou em casos excepcionais com processos de deposição mediante inundações (Magalhães Júnior; Barros, 2020; Bridge, 2003; Jacobson *et al.*, 2003; Leopold *et al.*, 1964; Ritter *et al.*, 2002; Schumm, 1977).

Na área de estudo, a identificação desses compartimentos segue a rede de drenagem, os quais nascem nas bordas dos relevos tabuliformes e seguem trajetos conforme a orientação do controle estrutural (Figura 5). Devido a pequena abrangência das planícies e terraços fluviais, na escala espacial utilizada optou-se por manter como uma única unidade (Figura 5).

Na área de estudo, a Serra do Piauí, localizada ao norte da área urbana em meio a superfície sertaneja II (Figura 5) nota-se que a drenagem é condicionada pelo controle estrutural, propiciando melhores condições para a concentração fluxos hídricos e a construção de reservatórios hídricos de maior proporção na área de estudo, como o caso do açude Monte Alegre, sendo este o maior da cidade.

Ademais, ao longo das superfícies sertanejas por onde o curso do Rio Carnaúba passa é comum a presença de marmitas. Na área de estudo, essas feições foram originadas através da ação fluvial sob a influência do movimento das águas a qual promoveram o atrito dos sedimentos, bem como associadas as condições litológicas (Suíte Itaporanga), estruturais (falhas de N-NE e E-W) e topográficas do entorno, sendo responsáveis para uma maior atuação das águas no desgaste das rochas, mas principalmente para existência de fraturas, das quais impactaram para a orientação dessas cavidades (Nascimento; Ferreira, 2012; Silva *et al.*, 2023). Além disso, outros fatores quanto a riqueza geológica e arqueológica presente na área são importantes dado ao valor de patrimônio natural da área, sendo esta concebida com a existência do geossítio marmitas do Rio Carnaúba localizado próximo à comunidade Barra da Carnaúba, município de Acari-RN, tal qual pertencente ao Geoparque Seridó.

## CONCLUSÕES

No mapeamento geomorfológico da área de estudo foram identificadas seis unidades de relevo (I – Chapadas; II – Planaltos e Serras; III - Superfície Sertaneja I; IV – Superfície Sertaneja II; V – Inselbergue; VI – Planícies e Terraços Fluviais).

O mapeamento geomorfológico foi associado com os processos geomorfológicos, os fluxos hídricos e com os materiais da área de estudo, oferecendo informações relevantes para o planejamento e ordenamento territorial, em uma área que é um ponto estratégico no semiárido brasileiro, com locais de grande interesse pelo avanço dos parques eólicos, com abundância de recursos minerais, e ainda por estar situada no núcleo de desertificação do Seridó.

A maior parte da unidade de planaltos e serras está associada com o Planalto da Borborema, sendo área de interesse dos parques eólicos. Embora as áreas com relevos tabuliformes sejam pequenas, essas são muito importantes por estarem associadas com litologia sedimentar e por possuírem importantes aquíferos. Essas áreas com relevo tipicamente de chapadas estão sobrepostas sobre a unidade de planaltos e serras. Identificou-se controle estrutural na Superfície Sertaneja, onde as falhas com direção leste-oeste controlam a rede de drenagem. No município em questão, os inselbergues são pontos de referência na paisagem para a população sertaneja, destaca-se a Serra da Rajada, inselbergue que é um dos geossítios do Geoparque Seridó, assim como em demais localidades da cidade, sendo importantes para o geopatrimônio. Na unidade de planícies e terraços fluviais tem-se grande importância econômica no município, com significativa extração de areia e argila.

O município de Carnaúba dos Dantas ainda carece de mais informações geomorfológicas em escalas de detalhe. A utilização de mapeamentos geomorfológicos com a utilização de drones podem oferecer relevantes contribuições para o entendimento das paisagens da região, assim como a identificação de problemas ambientais e do seu monitoramento.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos pela colaboração da equipe do GEOPAS/UFRN (Grupo de Estudo em Geomorfologia e Paisagens Semiáridas) pelo apoio nas atividades de campo e na elaboração do trabalho. Agradecemos ao LAGESA/UFRN (Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia Aplicada) pela infraestrutura oferecida. Por fim, agradecemos também os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste brasileiro. *Geomorfologia* (19), São Paulo, p. 1-38, 1969.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu: Resumo Executivo. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2016.

ALMEIDA, F. F. M. et al. Províncias estruturais brasileiras. *Simpósio de Geologia do Nordeste*, v. 8, n. 1977, p. 363-391, 1977.

ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino (Org.). Programa Geologia do Brasil (PGB) – Projeto Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte: texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte. Escala 1:500.000. Recife: CPRM; FAPERN, 2006. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10234>

ARAÚJO FILHO, J. C. et al., Solos da Caatinga. In: CURI, N. et al. Pedologia: solos dos biomas brasileiros. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, 2017.

BAKER, V. R.; KOCHER, R. C.; PATTON, P. C. (eds.). Flood Geomorphology. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Cap. 3, pp. 51-64, 1988.

BEZERRA, F. H. R. et al. Nota explicativa da folha Jardim do Seridó, SB.24-Z-B-V. [S.l.]: Escala 1:100.000. CPRM, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretária de Recursos Hídricos. Atlas das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil / MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana, organizador. Brasília: MMA, Coordenação Técnica de Combate à Desertificação, 2007.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. *Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal*; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. 744p. (Levantamento de Recursos Naturais, 23).

BRIDGE, J. S. Rivers and Floodplains. Oxford: Blackwell Science, 2003. 492p.

BRITO NEVES, B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. Revista Brasileira de Geociências, v. 29, n. 3, p. 379-392, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.199929379392>. Acesso em: 29 jan. 2024.

CARVALHO, A. K. N. Hidroquímica de águas superficiais e subterrâneas em Carnaúba do Dantas/RN e aspectos associados ao uso humano e na irrigação. 2021. 159f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

CARVALHO, A. K. N.; SOUZA, R. F.; OLIVEIRA, S. dos S. Qualidade de águas superficiais e subterrâneas para irrigação em um município do semiárido do estado do Rio Grande do Norte. Pesquisas em Geociências, [S. l.], v. 49, n. 2, p. e119720, 2022. DOI: [10.22456/1807-9806.119720](https://doi.org/10.22456/1807-9806.119720). Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/PesquisasemGeociencias/article/view/119720>. Acesso em: 16 jan. 2024.

CASSETI, V. Geomorfologia. [S.l.]: 2005. Disponível em: [https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia\\_Geologia/Geomorfologia\\_ValterCasseti.pdf](https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasseti.pdf). Acesso em: 15 jan. 2024.

CAVALCANTI NETO, M. T. O. A Faixa Cuprífera do Rio Grande do Norte e Paraíba e as relações de contato entre as Formações Equador e Seridó. Holos, V 24, N. 3, P. 105, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2008.210>

CAVALCANTE, Rogério et al. (Informe de Recursos Minerais. Série Províncias Minerais do Brasil; 8) – Áreas de relevante interesse mineral (ARIM): Metalogenia das Províncias

Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Brasília/DF: CPRM, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial – Volume I. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES; B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA; D. R. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010.

COSTA, A. P. Petrologia e geocronologia U-Pb do plúton granítico Serra da Rajada, porção central do domínio Rio Piranhas-Seridó, província Borborema, NE do Brasil. 2015. Tese de Doutorado.

COSTA, A. P. et al. Província Mineral do Seridó: 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>

COSTA, A. P. *et al.* (Org.); (Informe de Recursos Minerais. Série Províncias Minerais do Brasil; 35) - Áreas de relevante interesse mineral (ARIM): evolução crustal e metalogenia da província mineral do Seridó: estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Recife: CPRM, 2023.

COSTA, L. R. F.; 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](https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1447). Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1447>. Acesso em: 13 jan. 2024.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P.; MAIA, R. P.; FERREIRA, B., Mapeamento geomorfológico do estado do Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Geomorfologia (Online), São Paulo, v.18, n.4, (Out-Dez) p.689-701, 2017. DOI: [10.20502/rbg.v18i4.1255](https://doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1255). Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1255>. Acesso em: 13 jan. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1979). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 83p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/327212/sumula>. Acesso em 13 de jan. 2024.

FERREIRA, B. A região semi-árida nordestina: utilização dos dados SRTM para mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 32, n.1, p. 143 - 158, 2010.

FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

HJORT, J., GORDON, J. E., GRAY, M., HUNTER JR, M. L. 2015. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. *Conservation Biology*, 29(3), 630-639. 2015. DOI: [10.1111/cobi.12510](https://doi.org/10.1111/cobi.12510)



IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Brasília: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/carnauba-dos-dantas/panorama> Acesso em: 15 jan. 2024.

IBGE. Manual técnico de pedologia. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p.

JACOBSON, R.; O'CONNOR, J. E.; OGUCHI, T. Surficial Geologic Tools in Fluvial Geomorphology. *In*: KONDOLF, G. M.; PIEGAY, H. (eds.). Tools in Fluvial Geomorphology. Chichester: Wiley, 2003. pp. 25-57.

JARDIM DE SÁ, E. F.; SALIM, J. Reavaliação dos conceitos estratigráficos na região do Seridó (RN-PB). *Mineração e Metalurgia*, v. 80, n. 421, p. 16-28, 1980.

JARDIM DE SÁ, E. F. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 803 p. 1994.

JARDIM DE SÁ, E. F. Geologia da região do Seridó: reavaliação de dados. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11., 1984, Natal. Anais [...]. SBG Núcleo Nordeste, 1984. p. 278-296.

KAMPF, Nestor; CURI, Nilton. Formação e Evolução do solo (Pedogênese). *In*: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. Pedologia: Fundamentos. Viçosa-MG, SBCS, 2012. 343p.

KNIGHTON, A. D.; NANSON, G. C. Anostomosis and the Continuum of Channel Pattern. *Earth Surface Processes and Landforms*, John Wiley & Sons, 18 (7), pp. 613-625, 1993.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G; MILLER, J. P. Fluvial Processes in Geomorphology. San Francisco: Freeman and Company, 1964. 522 p.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; FILHO, A. P. Dificuldades e possibilidades da cartografia geomorfológica no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Cartografia*, [S. l.], v. 65, n. 6, 2013. DOI: [10.14393/rbcv65n6-43880](https://doi.org/10.14393/rbcv65n6-43880). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43880>. Acesso em: 13 jan. 2024.

LIMA, M. G. A história do intemperismo da Província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil: implicações paleoclimáticas e tectônicas. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Curso de Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P. Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2020.

MAIA, R. P.; BÉTARD, F.; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia dos Maciços de Portalegre e Martins – NE do Brasil: Inversão do Relevo em Análise. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 273-285, 2016.

MEDEIROS, W. D. A. Sítios geológicos e geomorfológicos dos municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas e Currais Novos, região Seridó do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 154 p. 2003.

MEDEIROS, L.C., MEDEIROS, B.V.V., SOBRINHO, F.E., GURGEL, M.T. Caracterização físico-química de um neossolo litólico na região Seridó do RN. *Agropecuária Científica no Semiárido*, nº 9, 01-07, 2013.

MELO, W. M. Desertificação e Economia no Núcleo do Seridó. Areia: CCA/UFPB, 2017. (Trabalho de Conclusão de Curso). 33p.

MOREIRA, M. M. A. M; GATTO, L. C. S. Geomorfologia. In: BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. *Folha SA.24 Fortaleza*. Rio de Janeiro, 1981. (Levantamento de Recursos Naturais, 21).

MUTZENBERG, D. S.; TAVARES, B. A. C; CORRÊA, A. C. B. A influência dos controles estruturais sobre a morfogênese e a sedimentação neógena na bacia do rio Carnaúba (RN). Recife: CLIO Arqueológica, v. 19, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/cliarquologica/article/view/246911>

NASCIMENTO, M. A. L.; FERREIRA, R. V. 2012. Geoparques do Brasil – propostas. Proposta do Geoparque Seridó. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. p. 361-416.

NÓBREGA, W. R. de M.; ARAÚJO, F. Cultura, turismo e desenvolvimento: reflexões acerca do potencial arqueológico no município de Carnaúba dos Dantas (RN). *Revista Brasileira de Ecoturismo (RBecotur)*, [S. l.], v. 8, n. 1, 2015. DOI: [10.34024/rbecotur.2015.v8.6429](https://doi.org/10.34024/rbecotur.2015.v8.6429). Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/ecoturismo/article/view/6429>. Acesso em: 13 jan. 2024.

OLIVEIRA, R. G.; MEDEIROS, W. E. Evidences of buried loads in the base of the crust of Borborema Plateau (NE Brazil) from Bouguer admittance estimates. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 37, p. 60-76, 2012.

PENTEADO, M. M. Fundamentos de Geomorfologia. 3a edição. IBGE, Rio de Janeiro, 185p, 1980.

PEREZ-MARIN, A. M. et. al. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2012. Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/handle/123456789/2561>

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian <<Nordeste>>: Constraints on models of morfotectonic evolution. *Geomorphology*, Amsterdam, v. 62, n. 1-2, p. 89-122, 2004.

QGIS Development Team (2023). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

RITTER, D. F.; KOCHER, R. C; MILLER, J. R. Processes Geomorphology. Boston: McGraw Hill, 2002, 560 p.

ROSS, J. L. S. Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo, Oficina de textos, 2009.

SALES, E.L.V., LOPES, D.V., SOUZA, S.F., REIS, J.S. Análise integrada da geodiversidade no município de Acarí-RN, semiárido brasileiro. International Journal Semiarid, Ano 5, Vol. 5 ISSN: 2764-6203. p. 418 – 428, 2022. DOI: [https://doi.org/10.56346/Journal\\_Semiarid\\_ijsa.v5i5.143](https://doi.org/10.56346/Journal_Semiarid_ijsa.v5i5.143)

SANTOS, R. F. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS, E.J.; FERREIRA, C.A.; SILVA JR., J.M.F. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Parnaíba. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2002, p.142.

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 (2023) 1776-1792.

SCHULZ, K., VOIGT, K., BEUSCH, C., ALMEIDA-CORTEZ, J.S., KOWARIK, I., WALZ, A., CIERJACKS, A. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of Caatinga forest ecosystems in Brazil. Forest Ecology and Management 367, 62-70, 2016.

SCHUMM, S. A. The Fluvial System. Caldwell: The Blackburn Press, 1977, 338 p.

SILVA, I.G., ASSIS, T.M.F., SILVA, L.A., LOPES, D.V., REIS, J.A. Geociências e educação ambiental no semiárido: estudo de caso na Reserva Ecológica Olho d'água das Onças. International Journal Semiarid. Ano 5 Vol. 5 ISSN: 2764-6203 p. 465 – 476, 2022.

SILVA, M.J.M.; HILÁRIO, D.D.S.; SOUZA, S.F.F.; SANTOS, J.Y.G.; LOPES, D.V. Morfologias fluviais em ambiente semiárido: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Seridó, Brasil. William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1–15, 2023. Disponível em: <http://williamorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/210>. Acesso em: 15 jan. 2024.

SILVA, M. L. N.; NASCIMENTO, M. A. L.; MANSUR, K. L.. Principais ameaças à geodiversidade identificadas no território do projeto Geoparque Seridó. HOLOS, [S. l.], v. 1, p. 1–16, 2019. DOI: [10.15628/holos.2019.7957](https://doi.org/10.15628/holos.2019.7957). Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/7957>. Acesso em: 13 jan. 2024.

SOCHAVA, V. B. Métodos em questão: o estudo de geossistemas. São Paulo, v.16. IG-USP, nº 16, p. 1-50, 1977.

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Sistema fluvial e planejamento local no semiárido. Mercator, 11, 2012. p.149 -168.

SOUZA, D.V., SPINOLA, D., SANTOS, J.C., TATUMI, S.H., YEE, M., OLIVEIRA, R.A.P., ELTINK, E., LOPES, D.V., SPÖLT, 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 resente-day semiarid region of northeast Brazil. Catena, v. 226, p. 107092, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2023.107092>

VITAL, S.R.; SANTOS, A.S.; SANTOS, C.L. Mapeamento geomorfológico da região do Seridó, estado do Rio Grande do Norte. William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1–15, 2021. Disponível em: [//williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/130](http://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/130). Acesso em: 15 jan. 2024



## GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA NO MONUMENTO NATURAL CAVERNAS DE MARTINS, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dênis dos Santos Hilário  
Davi do Vale Lopes

### INTRODUÇÃO

A palavra carste, já difundida e bastante utilizada no Brasil, é uma versão adaptada para o português da palavra *karst* (do germânico) que tem origem na Eslovênia, onde foram realizados os primeiros estudos sobre processos cársticos no Platô Kras (Eslovênia), o termo foi popularizado pelo geógrafo Jovan Cvijić. (TRAVASSOS, 2019; CHRISTOFOLETTI, 1980)

O termo carste é utilizado em sentido mais amplo para designar áreas calcárias ou dolomíticas com feições de dissolução típicas (CHRISTOFOLETTI, 1980), sendo mais comum em rochas solúveis. Entretanto, tais feições podem ocorrer em outras rochas com minerais menos solúveis, desde que determinadas condições de exposição ao processo de intemperismo químico sejam atendidas (BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019). Atualmente, o termo carste é aceito para o processo de dissolução em diferentes tipos de rochas, como evaporitos, quartzitos, arenitos, entre outros (GILLI, 2015; TRAVASSOS, 2019).

A formação do carste requer um nível alto de permeabilidade, está é dividida em porosidade primária, definida ao mesmo tempo em que há deposição dos sedimentos componentes da rocha, e a secundária, que se refere as fraturas que permitem a circulação da água e contato com uma maior área de superfície da rocha (TRAVASSOS, 2019; BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019). A declividade do relevo é outro fator que influencia o processo de carstificação, áreas com maior inclinação tendem a propiciar o desenvolvimento de feições típicas, pois implica na energia de circulação da água no sistema aumentando seu poder de erosão, o que favorece a abertura de cavidades na rocha (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A quantidade de água disponível para alteração da rocha é ditada pelo regime pluviométrico que fornecerá água para o sistema, desse modo, o tempo de contato será influenciado pela frequência e distribuição das chuvas ao longo do ano (CHRISTOPHERSON; BIRKELAND, 2017).

A espessura da camada de solum e a cobertura vegetal são fatores que reverberam no tempo de exposição da rocha à água e a intensidade da dissolução, respectivamente, este último pela liberação de ácidos húmicos das espécies vegetais na solução do solo (CHRISTOFOLETTI, 1980, BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019).

De acordo com Gilli (2015) uma divisão entre os componentes da topografia cárstica em endocarste e exocarste pode ser feita. Para esse autor, o endocarste refere-se as câmaras, cavidades e cavernas encontradas no subterrâneo, enquanto o exocarste se trata das feições na superfície. Travassos (2019) corrobora com esta repartição, e destaca ainda o epicarste como sendo a camada intermediária entre o endocarste e o exocarste. Gilli (2015) descreve o epicarste como a casca na superfície e bordas de uma massa rochosa caracterizado por descontinuidades como planos de acamamento na rocha sedimentar ou esfoliação esferoidal, estas feições singulares seriam o epicarste.

As formas mais comuns da paisagem cárstica em superfície (exocarste) são os cones, dolinas, lapiez, poljés, uvalas, enquanto no subterrâneo (endocarste) seriam as cavernas com suas estalactites e estalagmites (BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019). A ausência de rede de drenagem é uma característica das regiões cársticas, isso pois o complexo sistema de circulação

entre fraturas em subsuperfície gera sumidouros onde os rios são “engolidos” e infiltram no interior da rocha alcançando o aquífero e por vezes reaparece em áreas mais baixas em pontos chamados de ressurgências, sendo estas feições também parte do exocarste (BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019; TRAVASSOS, 2019).

As cavernas geralmente se formam abaixo do nível freático, são uma fração do endocarste definida por um tamanho grande o suficiente para a entrada de um ser humano, é conectada à complexa rede de condutos e passagens no subterrâneo, onde 3 condições principais são necessárias, sendo elas: um forte gradiente hidráulico, descontinuidades na rocha e água corrosiva (GILLI, 2015; CHRISTOPHERSSON; BIRKELAND, 2017).

O início da gênese de uma cavidade está, na maioria das vezes, está associada com uma fase tectônica, isso pois a criação de juntas na rocha é uma etapa que antecede a de infiltração da água, uma vez que a porosidade secundária é mais eficiente para o processo de dissolução e ampliação das cavidades (GILLI, 2015; BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2019).

É nelas onde estão as feições mais intrigantes, locais estes que já foram utilizados como abrigo pelos homens das cavernas e possuem grande valor sociocultural pela sua atratividade turística, e registros arqueológicos e paleontológicos encontrados nelas. Isto desperta a curiosidade do público e aí que entra em ação o “conhecer para preservar”, vindo através do geoturismo, como destacado por Travassos (2019). O geoturismo é um facilitador para o aprendizado do público que visita o local, possibilitando que os visitantes tenham aprendizado geológico e geomorfológico agregado ao lazer de maneira atrativa (HOSE, 1995 apud TRAVASSOS, 2019).

Cavernas com a presença de tantas feições cársticas são relativamente raras no Nordeste brasileiro. Por isso, o objetivo deste trabalho foi fazer uma caracterização da geomorfologia cárstica no Monumento Natural Cavernas de Martins, no semiárido brasileiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O município de Martins localiza-se em cotas altimétricas de 640m, situando-se na área dos planaltos residuais, sua temperatura média do ar é de 23°, variando apenas 3 graus durante o ano, a precipitação é concentrada nos cinco primeiros meses do ano e precipitação média anual de 1230mm Martins (MEDEIROS; CESTARO; QUEIROZ, 2021). Notadamente uma precipitação média diferenciada em relação ao contexto regional, isso devido ao fato de o relevo influenciar em chuvas orográficas atuando como uma barreira para a livre circulação do ar neste ponto da atmosfera.

O município está inserido na província Borborema, constituído por rochas do Complexo Caicó, Suítes Umarizal, Poço da Cruz e Itaporanga, Formação Jucurutu, onde estão as intercalações de mármore onde se desenvolveu a Casa de Pedra, objeto de estudo, e pela Formação Serra do Martins (CPRM, 2005).

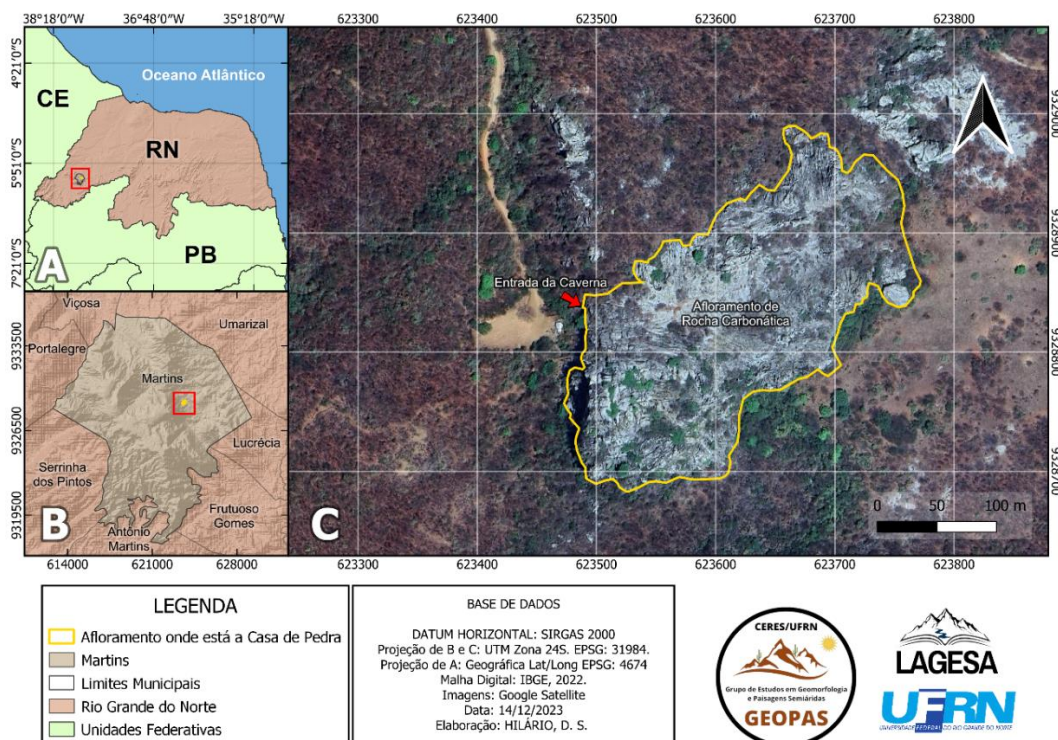
Sobre o relevo, Moura (2017) descreve a presença de relevo ruiforme encontrado nos Maciços de Martins e Portalegre, onde destaca os afloramentos associados a feições de dissolução, como o da Casa de Pedra, são chamados pelo autor de inselbergues cársticos.

Os solos variam em função de sua posição ao longo da vertente, com o platô sedimentar tendendo a ter Latossolos Vermelho-Amarelos associados a Formação Serra do Martins, a vertente tendo afloramentos de rocha e solos rejuvenescidos, na depressão temos solos

pedregosos e rasos, e ao longo das planícies fluviais solos arenosos associados a processos deposicionais (MOURA, 2017).

A vegetação no platô é antropizada, com a terra associada ao uso agrícola e urbanização, além disso há de enclaves com espécies típicas do domínio da Mata Atlântica, configurando uma fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual nesses pontos no topo, as encostas, onde é mais seco, por sua vez, são ocupadas por Estépica Florestada, tais formações florestais são sustentadas pelo mesoclima mais úmido (QUEIROZ et al, 2022).

**Figura 1:** Mapa de localização do Monumento Natural Cavernas de Martins.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

## TRABALHO DE CAMPO E EM GABINETE

A primeira etapa do trabalho consistiu na realização de pesquisa bibliográfica para familiarização com o tema, uma vez que os conceitos foram absorvidos e compreendidos, foram realizadas visitas ao município de Martins, com ênfase na Casa de Pedra, em virtude de seu acesso facilitado e já conhecida abundância de feições cársticas.

No campo, mais precisamente, na Casa de Pedra, as feições foram observadas cuidadosamente, afim de identifica-las e realizar sua posterior classificação. Foram feitos registros fotográficos durante a visita, onde todos os cômodos foram observados detalhadamente.

Então, em ambiente SIG, com auxílio do *software* QGIS, foi confeccionado um mapa de localização da Casa de Pedra, foco deste estudo, demonstrando seu posicionamento em relação ao Rio Grande do Norte, e ao município de Martins.



## RESULTADOS

### Compartimentação da “Casa de Pedra”

No município de Martins, há cavernas relacionados aos mármores da Formação Jucurutu, rochas que datam de aproximadamente 650Ma (SCHMUS et al, 2003 apud ANGELIM, 2006). Para preservar este geopatrimônio foi criada uma Unidade Estadual de Conservação Integral através do decreto estadual N° 31.754 pelo Governo do Rio Grande do Norte (RN), em 28 de julho de 2022, denominado de Monumento Natural (MONA) Cavernas do Martins, no município de Martins – RN, que possui cerca de 3.538 hectares e 39.146,15 metros de perímetro (RIO GRANDE DO NORTE, 2022).

Nesta categoria de Unidade de Conservação (UC) a visitação do público em geral é possível, porém está sujeita as restrições, normas e condições definidas no plano de manejo da UC, órgão responsável pela administração e previstas em regulamento, conforme consta no artigo 12° da lei n° 9.985 (BRASIL, 2000).

Segundo o IDEMA (2023), órgão estadual responsável pela administração da MONA Martins, no que tange a biodiversidade da UC, foram registradas 112 espécies de plantas e 189 de animais, estando distribuídos em: 84 espécies de aves, 13 espécies de anfíbios, 22 espécies de répteis, 14 espécies de morcegos, 16 espécies mamíferos terrestres e 40 espécies de invertebrados.

**Figura 2:** Representação da Unidade de Conservação onde localiza-se a “Casa de Pedra”.



A – placa de identificação do Monumento Natural Cavernas de Martins; B – placa com a ficha técnica vinculada ao IDEMA; C – vista da “Casa de Pedra”; D – visão da estrada de acesso.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

A Casa de Pedra é uma destas cavernas, e, com certeza, a mais famosa da área, sendo ponto turístico da cidade. Seu acesso dá por meio de estrada não pavimentada, e já se tornou parte da cultura regional, com mitos e lendas envolvendo o local, até mesmo colocando-o como um esconderijo para cangaceiros no período do banditismo no sertão.



**Tabela 1:** Compartimentos (“Cômodos”) da “Casa de Pedra”.

Compartimentação da "Casa de Pedra"	Descrição
Escadaria de acesso	A escadaria leva ao acesso principal da caverna, construída em uma escarpa com aproveitamento das rochas da região (destaque para a Formação Serra do Martins). No trecho superior da escadaria, com acesso à "porta de entrada" foi feita a instalação de uma escada metálica.
Varanda de entrada	Acesso principal da caverna, onde tem-se uma visão privilegiada da superfície rebaixada, onde localiza-se o estacionamento ("garagem da Casa de Pedra").
Salão principal	Maior compartimento da caverna e mais alto. Possui uma "janela de claridade" no teto. Possui estalactites, estalagmites, blocos colapsados e feições de escorrimento pelas paredes.
Segundo pavimento	Dentro do salão principal existe um segundo pavimento, associado a um paleonível freático.
Quartos	Nas laterais dos corredores existem algumas reentrâncias que podem ser associadas com "quartos".
Corredor	Faz a conexão entre o salão principal até o Quintal da Casa de Pedra.
Cozinha	Localizada na cavidade que dá acesso ao "Quintal".
Quintal	Acesso secundário para a Casa de Pedra, em área com afloramento de mármore (exocarste). Do local tem-se uma visão privilegiada da depressão sertaneja.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

A Casa de Pedra está alguns metros acima de seu arredor, tendo seu acesso facilitado por uma escada confeccionada de concreto e rochas do local, o final desse percurso conta com uma escada um pouco mais íngreme, com corrimãos dos dois lados. Ao fim da escada, acessamos a varanda, um pequeno espaço onde a escada termina, e pouco abaixo se inicia o salão principal, com pilares, estalactites e estalagmites, no teto há diversas fendas revelando seu complexo plano de fraturas, nas paredes, feições de escorrimento revelam o que havia fluxo hídrico em algum momento de sua formação. É possível acessar também um compartimento superior, que seria o segundo andar, provavelmente este representava uma cavidade diferentes que acabou se unindo ao pavimento inferior graças ao colapso do seu chão. Nas paredes e corredores da casa, existem reentrâncias que parecem os quartos, o principal corredor passa por uma cavidade que chamamos de cozinha, antecedendo o quintal, que é o outro lado do corpo rochoso atravessado pela caverna, sendo um afloramento onde é possível observar padrões de deformação dúctil e alinhamento de minerais.

**Figura 3:** Compartimentação da “Casa de Pedra”.



A – visão exterior da “Casa de Pedra”; B – escadaria de acesso com aproveitamento das rochas locais; C – escadaria metálica no trecho superior; D – visão do estacionamento (“garagem da Casa”); E – visão da paisagem a partir da varanda; F – salão principal com o segundo pavimento (destaque para uma pessoa de camisa preta no alto); G – salão principal; H – reentrância lateral que forma um dos quartos; I – corredor que dá acesso ao quintal; J – visão do quintal.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

### **Espeleotemas, feições de dissolução, fraturamentos e colapsos**

A precipitação do  $\text{CaCO}_3$  cria, no teto feições como estalactites e canudos de frescos, parte do carbonato de cálcio na solução saturada é depositada ali, porém uma outra parte atinge o chão e cria formas associadas ao também ao gotejamento, mas basal, criando uma variada gama de formas de estalagmites. A expansão do tamanho das estalagmites e estalactites podem formar pilares pelo encontro delas.

**Tabela 2:** Formas e feições identificadas na área de estudo.

Formas identificadas	Tipologia	Descrição
Formas associadas ao gotejamento no teto	Estalactites	Identificou-se ampla gama de formas no teto das cavernas associadas ao gotejamento e precipitações de carbonatos de cálcio oriundos de soluções saturadas.
	Canudos de refresco	Identificou-se este tipo específico de estalactite, com microforma associada ao gotejamento.
Formas associadas ao gotejamento basal	Estalagmites	Identificou-se ampla gama de formas no piso das cavernas associadas à precipitações de carbonatos de cálcio oriundos de soluções saturadas. Sua gênese está associada ao gotejamento que cai do teto.
	Colunas	Identificou-se colunas que marcam a conexão entre uma estalactite e uma estalagmite.
Formas associadas aos fluxos hídricos	Escorrimento	Identificou-se ampla gama de formas associadas aos fluxos hídricos pelas paredes.
	Travertino	Identificou-se formas associadas ao escorrimento e represamento no piso das cavernas.
Feições de precipitação	Coralóide	Identificou-se formas em nódulos milimétricos a centimétricos que se desenvolvem nas paredes e sobre outros espeleotemas.
Feições de dissolução	Honeycomb	Identificou-se alvéolos de dissolução em blocos rochosos e nas paredes de acesso ao compartimento identificado como "quintal da Casa de Pedra".
Feições estruturais	Blocos fraturados	Identificou-se, principalmente, na área que dá acesso ao "Quintal" muitos blocos fraturados. Essas fraturas são pontos de fraquezas que favorecem a ocorrência de fluxos hídricos e a queda de blocos.
Processos gravitacionais	Blocos colapsados	Identificou-se, principalmente, no salão principal e na área que dá acesso ao "Quintal" muitos blocos colapsados.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

Diversas fraturas podem ser visualizadas no interior da caverna, estes pontos de fraqueza favorecem a circulação da água, além de enfraquecerem a estrutura da rocha causando colapso de blocos por ação gravitacional. Os blocos estão espalhados pelo chão da casa, enquanto as fraturas são identificadas principalmente no salão principal e no quintal. A relação das fraturas com as feições de escorrimento e os espeleotemas também pode ser percebido (**Figura 4**), de modo que os locais menos fraturados apresentam menos destas feições.



Figura 4: Representações de formas associadas ao gotejamento na “Casa de Pedra”.



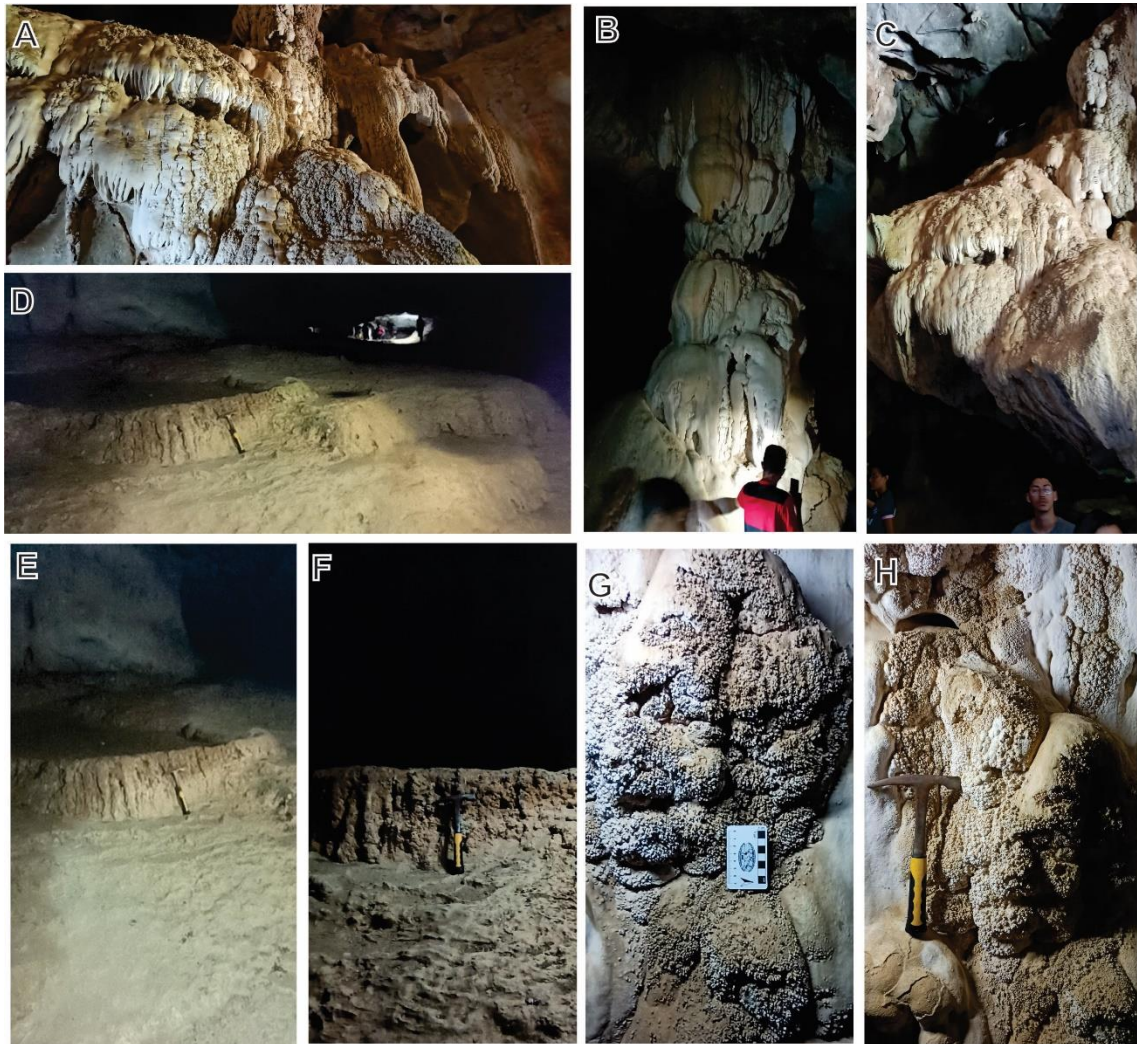
A e B – canudos de resfriamento no teto; C – colunas; D – estalactites e estalagmites evoluindo para uma futura junção; E – gotejamento com início da gênese de uma estalagmite; F – estalactites.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

A água pode também voltar a ter um comportamento agressivo após atingir o chão, alterando quimicamente a rocha e originando formas que acumulam a água, como represas travertino. No fundo dos travertinos há feições irregulares que não se assemelham a formas conhecidas, no momento visitado, as represas estavam secas. Os coraloides são feições pequenas compostas por nódulos arredondadas que se formam em espeleotemas ou paredes (Figura 5).



**Figura 5:** Representações de formas associadas a fluxos hídricos e precipitação na “Casa de Pedra”. A, B e C – formas de escoamento; D, E e F – represas de travertino; G e H – coralóides.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

*Honeycombs* (favos de mel no português) também foram encontrados logo na varanda, estas feições de dissolução também chamadas alvéolos são encontradas em variados tipos de rocha. Situam-se nas paredes do corredor de acesso ao quintal. Na **Figura 6** é possível perceber o tamanho dos *honeycombs* variando do tamanho de centímetros até milímetros, além disso, o tamanho dos blocos que colapsaram perto de pessoas que estão servindo de escala na foto (suas alturas variando de 1,6 a 1,7m).



**Figura 6:** Representações de fraturas (A, B e C), honeycombs (D, E e F) e blocos colapsados (G e H) na “Casa de Pedra”.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

## DISCUSSÃO

### Geoconservação, Geoturismo e desenvolvimento regional sustentável

A criação da MONA Cavernas de Martins é um reconhecimento da importância desta área para a ciência pela sua singularidade. As unidades de conservação são, hoje, uma das ferramentas mais utilizadas a nível mundial para a preservação da natureza

As unidades de conservação dividem-se em dois grupos, as Unidades de Proteção Integral e de Uso Sustentável, sendo o Monumento Natural uma categoria que pertence ao primeiro grupo (artigo 8º, inciso IV, Lei 9.985). Nas unidades de Proteção Integral, o uso de seus recursos só pode ser feito de maneira indireta, com exceções previstas na lei citada anteriormente, o objetivo é promover a preservação da natureza (artigo 7º, Lei 9.985).

O plano de manejo é o que define as normas de uso e manejo dos recursos naturais, além do zoneamento econômico ecológico, zona de amortecimento e corredores ecológicos, este plano deve ser elaborado no prazo máximo de 5 anos após a criação da UC (artigo 2º, incisos XVI, XVII, XVIII e XIX da Lei 9.985). O IDEMA, órgão responsável, ainda não confeccionou o plano de manejo da MONA Martins, tendo até 2027 para tal, onde serão deliberadas normas para visitação e usos para fins científicos e econômicos. No site do IDEMA, ainda não consta

uma data para lançamento do plano de manejo, apenas é dada a informação de que será publicado em breve (IDEMA, 2023).

Sem o plano de manejo, no entanto, não há nenhuma espécie de moderação acerca do que é feito, já que as regulações de uso decididas pelo conselho responsável são definidas oficialmente através do mesmo. Dessa forma, é importante que o plano de manejo seja publicado para que as medidas necessárias para a preservação da MONA entrem em vigor.

A participação e interesse da sociedade civil nesse processo é importante, na medida em que o respeito pela UC, bem como a maneira como esta é aceita onde a lógica da produção e uso da terra comandam, nos levando novamente para a premissa do conhecer para preservar. Temos, então, o geoturismo com o objetivo de associar conhecimento científico relacionado ao relevo e à geologia com as atividades turísticas servindo como um catalisador da reação de aprendizado do público leigo (HOSE, 1995 apud TRAVASSOS, 2019). Essa tarefa exige didática, conhecimento pleno para uso de forma criativa e vontade de realiza-lo compreendendo que a sociedade é um importante agente da conservação.

Nesse contexto, a geoconservação é de suma importância. Enquanto tradicionalmente o pensamento das pessoas é voltado para a conservação dos habitats, entendendo o meio abiótico apenas como um substrato necessário para a subsistência das espécies e daí vem a necessidade de conservá-lo. Na geoconservação as coisas não vivas tem valor por is mesma, seu foco é preservar as taxas de mudanças da geologia, relevo e solos em níveis naturais (SHARPLES, 2002).

A necessidade para a geoconservação está relacionada com o valor que aquele local representa para o ecossistema, pela sua singularidade (intrínseco) e para a humanidade, seja de forma cultural ou científica por ser um importante objeto de estudo (SHARPLES, 2002).

Os civis devem participar das ações e reuniões com o conselho e compartilhar também seus conhecimentos adquiridos de forma empírica através do contato com a natureza em suas vivências.

### **Feições associadas ao gotejamento**

Como o próprio nome sugere, estas feições estão relacionadas com os processos de precipitação e deposição de moléculas de  $\text{CaCO}_3$ , seja no teto, formando as estalactites e canudos de frescos, ou no chão (gotejamento basal), formando estas colunas e estalagmites, onde todas essas feições citadas são espeleotemas.

Os espeleotemas englobam todos os tipos de depósitos minerais formados em cavernas, na maioria das vezes, o mineral que compõe os espeleotemas é a calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), um mineral do grupo dos carbonatos, precipitando na água que circula no endocarste (TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015).

Os canudos de frescos são uma forma inicial, e tendem a evoluir para uma estalactite, podem ser facilmente rompidos com mecanicamente, por isso são considerados frágeis. As estalactites irão ter formato variado dependendo do regime hídrico, uma vez que a frequência e intensidade do gotejamento no teto será ditado pela disponibilidade de água, o formato mais comum encontrado na Casa de Pedra é o de candelabros (MOURA et al, 2019; TRAVASSOS. RODRIGUES; TIMO, 2015).

As estalagmites tratam-se de uma forma complementar das estalactites (geralmente), são resultado também do gotejamento do teto da caverna, seja por um canudo, estalactite ou

diretamente de uma fenda, ao atingir o chão inicia-se a deposição dos minerais (TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015).

As colunas são formas que resultam do contato de uma feição proveniente do chão ou do teto que entra em contato com algo, formando uma conexão entre o que está em cima e embaixo (TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015). Desse modo, classificam-se como coluna: uma estalactite que encontra uma estalagmite ou o chão; uma estalagmite que encontra o teto, uma estalactite ou uma cortina.

### Feições de fluxo hídrico e precipitação

Os escorrimentos recobrem uma grande área no teto e/ou parede das cavernas, o arranjo dos minerais não parece ocorrer de maneira regular, mas gera formas convexas de tamanhos variados, esta feição ocorre em planos inclinados (TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015). Os escorrimentos podem recobrir outras feições mais antigas uma vez que o fluxo passar a conectá-los.

Os coraloides se referem a depósitos de calcário microcristalinos, organizadas na forma de pequenas superfícies convexas (TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015). Podem originar-se tanto em ambientes subaéreos ou subaquáticos, sendo difícil a diferenciação do ambiente em que se desenvolveram e sua textura se assemelha com a de algas calcárias (coralinárias) que formam os bancos de rodolito no fundo oceânico (**Figura 5**) (CAVALCANTI; TEIXEIRA DA SILVA, 1997).

Cavalcanti e Teixeira da Silva (1997) pontuam que os coraloides subaquáticos são gerados de modo mais uniforme, sendo mais “bem formados”, como já explicado, a calcita é o mineral mais comum presente, porém, podem haver tonalidades diferentes em virtude da presença de impurezas na água.

Os coraloides subaéreos são resultantes de processos de gotejamento ou escorrimento, apresentam porosidade maior, geralmente são menores e a maioria dos coraloides tem essa origem (CAVALCANTI; TEIXEIRA DA SILVA, 1997).

As represas de travertino são tufas calcárias duras e compactas. A gênese dessas represas não é bem conhecida, porém está associada com fluxos hídricos constantes e a deposição de  $\text{CaCO}_3$  em algum momento ao longo da evolução da cavidade (TRAVASSOS, 2019; TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015; MOURA et al, 2019).

### Feições de dissolução, fraturamento e colapsos

As feições abordadas neste subtópico não são típicas do carste, tendo em vista que ocorrem com frequência em outros tipos de paisagens não cársticas, sendo elas: as fraturas; os colapsos; e os *honeycombs*.

Gilli (2015) salienta a importância do tectonismo para abertura das fraturas e facilitação da infiltração em profundidade e na distribuição da água pelo endocarste, e que fraturas ocupadas pela água necessitam de gradiente vertical e livre circulação para que haja um fluxo possibilitando a entrada de uma água renovada e agressiva, do contrário, esta ficaria saturada perdendo muito de sua capacidade de reagir com a rocha. Esta zona onde a circulação é livre e rápida chama-se de zona vadosa, enquanto na zona freática as juntas e fraturas estão preenchidas, aqui a circulação se dá pela pressão hidrostática, que por vezes poder ser alta ao ponto de expandi-las mecanicamente (CHRISTOFOLETTI, 1980; Gilli, 2015).



Os planos de fratura criam as condições para fragilização da estrutura da cavidade, propiciando o colapso de blocos. Como destaca Moura et al (2019), embora fraturas e blocos não sejam espeleotemas, também compõem o endocarste, onde este processo pode estar associado a criação de cúpulas de dissolução também citados pelo autor. Estes blocos podem ser recobertos por precipitados e servir de base para a formação de um novo espeleotema.

Enquanto as feições supracitadas referem-se a processos físicos, a dissolução é um processo químico que ocorre em maior ou menor quantidade em todas as rochas, mas acentuadamente naquelas ricas em carbonatos.

Os *honeycombs* (também chamados de alvéolos) se dão ao longo das fraturas de corpos rochosos, sendo originados ainda na fase pré-colapso dos blocos pelo intemperismo químico (MAIA et al, 2022). Normalmente ficam expostos em paredes de grutas, cavernas e tafoni, mas no caso das encontradas na Casa de Pedra, as feições estão nos blocos individualizados que já caíram, o que indica que estas mesmas feições poderiam estar presentes em outras áreas, mas foram cobertas por feições de escorrimento.

## CONCLUSÕES

A criação da unidade de conservação foi um importante passo em direção à geoconservação da área, a publicação do plano de manejo por parte do IDEMA é urgente para que ações futuras se deem de maneira consorciada com o desenvolvimento sustentável.

Fica clara a necessidade da preservação das formas cársticas encontradas na MONA Martins, tendo em vista que sua degradação será irreversível no tempo de vida humano, pois embora possa ser degradado rapidamente, estas formas representam milhares de anos de trabalho em um paleoambiente.

As cavernas representam um importante sítio de interesse científico, com feições singulares para o contexto regional que auxiliam no entendimento da evolução e gênese de relevos cársticos, bem como nas mudanças ambientais experimentadas na região ao longo do tempo geológico.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos pela colaboração da equipe do GEOPAS/UFRN (Grupo de Estudo em Geomorfologia e Paisagens Semiáridas) pelo apoio nas atividades de campo e na elaboração do trabalho. Agradecemos ao LAGESA/UFRN (Laboratório de Geomorfologia e sedimentologia Aplicada) pela infraestrutura oferecida. Por fim, agradecemos também os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

## REFERÊNCIAS

BASTOS, Frederico de Holanda; MAIA, Rubson Pinheiro; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. **Geografia: Geomorfologia**. Fortaleza – Ceará: 1ª edição, 2019.

BRASIL. **Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008**. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional., Brasília, 2008.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

CAVALCANTI, J.A.D.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.. Estudo da evolução dos coralóides botrioidais da Gruta Tamboril, Unaí, Minas Gerais. In: RASTEIRO, M.A.; PEREIRA-FILHO, M. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 24, 1997. Ouro Preto. Anais... Campinas: SBE, 2017. p.49-52. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais24cbe/24cbe\\_049-052.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais24cbe/24cbe_049-052.pdf)>. Acesso em: 28 de jan. 2024.

CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Geossistemas:** uma introdução a Geografia Física. 9.ed., 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CPRM -Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Martins, estado do Rio Grande do Norte. CPRM/PRODEEM, Recife /PE, 2005

GILLI, E. **Karstology: karst, caves and springs.** New York: CRC Press, 2015. 254p.

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Monumento Natural Cavernas de Martins - (MONA Martins). 30 nov. 2023. Disponível em: <http://idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=294259&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=MONA+Martins>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MAIA, R. R.; BASTOS, F. H.; WALDHERR, F. R.; NASCIMENTO, M. L. A.; AULER, A. S. Breves considerações sobre tafoni em inselbergs: aspectos genéticos e morfoestruturais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 1792–1811, 2022. DOI: 10.20502/rbg.v23i4.2090. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2090>. Acesso em: 29 jan. 2024

MEDEIROS, J. F.; CESTARO, L. A.; QUEIROZ, L. S. CARATERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA SERRA DE MARTINS – RN. **Revista de Geociências do Nordeste, Caicó**, v.7, n.2, p. 1-15, jul./dez. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/21397>. Acesso em 26/01/2024.

MOURA, P. E. F. Evolução Geomorfológica do relevo cárstico do município de Martins-Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2017.

MOURA, P.E.F. et al. Espeleometria e descrição do endocarste da Casa de Pedra de Martins-RN. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. Anais... Campinas: SBE, 2019. p.217-222. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe217-222.pdf>. Acesso em 26/01/2024.

QUEIROZ, L. S. et al. Cobertura da Terra e a Vegetação Natural no Complexo Serrano Martins-Portalegre, RN. **Geosul**, Florianópolis, v. 37, n.83 - Dossiê de Biogeografia, p. 92-116, out. 2022.

RIO GRANDE DO NORTE, **Decreto nº 31.754**, de 28 de julho de 2022. Cria o Monumento Natural Cavernas de Martins e dá outras providências. Palácio de Despachos de Lagoa Nova, em Natal/RN, 2022. Acesso em: 25 nov. 2024.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. 3. Ed. Tasmânia: Parks & Wildlife Service web site, 2002

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de Carstologia e Geomorfologia Cárstica**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília: ICMBio, 2019. 242p.

TRAVASSOS, L. E. P.; RODRIGUES, B. D.; TIMO, M. B. **Glossário conciso e ilustrado de termos cársticos e espeleológicos**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2015. 65 p. (ISBN 978-85-8239-032-0)

## CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA DO CEARÁ (CE), BRASIL

João Cordeiro de Moura  
Vanda Claudino -Sales

### INTRODUÇÃO

O meio físico tem sido cada vez mais explorado em função do aprofundamento das atividades econômicas nos territórios, o que requer um uso cada vez mais intenso dos recursos naturais. Tais atividades, por vezes, desconsideram as limitações ambientais dos componentes naturais, causando degradação dos recursos abióticos e bióticos do Planeta.

Nesse sentido, justifica-se a importância de estudos que caracterize os componentes naturais do meio físico, uma vez que se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas que subsidiem o planejamento ambiental e territorial, principalmente voltado ao uso racional dos recursos naturais e ocupação do solo (Teixeira, *et al.*, 2023).

Para Amorim, Loureiro e Spochaki (2021) a intensificação das atividades antrópicas de forma desordenada, sem o devido conhecimento das características do meio físico, têm comprometido o equilíbrio ambiental e proporcionado impactos negativos tanto na natureza como na sociedade.

Dessa forma, para que as políticas de gestão territorial e planejamento ambiental realmente evidencie um caráter sustentável e possibilite uma melhor qualidade de vida à população, é imprescindível um bom conhecimento do meio natural e como a sociedade se relaciona com este meio (Diniz; Oliveira, 2015).

Na microrregião da Ibiapaba, em função das condições climáticas mais favoráveis e a presença de solos muito profundos, friáveis, mecanizáveis nos topos planos da Ibiapaba que são explorados pela agricultura comercial bem como o uso da geodiversidade como recurso para construção civil e para o turismo (Brandão; Freitas, 2014) a região tem suscitado estudos ambientais que façam uma análise pormenorizada dos diferentes componentes naturais do meio físico a fim de embasar o uso sustentável da natureza.

No município de Viçosa do Ceará, as feições geomorfológicas e as formações geológicas se destacam como elementos do meio físico que apresentam um elevado potencial geoturístico, científico, cênico, entre outros que, em alguns contextos, são explorados sem a devida compreensão das suas especificidades, causando impactos ambientais negativos.

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo caracterizar os aspectos geológicos-geomorfológicos do município de Viçosa do Ceará como suporte à gestão territorial e ambiental no território viçosense.

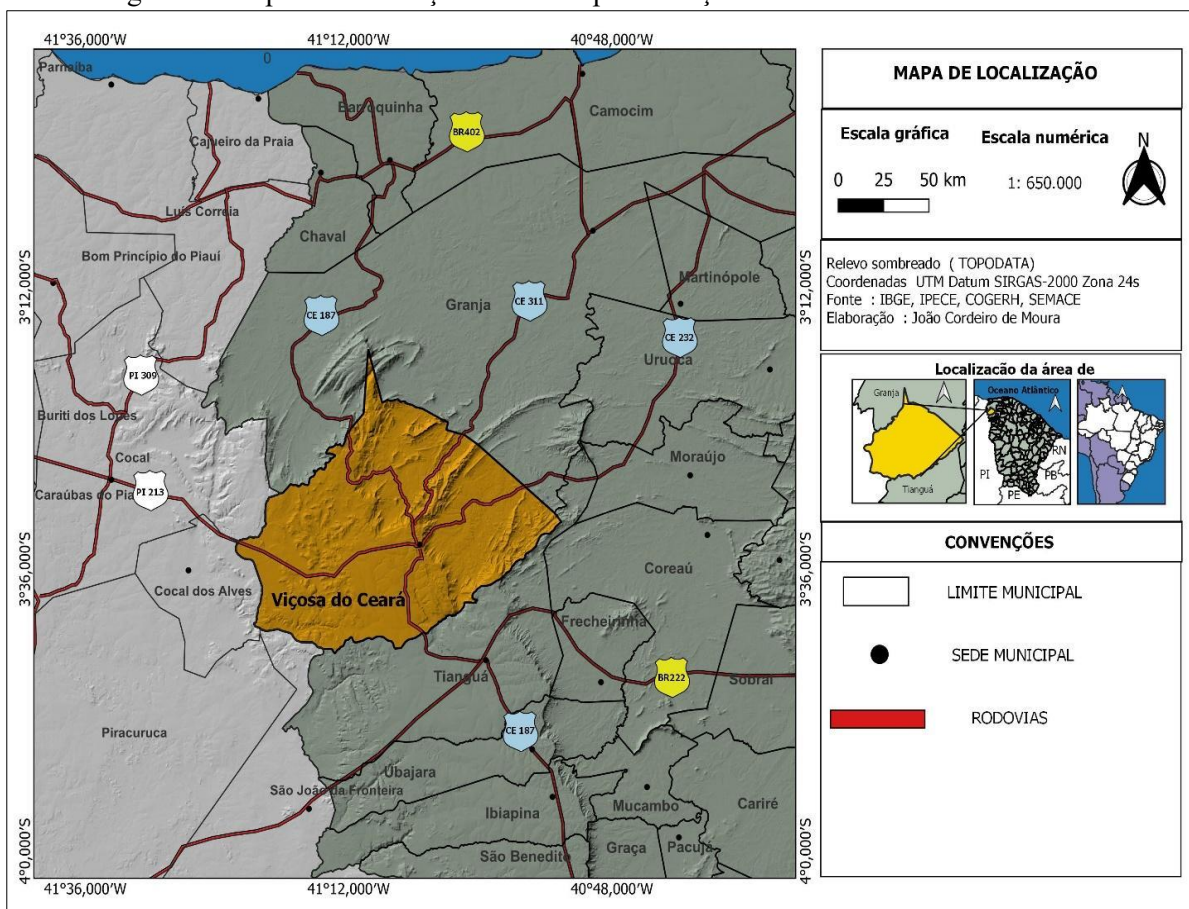
### MATERIAIS E MÉTODO

#### Área de estudo

O município de Viçosa do Ceará (Figura 1) tem uma população de 59.712 habitantes localizando-se na microrregião da Ibiapaba e na Região Intermediária de Sobral. O território do município compreende uma área de 1.310,910 km<sup>2</sup> dividindo -se regionalmente em 8 distritos: Viçosa do Ceará, General Tibúrcio, Juá dos Vieiras, Lambedouro, Manhoso, Padre Vieira, Passagem da Onça e Quatiguaba (IBGE, 2022).



Figura- 1: Mapa de localização do município de Viçosa do Ceará



dentro do polígono da Área de Proteção Ambiental Serra da Ibiapaba e parcialmente (8km<sup>2</sup> na Serra de Ubatuba) no Parque Estadual das Carnaúbas. O município ainda tem uma área de preservação ambiental municipal de 43, 5 hectares denominada Parque Morro do Céu que se localiza na zona urbana.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A metodologia empregada nesta pesquisa, organizou-se em três etapas principais: levantamento do referencial teórico, trabalho de campo e sistematização da caracterização dos aspectos geológicos e geomorfológicos da área de estudo por meio de técnicas de geoprocessamento. No levantamento bibliográfico buscamos autores que dialogam com a temática abordada, destacando autores como Claudino-Sales e Lira (2011), Claudino -Sales (2016, 2018, 2020), Moura-Fé (2015), Pinéo *et al.* (2020) e Santos (2022).

No Trabalho de campo foi feita a análise *in loco* das características gerais dos aspectos geológicos e geomorfológicos e registros fotográficos. Na etapa de geoprocessamento, foram confeccionados mapas temáticos dos componentes naturais em análise. Na elaboração dos mapas, utilizamos os *softwares Qgis 3.22.14* e o *Google Earth Pro*. Para sistematização da base cartográfica, utilizamos o banco de dados das seguintes plataformas: rastrear: Topodata (INPE); Planimetria: IBGE, COGERH, IPECE; Geologia: Pinéo *et al.* (2020); Cartas geológicas: CPRM (Folha Viçosa do Ceará AS.24-y-c-v, Granja, Frecheirinha AS. 24-y-c-v).

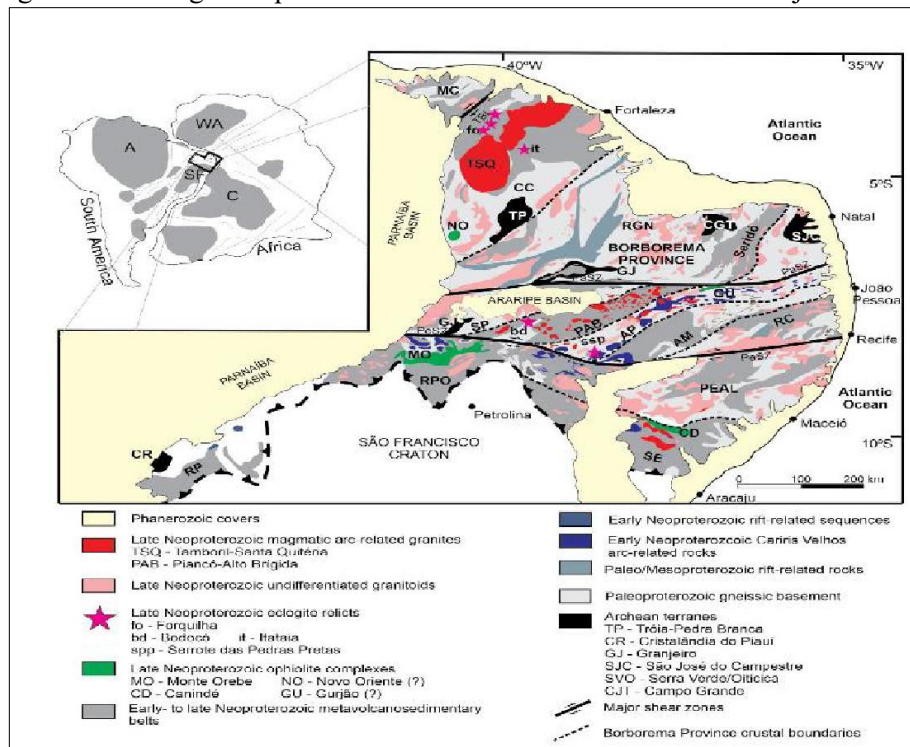
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspectos Geológicos Do Município de Viçosa Do Ceará

O município de Viçosa do Ceará está inserido no contexto geológico do Domínio Médio Coreaú (DMC) e da Bacia do Parnaíba (BP) fazendo parte, respectivamente, da Província Borborema (PB) e da Província Parnaíba (PP) (Pinéo *et al.*, 2020).

A PB (Figura 2) é uma grande estrutura geológica que ocupa uma área de aproximadamente 450.000 km<sup>2</sup> localizada no Nordeste brasileiro. De idade Neoproterozoica, sua evolução tectônica é complexa, sendo relacionada a ciclos orogênicos Pré-Cambrianos, com extensão e ruptura durante o Mesozoico, vulcanismo intraplaca e soergimento desde o Cretáceo (Almeida *et al.*, 2015; Nunes, 2018; Oliveira, 2008).

Figura-2: Geologia simplificada da Província Borborema e áreas adjacentes



Fonte: Santos e Caxito (2021)

Esse grande domínio geológico-estrutural é limitado a sul pelo Cráton do São Francisco, a oeste pela Bacia Paleozoica do Parnaíba e a norte e leste pelas Bacias Costeiras. Essa província é caracterizada por extensas zonas de cisalhamento que remontam ao Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, sendo subdividida em cinco grandes domínios tectônicos: Médio Coreaú, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Transversal e Sul (Nunes, 2018; Oliveira, 2008).

O Domínio Médio Coreaú é limitado a sudeste pela Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II e a oeste pela Bacia do Parnaíba. O DMC apresenta um intenso sistema de zonas de cisalhamento SW-NE, cuja evolução se deu em regime compressivo-transpressivo relacionado ao Brasileiro, sendo composto por diversas litologias com idades que vão do Sideriano (2,5Ga) ao Cambriano (485 Ma) (Araújo, 2014).

Conforme o mapeamento geológico de Pinéo *et al.* (2020), as unidades litoestratigráficas do Domínio Médio Coreaú que afloram no município de Viçosa do Ceará são o Complexo Granja (Sideriano -2,5 a 2,3 Ga), Grupo Martinópole (Criogeniano-720 a 635 Ma) e Grupo Riacho do Sairi (Cambriano-541 a 485 Ma).



As litologias do Complexo Granja que compõem o embasamento Paleoproterozoico é formado por ortognaisses e ortomigmatitos de composições tonalíticas, trondhjemíticas e granodioríticas (TTG), além de paragnaisses migmatíticos, anfibolitos, litologias calcissilicáticas, com a presença de granulitos orto e paraderivados, representados por granulitos máficos, gnaisses enderbíticos e silimanita--granada gnaisses (kinzigitos/kondalitos) (Pinéo *et al.*, 2020). aflorando na área de estudo, sobretudo, nos distritos de Lambedouro e Manhoso no contexto geomorfológico da depressão periférica.

O Grupo Martinópole (Sequência Supracrustal) é dividido em quatro formações dispostas da base para o topo: Formação Goiabeira, Formação São Joaquim, Formação Covão e Formação Santa Terezinha (Pinéo *et al.*, 2020). Apenas as formações São Joaquim, Covão e Santa Terezinha afloram no município de Viçosa do Ceará.

A Formação São Joaquim é formada por quartzitos, metacalcários e rochas metavulcânicas. Já a Formação Covão e Santa Terezinha é composta por um conjunto de carbonato-psamítico-pelítico de baixo grau metamórfico. (Araújo, 2014), com ocorrências nas cristas estruturais presentes no município.

Em relação a gênese, o Grupo Martinópole tem sua evolução relacionada a processos de sedimentação, deformação e metamorfismo, restrita a Era Neoproterozoica, com idade a partir de 775-800 Ma (Figura 3). A Bacia Martinópole inicia com a formação de um rifte, cujo preenchimento inicial é caracterizado pelas rochas vulcânicas da formação basal. (Santos, 1999).

Figura -3: Afloramento com evidência de deformação localizada na Serra de São Joaquim

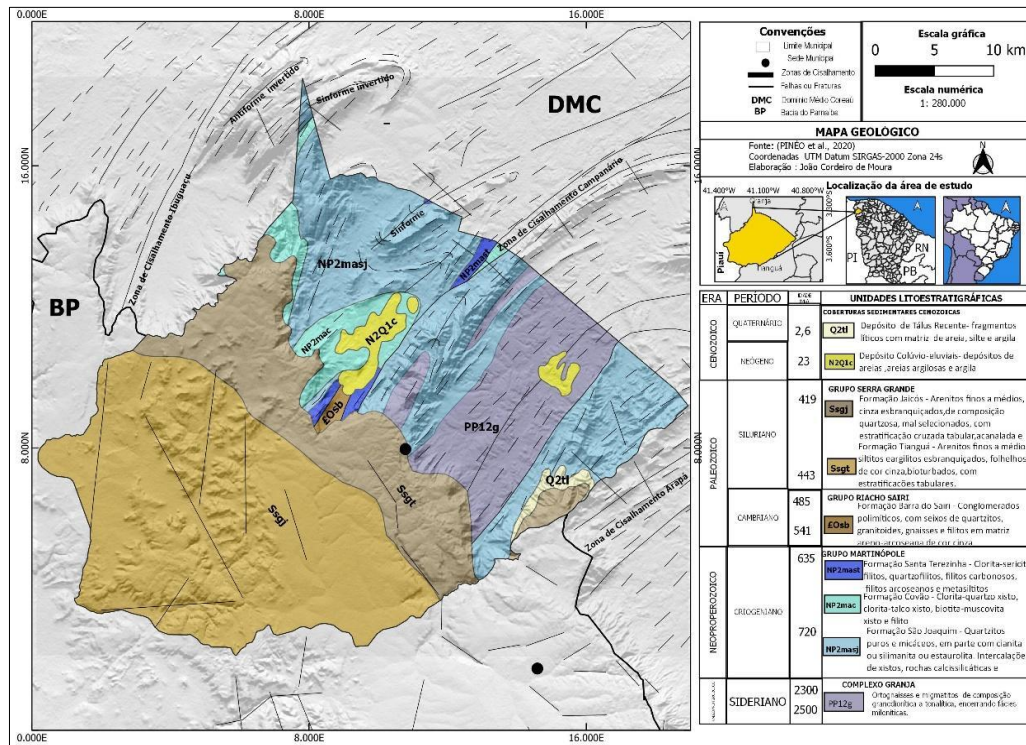


Fonte: autores (2023)

O Grupo Riacho Sairi é dividido em três formações, dispostas da base para o topo: Formação Barra do Sairi, Formação Morada Nova e Formação Fazenda Fortaleza ( Pinéo *et al.* , 2020) . No município de Viçosa do Ceará aflora apenas a Formação Barra do Sairi próximo ao sopé da Ibiapaba no distrito de Passagem da Onça (Figura 4).

A Formação Barra do Sairi é composta por conglomerados polimíticos, com a presença de seixos de quartzitos, granitoides, gnaisses e filitos com matriz areno-arcosiana de coloração cinza (Pinéo *et al.*, 2020).

Figura- 4: Mapa geológico do município de Viçosa do Ceará



Layout cartográfico: Moura (2024)

Em relação à Província Parnaíba (Almeida *et al.*, 1977), essa é uma província estrutural que ocupa uma área de 650.000 km<sup>2</sup>. Considerando sua evolução policíclica, Góes (1995) individualizou a PP em quatro Bacias com características de estilo, gênese e distintas, a saber: a Bacia do Grajaú, Anficlese das Alpercatas, Bacia do Espigão-Mestre e Bacia do Parnaíba (Chamani, 2015).

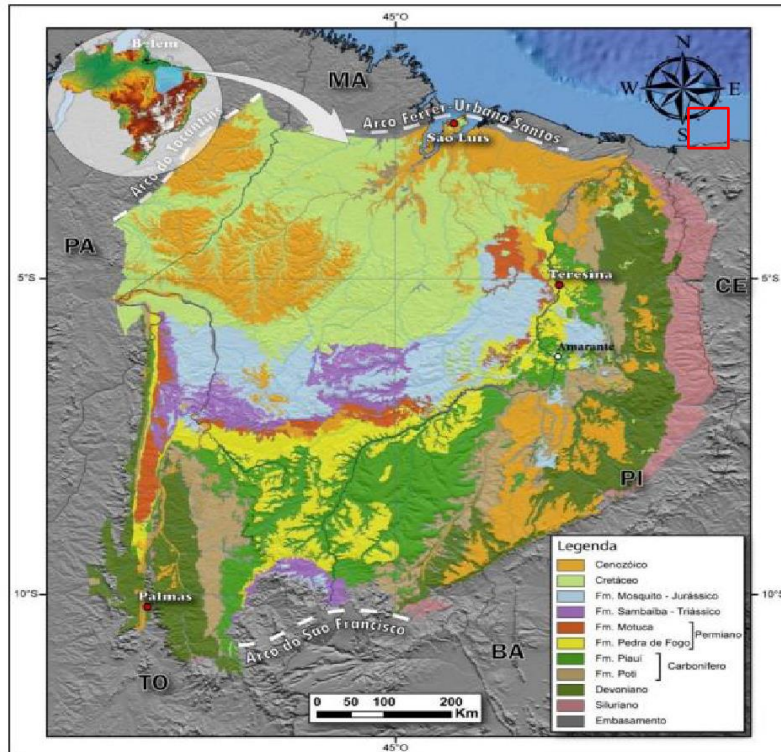
A Bacia do Parnaíba tem uma evolução complexa, distinguindo em estágios evolutivos do Siluriano ao Triássico, do Jurássico e do Cretáceo, além de uma herança estratigráfica e estrutural, cuja origem remonta ao final do Ciclo Orogênico Brasileiro (Lima, 2015).

Em linhas gerais, a evolução tecno-sedimentar da Bacia do Parnaíba é associada a pulsos magmáticos ocorridos durante o final do Ciclo Brasileiro, os quais propiciaram a formação de grabens ou riftes com eixos de direção N-NE (Góes *et al.*, 1990 apud Lima, 2015). Como reflexo desses pulsos magmáticos, estabeleceu-se uma grande depressão Ordoviciano-Siluriana, onde foram depositados os sedimentos fluviais e marinhos rasos que deram origem às rochas sedimentares do Grupo Serra Grande (Cruz, *et al.*, 2019) na fase de subsidência tectônica da Bacia, provavelmente a partir de materiais oriundos do colapso da cadeia Neoproterozoica (Araujo, 2014).

A BP (Figura 5) compreende os estados do Piauí, Maranhão, parte do território do Pará, Tocantins e a porção oeste do Ceará. A Bacia do Parnaíba apresenta uma geometria de superfície assimétrica, do tipo intracratônica, com sua configuração controlada pelo aspecto estrutural do embasamento cristalino (Lima, 2015).



Figura 5 -Mapa geológico da Bacia do Parnaíba com localização da área de estudo



Em Viçosa do Ceará, a Bacia do Parnaíba ocupa aproximadamente 53% da área territorial do município. A Bacia na área de estudo é constituída pelas rochas sedimentares do Grupo Serra Grande que afloram formando um relevo em forma de *glint*.

As rochas desse Grupo apresentam uma idade Ordoviciano-Siluriana, constituído por três formações: Formação Ipu (Formação basal) Formação Tianguá (Formação intermediária) e Formação Jaicós (Formação do topo). ( Pinéo; Palheta , 2021).

Do ponto de vista litoestratigráfico, o Grupo é composto por sequências sedimentares diferenciadas, visto que a sedimentação da camada basal é formada por depósitos fluviais com uma sobreposição sedimentar marinha (Formação Tianguá) com o topo formado por uma camada depositada em ambiente fluvial (Jaicós) denotando um ciclo transgressivo-regressivo completo. (Caputo; Lima, 1984; Cruz *et al.*, 2019).

Em subsuperfície, a Formação Ipu não aflora no município de Viçosa do Ceará, ela é encoberta pela Formação Tianguá. (Caputo; Lima, 1984). A Formação Tianguá é composta por arenitos finos, de cores bege e amarela, de matriz bem selecionada, sendo intercalado por siltitos, argilitos e folhelhos, com marcas de onda e estratificações do tipo espinha de peixe (Pinéo *et al.*, 2020). Já a formação Jaicós apresenta uma espessura máxima estimada de 400m, com contato concordante sobre a formação Tianguá (Caputo; Lima, 1984). A Formação Jaicós é constituída por conglomerados, arenitos conglomeráticos, com estratificações tabular e acanalada, plano-paralelas e cruzadas. (Pinéo *et al.*, 2020).

Sousa (2014) afirma que a Formação Tianguá teve sua deposição em ambiente marinho raso com influência de ondas durante o Venlokiano (Homeriano -430Ma.). Já a Formação Jaicós foi

depositada em um ambiente de delta fluvial em um contexto de maré durante o Ludloviano (Gorstiano -427 Ma).

Essas duas formações presentes no município de Viçosa do Ceará se notabilizam pela presença de icnofósseis<sup>1</sup>. Sousa (2014) identificou a presença de icnofácies Cruziana na Formação Tianguá e icnofácies Skolithos na Formação Jaicós. Os achados foram identificados em camadas de arenitos que estão expostas em um conjunto de cachoeiras do rio Pirangi, na divisa com o estado do Piauí. (Figura 6).



Figura 3: (A) Afloramento com características da Formação Tianguá na Cachoeira do Engenho Velho localizado no limite do município de Viçosa do Ceará com o município Cocal-PI. (B) Arenito da Formação Tianguá com a presença de icnofósseis localizado no leito do rio Pirangi. Fonte: autores (2023)

O município de Viçosa do Ceará também apresenta Coberturas Sedimentares do Cenozoico composto por sedimentos inconsolidados, de idade inferior a 23 Ma (Pinéo; Palheta, 2021). Essas coberturas na área de estudo constituem os Depósitos Colúvio-eluviais que correspondem ao manto de alteração de rochas subjacentes formado por depósitos de sedimentos variados (Pinéo; Palheta, 2021) com ocorrências ao longo da depressão periférica.

Ainda compondo as Coberturas Sedimentares do Cenozoico é possível encontrar Depósitos de Tálus Recente que são formados por fragmentos de rochas angulosos, de tamanhos variados em matrizes cascalhosa, arenosa e areno- -argilosa com ocorrência no sopé da Ibiapaba (Pinéo; Palheta, 2021) no distrito de Lamedouro.

## ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA DO CEARÁ

Do ponto de vista geomorfológico, os principais condicionantes morfoestruturais da paisagem geomorfológica local estão relacionados à Orogênese Atlântica (2, 2 Ga) que originou parte das rochas do embasamento Paleoproterozoico que constitui a depressão periférica do município; a Orogênese Brasileira (600 Ma) que definiu as zonas de cisalhamento de direção NW-SE e EW

<sup>1</sup> Icnofósseis são o resultado das atividades dos organismos que viveram em épocas passadas e que se preservaram nos sedimentos e nas rochas sedimentares (Micheletti, 2017)



e a divisão do Pangeia no Cretáceo inferior (100Ma) que soergueu a superfície regional da área de estudo (Santos; Nascimento; Claudino-Sales, 2020).

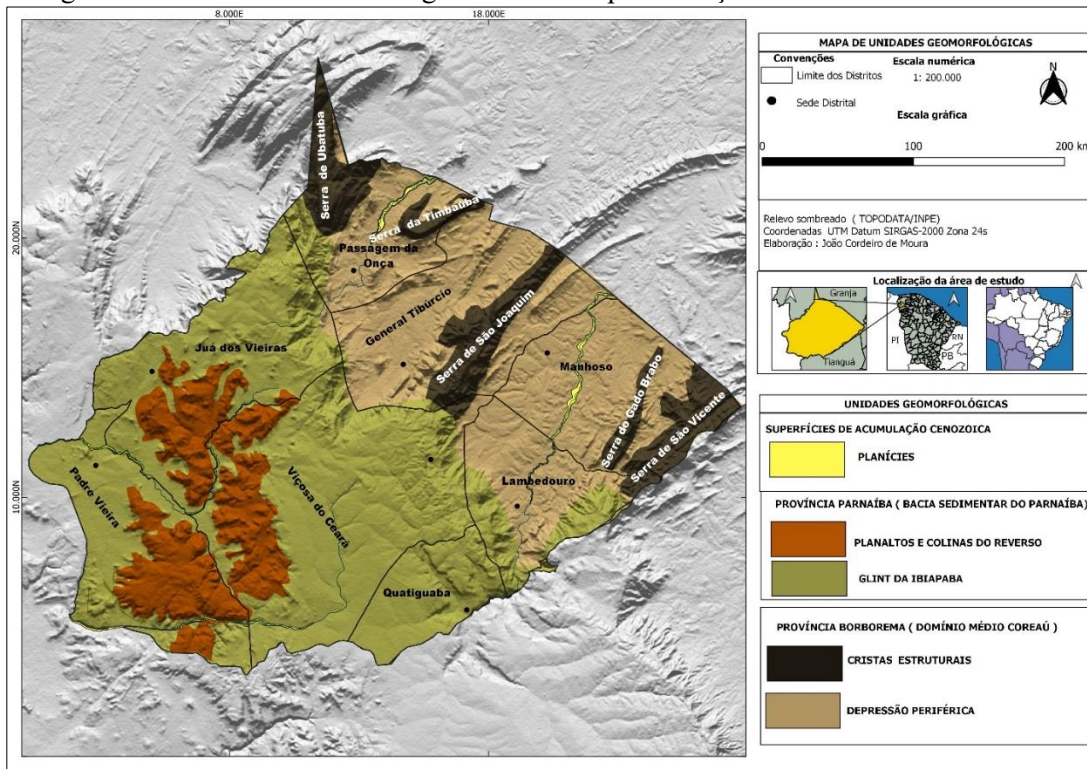
Não obstante, a evolução morfoestrutural do município de Viçosa do Ceará remonta a episódios pretéritos, cujas maiores implicações hoje na paisagem geomorfológica local correspondem à Orogênese Brasileira e à ruptura do Gondwana no Cretáceo. Tais episódios, se expressam na geomorfologia da área de estudo através de soerguimentos e de lineamentos dúcteis e rúpteis que controlam a evolução do relevo, condicionando o trabalho da erosão diferencial cenozoica (Claudino-Sales, 2016; Santos, 2022).

Nesse contexto evolutivo, o município de Viçosa do Ceará apresenta cinco feições que mais se destacam na paisagem, a saber: *glint* da Ibiapaba, planaltos e colinas do reverso, depressão periférica, cristas estruturais e as planícies fluviais. (Figura 7).

Conforme Meira (2020), o *Vocabulaire de la géomorphologie*, define *glint* como um termo de origem sueca que reflete a “borda de platô definida por uma cobertura sedimentar de estrutura acinal repousando diretamente sobre um suporte aplainado” (CILF, 1979, p. 94, Meira, 2020, 84).

Em relação ao *glint* da Ibiapaba, durante a divisão continental do Pangeia no Mesozoico, houve o rifting de certas parcelas dos terrenos nordestinos, tendo os terrenos laterais aos riftes soerguidos na forma de ombros de rifte (Claudino-Sales, 2002). Tal episódio atingiu as litologias sedimentares e cristalinas, formando blocos compactos de rochas soerguidas. (Claudino-Sales, 2002; Claudino-Sales; Lira, 2011). Nesse contexto geológico, a borda nordeste da Bacia Paleozoica do Parnaíba foi alçada, proporcionando a inversão de relevo que deu origem à Ibiapaba (Moura-Fé, 2015).

Figura -7: Unidades Geomorfológicas do município de Viçosa do Ceará



Layout cartográfico: Moura (2024)

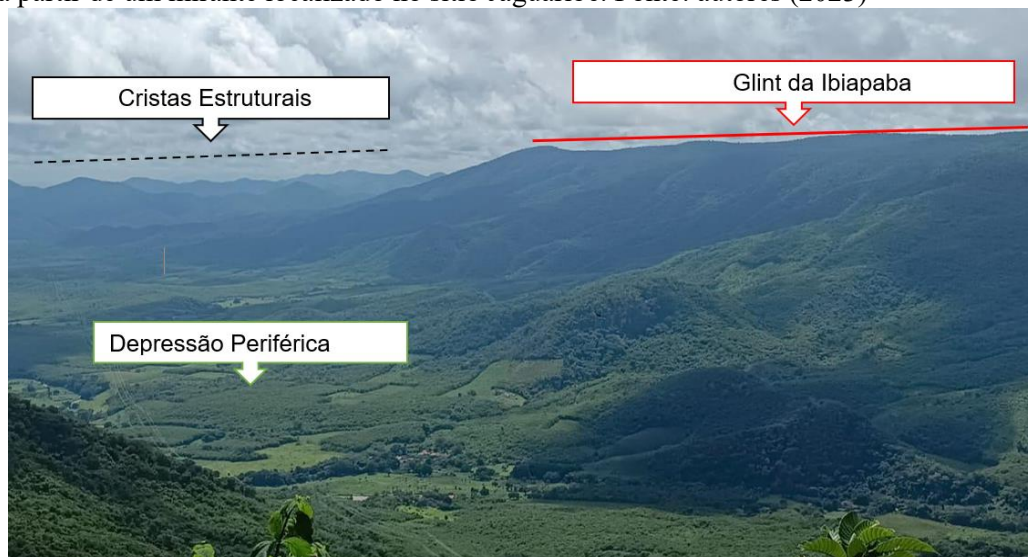
Para Santos (2022), no Mesozoico, a reativação tectônica da Falha Café-Ipueiras e do Lineamento Transbrasiliano soergueu, possivelmente, as estruturas do Domínio Médio Coreaú, que estavam intrudidas pela Bacia Sedimentar do Parnaíba. Ainda conforme o autor, “O alçamento do relevo expôs as escarpas areníticas à retomada da erosão, pela instalação de um novo nível de base regional, responsável pela exumação de blocos estruturais sotopostos à cornija”. (Santos, 2022, p. 184).

De acordo com Costa *et al.*, (2020) a erosão da borda leste da Ibiapaba ocorre de forma distinta conforme a litologia presente na escapa. Da base até setores intermediários da escarpa há presença de rochas cristalinas (nas cotas de 200 até 700m), nesse setor, a erosão promove o recuo da borda. No topo, entre as cotas 700 e 900m, a erosão ocorre pelo colapso de blocos de arenitos da Bacia do Parnaíba.

Nesse contexto evolutivo, a depressão periférica foi desenvolvida a partir do recuo da sinéclise do Parnaíba por circundesnudação, formando uma superfície de aplainamento em rochas gnáissicas e migmatíticas mais tenras (Cordeiro *et al.*, 2021; Santos, 2022), cuja topografia apresenta altitude máxima de 200 metros no município de Viçosa do Ceará.

As condições favoráveis para o recuo da Bacia do Parnaíba, teriam ocorrido, possivelmente, há 65 Ma (Cordeiro *et al.*, 2021). Esse recuo proporcionou a exumação de litologias do Grupo Martinópole que foram metamorfizadas durante a Orogênese Brasileira que submetidas às oscilações climáticas, a partir do Paleógeno, e associadas à erosão diferencial, produziram feições de relevos positivos, resultantes da exposição de quartzitos (Cordeiro *et al.*, 2021; Santos, 2022) que formam as cristas estruturais presentes no município de Viçosa do Ceará. (Figura 8)

Figura 5: Feições geomorfológicas compondo a paisagem do município de Viçosa do Ceará. Registro feito a partir de um mirante localizado no sítio Jaguaribe. Fonte: autores (2023)



As Planícies Fluviais “são as formas de relevo recentes que resultam da acumulação de sedimentos quaternários pela ação dos rios nas áreas mais rebaixadas”. (Santos, 2022, p. 210). Na área de estudo, as planícies dos rios Itacolomi e Ubatuba se organizam conforme o controle estrutural das zonas de cisalhamento do Domínio Médio Coreaú. Já a planície do Rio Pirangi e Gameleira, seguem o caimento topográfico condicionado pelo mergulho das camadas sedimentares do Grupo Serra Grande em direção ao estado do Piauí. (Figura 9)



No topo do *glint* da Ibiapaba, as planícies que estão embutidas entre as litologias do Grupo Serra Grande apresentam-se de forma estreita, cujo regime hídrico é condicionado ao período chuvoso, ao passo que as planícies localizadas no sopé da Ibiapaba tendem a se alargar, em um contexto geomorfológico onde predominam rochas menos resistentes. (Moura-Fé, 2015).

Nesse sentido, é possível constatar que as litologias do Complexo Granja, mostram-se mais frágeis em relação ao entalhamento fluvial do Rio Itacolomi, formando um vale mais acentuado, ao passo que as litologias da formação São Joaquim se mostram mais resistentes ao entalhamento fluvial do Rio Timonha.

Figura -9: Planície do rio Pirangi no reverso do *glint* da Ibiapaba no limite do município de Viçosa do Ceará com o município de Cocal -PI.



Fonte: autores (2024)

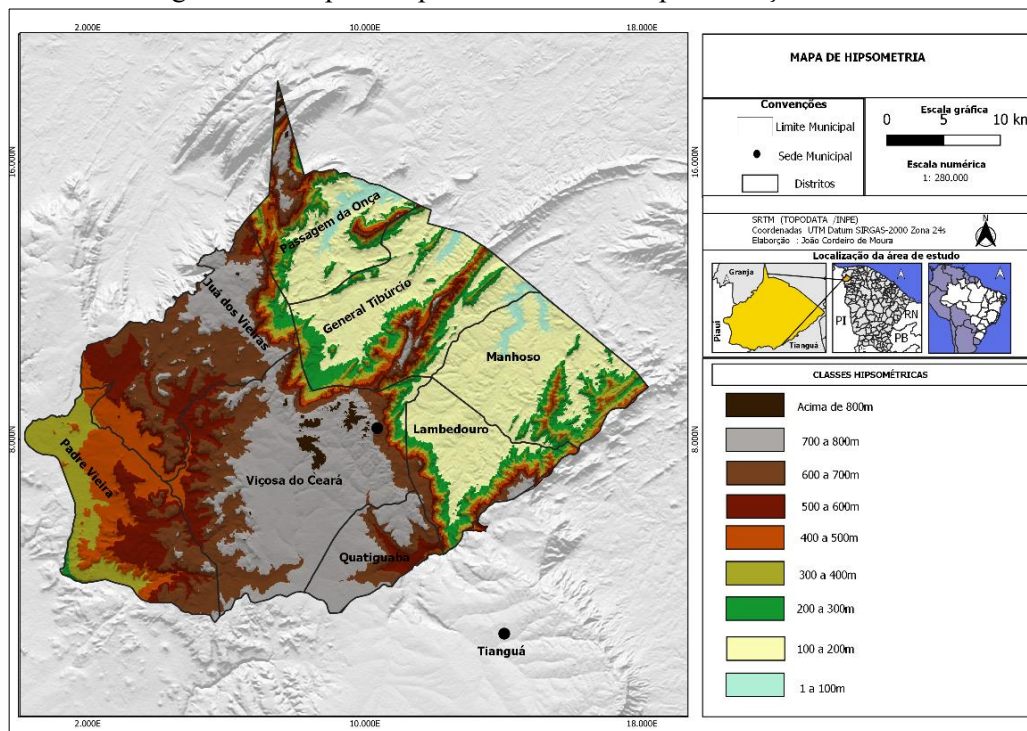
O *glint* apresenta no topo da Ibiapaba altitudes superiores a 700 metros. Essa feição abrange a cidade e 3 distritos (Quatiguaba, Juá dos Vieiras e Padre Vieira) ocupando uma área de aproximadamente 700 km<sup>2</sup> (54%) do município. Já a depressão periférica abrange os distritos de Lamedouro, Manhoso, Passagem da Onça e General Tibúrcio, ocupando 30% do território do município. (Figura 10)

A depressão periférica se caracteriza por ser “uma área deprimida que aparece na zona de contato entre terrenos sedimentares e o embasamento cristalino”. (Guerra; Guerra, 2008, p.193). A feição na área de estudo mostra-se dissecada por lombadas e colinas apresentando altitudes máxima de 200 metros que se estende em direção ao litoral em distância em linha reta em torno de 75 km (Claudino-Sales; Lira, 2011).

A aproximadamente 15km do front do *glint*, o reverso é movimentado pela presença de topografias elevadas constituídas, sobretudo, pelos arenitos da Formação Jaicós. (Grupo Serra Grande). Neste setor, as feições são dissecadas pelos rios consequentes, sobretudo o rio Pirangi e Gameleira que seguem em direção a bacia hidrográfica do rio Parnaíba.

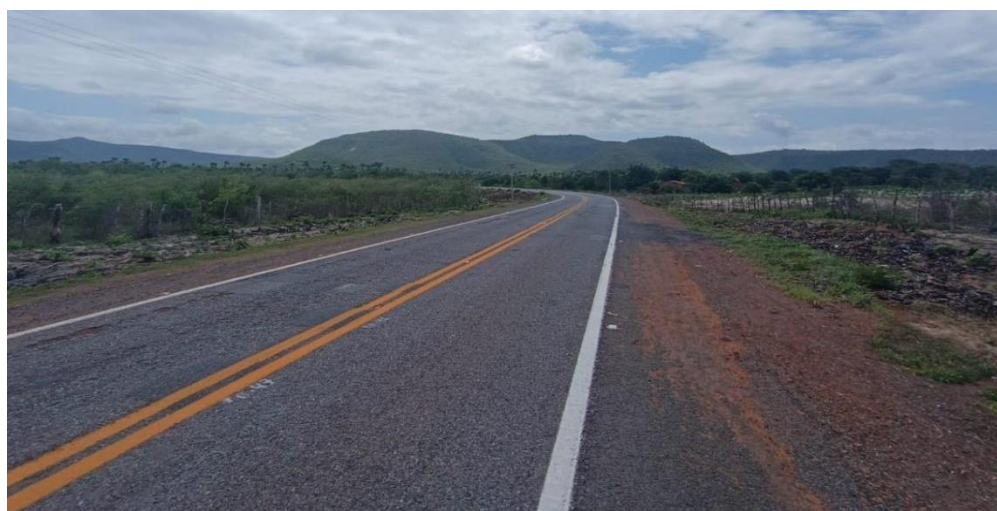
Essas feições elevadas apresentam-se como planaltos e colinas (Figura 11), cuja altitude em alguns setores atingem cotas superiores a 700m. Consoante Santos (2022) essas topografias elevadas preservam a superfície Paleozoica, que recobria, até o Cretáceo Inferior, o noroeste cearense.

Figura -10: Mapa de hipsometria do município de Viçosa do Ceará



Layout cartográfico: Moura (2024)

Figura- 11: Colinas e Planaltos embutidos no reverso da Ibiapaba. CE 232 na localidade Assemim, Viçosa do Ceará (CE).



Fonte: autores (2024)

Conforme Moura-Fé (2015) nesse setor, o reverso é controlado pela arquitetura de fundo da bacia Paleozoica do Parnaíba e pelo controle litológico, sobretudo, em relação ao desenvolvimento de vales fluviais de diferentes portes e perfis, os quais, são fundamentais para o processo de escalonamento do relevo no reverso da Ibiapaba.

Por sua vez, as cristas estruturais na área de estudo, são formadas pelas Serras de São Vicente e Serra do Gado “Brabo” localizadas no Distrito de Manhoso. Também estão presentes no distrito de General Tibúrcio (Serra de São Joaquim) e Passagem da Onça (Serra de Ubatuba e Serra da Timbaúba). É válido ressaltar que na Serra de Ubatuba localiza-se o setor com maior altitude no município de Viçosa do Ceará.

Em relação a Serra da Timbaúba, esta feição tem uma especificidade em relação às demais serras, pois apresenta tanto a disposição do relevo em *hogback* quanto de crista. Tal fato, relaciona-se ao contexto estrutural da área. (Santos, 2022).

As cristas estruturais ocupam 10% do município de Viçosa do Ceará, apresentam-se como um conjunto de serras sustentadas por rochas quartzíticas da Formação São Joaquim com altitude superior a 600m com orientação (SW-NE) herdada das deformações dúcteis do Brasileiro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade natural do município de Viçosa do Ceará tem sua origem relacionada a episódios geológicos que remontam ao Neoproterozoico com a Orogênese Brasileira, passando por profundas alterações no Paleozoico com a formação da Bacia Sedimentar do Parnaíba e no Mesozoico com os soerguimentos no Cretáceo de morfoestruturas que foram retrabalhadas pela atuação sistemática das forças exogenéticas cenozoicas. Portanto, uma história natural de aproximadamente 600 milhões de anos.

Esse percurso evolutivo possibilitou a existência de uma geodiversidade que apresenta um elevado potencial geoturístico, científico, cênico, entre outros que, em alguns contextos, são explorados sem a devida compreensão das suas especificidades, causando impactos ambientais negativos.

Dessa forma, o presente estudo ao realizar a caracterização dos elementos naturais da área de pesquisa apontou que o município de Viçosa do Ceará apresenta uma rica diversidade geológica e geomorfológica que demanda políticas de ordenamento territorial e gestão ambiental que considerem as potencialidades e limitações desses componentes do meio físico.

### Notas:

- (1) Icnofósseis são o resultado das atividades dos organismos que viveram em épocas passadas e que se preservaram nos sedimentos e nas rochas sedimentares ( Micheletti, 2017)

## REFERÊNCIAS

ALAMEIDA, Y.B., JULIÀ, J., FRASSETTO, A., 2015. Crustal architecture of the 1368 Borborema Province, NE Brazil, from receiver function CCP stacks: 1369 Implications for Mesozoic stretching and Cenozoic uplift. *Tectonophysics*. 649, 1370 68-80. Acesso em: 19 jun. 2022.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977, Campina



Grande. Atas do... Campina Grande: SBG, 1977. 499p. (Boletim do Núcleo do Nordeste da SBG, 6) p.363-391

AMORIM, C. D; LOUREIRO, C. Vi; SOPCHAKI, C. H. Caracterização ambiental do município de Quixadá-CE como subsídio ao planejamento ambiental e gestão territorial. Revista Equador, v. 10, n. 3, p. 124-144, 2021.

ARAÚJO, C. E. G. Evolução Tectônica da margem ativa eoproterozoica do Orógeno Gondwana Oeste na Província Borborema (NE-Brasil). 243 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BRANDÃO, R. L; FREITAS, L.C. B. Geodiversidade do estado do Ceará. 2014.

CAPUTO, M. V.; LIMA, E. C. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande – Bacia do Parnaíba. In Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, p.740-753,1984.

CHAMANI,B:O papel de grandes estruturas do embasamento na origem e evolução de bacias intracratônicas. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geoquímica Geotectônica, Universidade de SãoPaulo,2015

CLAUDINO-SALES, V. C. Les Littoraux du Ceará. Evolution géomorphologique de la zone côtière de L'Etat du Ceará, Brésil- du long terme au court terme. Thèse de Doctorat, Université Paris Sorbonne, Paris.2002.

CLAUDINO-SALES, V. C. Megageomorfologia do Estado do Ceará. Novas edições Acadêmicas, 2016.

CLAUDINO-SALES, V. C; LI RA, M. C. Megageomorfologia do Noroeste do estado do Ceará, Brasil. Revista Caminhos de Geografia – UFU(Uberlândia-MG), v. 12, n 38, p. 200-209, 2011

CLAUDINO-SALES, V; LIMA,E. C. ; DINIZ, S. F; CUNHA F.S .S.M Megageomorphology of the Ibiapaba Plateau, Ceará state: an introduction. William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 186–209, 2020. Disponível em: [//williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/14](http://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/14). Acesso em: 23 maio. 2023.

CORDEIRO, A. M. N *et al.* Reflexos geomorfológicos da formação de São Joaquim no noroeste do estado do Ceará, Brasil. Revista GeoUECE, v. 10, n. 18, p. 67-79, 2021.

COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P. BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 11, n. 1, p. 184-208, 2020

CRUZ, E.M. A; C, V. C; SOUSA, D.. Análise Estratigráfica da Sequência Siluriana da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil. Geociências, v. 38, n. 1, p. 33-49, 2019.



DINIZ, M. T. M.; 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

GIRÃO, Raimundo. *Pequena história do Ceará*. 4. ed. ed e atual., Fortaleza. Edições Universidade Federal do Ceará, 1984. 294p. (Coleção Estudos Cearenses, v. 1).

GÓES, A. M. Formação Poti (Carbonífero inferior) da Bacia do Parnaíba. 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-11022014-105309/pt-br.php>. Acesso em: 24 maio 2023.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. 12.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018, 648p. [https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/20418/11/mapa\\_geologico\\_do\\_ceara\\_final.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/20418/11/mapa_geologico_do_ceara_final.pdf).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2022: panorama*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>> Acesso em: 20 dezembro 2023

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Malhas territoriais*. 2021. Disponível em: Acesso em: 27 set 2023

IPECE. Base Cartográfica. *Ceará em mapas*. Disponível na internet: <https://mapas.ipece.ce.gov.br/www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 01/12/2022.

IPHAN. *História de Viçosa do Ceará (CE)*. Disponível em : [http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1420/#:~:text=Primeiro%20munic%C3%ADpio%20criado%20na%20Serra,e%20Croat%C3%A1%20\(ramo%20Tapuia\)](http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1420/#:~:text=Primeiro%20munic%C3%ADpio%20criado%20na%20Serra,e%20Croat%C3%A1%20(ramo%20Tapuia)). Acesso em 28/11 /2023.

LIMA, T. P. C. *Expressão geofísica-estrutural do lineamento transbrasiliano na porção central da Bacia do Parnaíba (Maranhão-Piauí)*. 2015. 88f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MEIRA, S.A... *Subsídios ao planejamento e propostas de promoção do geopatrimônio do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil*. 2020. 332 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020

MICHELETTI, P. M. *Iconofósseis como tema de exposições*. 2017.16. Dissertação (Mestrado em Conservação da Fauna)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP, 2017.

MOURA-FÉ, M. M. *Evolução geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará: Gênese, modelagem e conservação*. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2015

NUNES, J. A. L. *Caracterização litoestrutural de quartzitos da Serra do Mucuripe – NW do Ceará*. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2018.

OLIVEIRA, R.G. Arcabouço geofísico, isostasia e causas do magmatismo cenozoico da Província Borborema e de sua margem continental (Nordeste do Brasil), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal ,411 p. 2008.

PINÉO *et al* P. C. Projeto geologia e recursos minerais do Estado do Ceará: mapa geológico do estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2020. Escala 1:500.000. 1 mapa, color. Disponível em: Acesso em: 27 jun. 2023.

PINÉO, T. R. G; PALHETA, E. S.de M. Projeto mapa geológico e de recurso minerais do estado do Ceará. 2021.

PONTES, L. M.V. Formação do território e evolução políticoadministrativa do Ceará: a questão dos limites municipais. Fortaleza: IPECE, 2010.

SANTOS, F. L. A. Evolução morfoestrutural do Planalto da Ibiapaba (CE/PI) e Noroeste do Ceará, Brasil: interpretações a partir da termocronologia de baixa temperatura. 2022. 279 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SANTOS, F.L.A ; NASCIMENTO, F. R; CLAUDINO-SALES, V. C. Ciclo dos supercontinentes e reflexos morfoestruturais no Noroeste do Ceará/Brasil. *Ateliê Geográfico*, v. 14, n. 2, p. 67-90, 2020.

SANTOS, T.J.S. Evolução tectônica e geocronológica do extremo noroeste da Província Borborema. Curso de Pós-graduação em Geociências – IGCE/UNESP. Tese de doutorado, 186 p. 1999

SOUSA, M.J.G., 2014. Icnofósseis do Grupo Serra Grande, Siluriano da Bacia do Parnaíba, na região de Viçosa do Ceará-CE, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade Federal do Ceará, Dissertação de Mestrado, 138p.

TEIXEIRA, N. F. F; MOURA, P. E F; SILVA, E. V. Caracterização ambiental do município de Pentecoste-CE como aporte ao planejamento ambiental e ordenamento territorial. *Observatório De La Economía Latinoamericana*, v. 21, n. 9, p. 11677-11699, 2023.

VIANA, M. F. Conjunto Histórico e Arquitetônico da Cidade de Viçosa do Ceará: sobre a produção de um patrimônio cultural. 2015.

## CARACTERIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE PEDRA DA ANDORINHA – TAPERUABA E AO MACIÇO RESIDUAL DE IRAUÇUBA/URUBURETAMA (CEARÁ)

Francisco Leandro da Costa Soares  
Fábio de Melo Magalhães  
Vanda Carneiro de Claudino Sales

### INTRODUÇÃO

O presente trabalho, constitui-se de uma caracterização referente a um dia em campo, ocorrido no dia 22 de maio do corrente ano, entre 07:00 às 17:00 horas, no Componente Curricular “Geomorfologia do Estado do Ceará”, ministrada pela prof. (a). Dra. Vanda Carneiro de Claudino Sales. O objeto de análise são as formas junto dos processos que contribuíram na formação e modelagem dos relevos presentes na Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) Pedra da Andorinha (Figura 1 e 2) e, subsequentemente, no Maciço Residual de Uruburetama existente no município de Irauçuba, ambos no estado do Ceará. Esses estão a 42 km e o outro a 79 km de distância da cidade de Sobral (CE), respectivamente.

O objetivo da aula de campo é realizar a identificação e o reconhecimento de caráter geomorfológico das formas de relevo referentes a Geomorfologia do Ceará e que compõem a paisagem do Semiárido Nordeste. Dentre as formas mais comuns nas paisagens visitadas estão: Inselbergues, afloramentos graníticos, *boulders*, tafonis, *knicks*, superfície de aplainamento entre outros. Feições essas, nas quais na posterioridade serão abordadas com profundidade.

A construção da evolução dos relevos é essencial na compreensão e no reconhecimento dos agentes atuantes no pretérito e que influenciaram na formação e constituição geológica e geomorfológica no tempo presente da paisagem do noroeste cearense. No caso desse trabalho, não é de seu intuito a realização dos marcos evolutivos, mas apresentar as notáveis formas de relevos existentes no recorte de visitação e intercalar com o assimilado durante o processo de levantamento teórico e metodológico.

O reconhecimento em campo é de suma importância no entendimento da dinâmica estrutural das composições geomorfológicas presentes na paisagem. Nesse interim, demanda-se a utilização de aportes e suportes teóricos e técnicos, cuja finalidade é a coleta precisa dos objetos a serem averiguados. Dentre o aporte teórico, fundamentou-se na Geomorfologia Estrutural e na escola geológica do Uniformitarismo. No acervo técnico, empregou-se em campo o uso de aparelhos celulares digitais, acompanhamento técnico de profissionais do turismo (Biólogos) e uma Geógrafa-Geomórfologa.

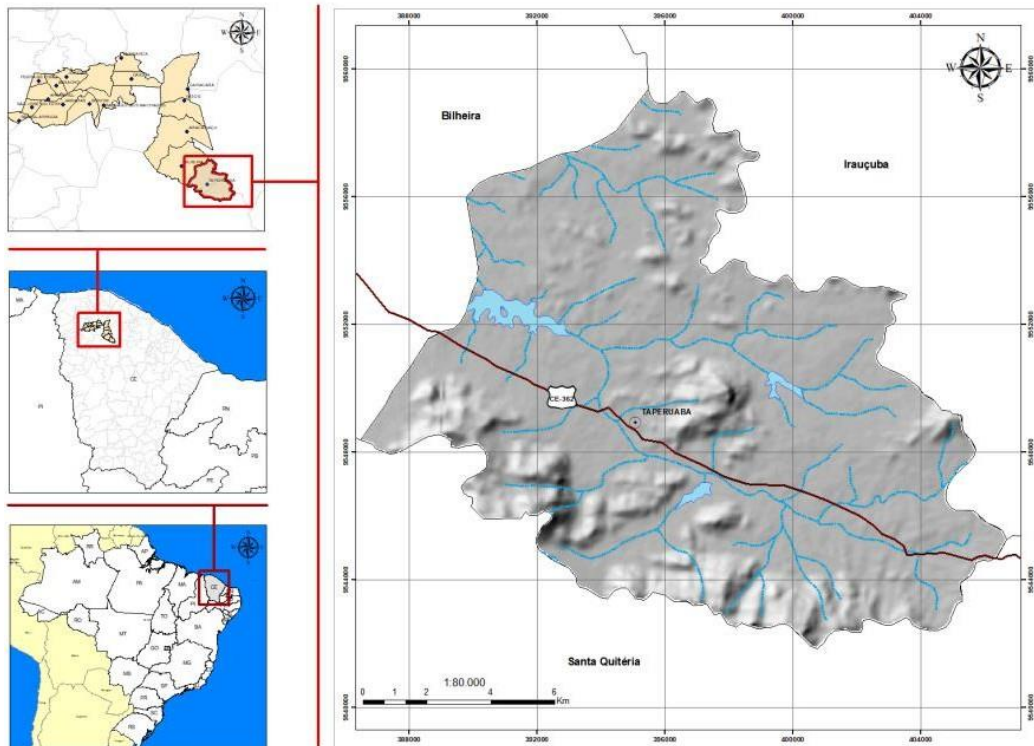
## METODOLOGIA

A Geomorfologia Estrutural de Willian Moris Davis (1850-1934) e o Princípio do Uniformitarismo de James Hutton século XVIII, na qual foi ampliado por Charles Lyell século XIX, serviram como bases na construção e exposição-dialogada das aulas teóricas, na interpretação e reconhecimento em campo das formas e processos atuantes nos relevos presentes nos pontos de destino. Os aportes bibliográfico e cartográfico ficaram a cargo das leituras bibliográficas de pesquisadores da geomorfologia cearense, a citar: Vanda Claudino Sales, Rubson Pinheiro Maia e Frederico de Holanda Bastos, além dos mapas geológicos do Serviço de Geológico do Brasil (SGB) e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2020).

## Descrição do Trajeto de Campo

A visita foi agendada, previamente, junto do setor de transportes da Universidade Vale do Acaraú (UVA) e na Agência Municipal do Meio Ambiente de Sobral (AMA). No dia 22 de agosto de 2023, a professora regente e os 19 discentes matriculados no componente curricular, reuniram-se na UVA-Campus Betânia às 07:00 horas do turno matutino e saíram às 08:30, na finalidade de ingressar no ônibus e assim, dirigirem-se aos locais de destino: REVIS Pedra da Andorinha e o Maciço de Irauçuba.

Figura 1 – Localização do distrito de Taparuaba, Sobral, Ceará.



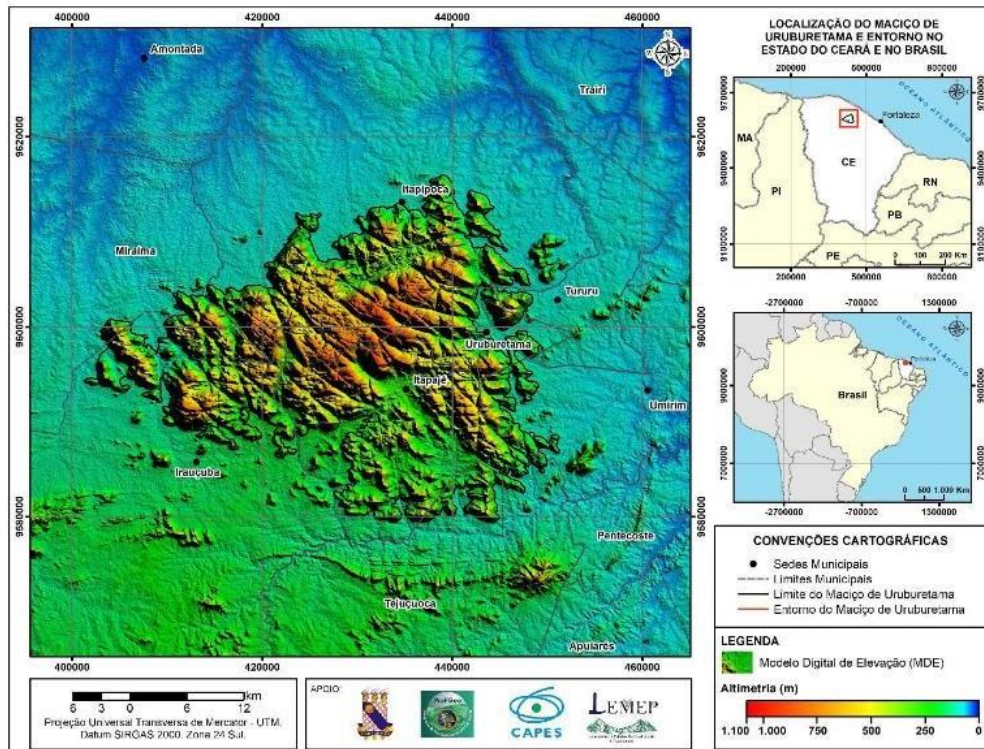
Fonte: RODRIGUES, LIMA, CLAUDINO SALES & TATUMI, 2020.

A chegada, deu-se de início na Pedra da Andorinha às 09:30 e a visita adentrando ao refúgio com seu início em torno das 10:30 do citado turno. Seguindo o itinerário, partimos da REVIS Pedra da Andorinha para a sede do município de Irauçuba, localizada a 79 km de Sobral, via BR 222, onde foram observadas as feições geomorfológicas do Maciço de Irauçuba/Uruburetama.



A saída do primeiro destino aconteceu às 13:00 horas e a chegada foi às 15:30 no município de Irauçuba.

**Figura 2** - Localização do Maciço de Uruburetama e entorno, Ceará, Brasil.



Fonte: LIMA, BASTOS, CORDEIRO & MAIA, 2019.

Com uma explanação com vista para o maciço também conhecido como “Maciço de Uruburetama” realizou-se o percurso de retorno para a cidade de Sobral com chegada as 17:30 no Campus Betânia.

A aula de campo da disciplina de Geomorfologia do Ceará, contituiu atividade importante para o aprimoramento da formação acadêmica dos mestrandos por possibilitar a aproximação do conhecimento teórico com a prática, desenvolvida na observação feita em campo. Nessa aproximação é possível uma experiência rica, na medida em que a produção científica acerca da geomorfologia do Ceará é constatada e exemplificada *in loco*.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Caracterização geomorfológica da revis pedra da andorinha

O Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha (RPA) é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral localizada no distrito de Taperuaba, Sobral, noroeste do estado do Ceará (04°03'51"S e 39°59'51"W) (Figura 1).

Na contextualização Geomorfológica Regional são explícitas formações de relevos típicos da Província Borborema Setentrional. Entre perspectivas clássicas e atuais da geomorfologia do Nordeste e assim do Ceará, as compreendem como consequências de processos de compensação isostática do pós-cretáceo sob sucessivos ciclos de aplainamento e indutores do rebaixamento do nível de base e erosional.

Desde o ano de 2010, geomorfológos e geólogos contemporâneos introduziram a concepção da influência estrutural-tectônica meso-cenozoica (250-60 Ma) na constituição dos relevos modernos. Nessa concepção seus defensores apontam a presença de formas dúcteis e rúpteis sob um embasamento pré-cambriano, expondo morfologias estruturais, subsequentemente, sofreram novos arqueamentos com a divisão do Pangeia formando o Planalto da Borborema e os maciços cristalinos cearenses (CLAUDINO SALES, PEULVAST, 2007; MAIA et al., 2010; MAIA, BEZERRA, 2014; CLAUDINO SALES, 2016; COSTA et al., 2020; SANTOS, NASCIMENTO, CLAUDINO SALES, 2020).

Segundo Claudino Sales (2016), no Nordeste Setentrional passou por dois momentos importantes na sua constituição: uma no período Cretáceo (145 – 65 Ma) e outra na Era Cenozoica (65 Ma aos dias atuais). No primeiro, por conta da reativação das zonas de cisões na divisão do Pangeia propiciou surgimento de vários *rifts* intracontinentais e o soergimento parcelado dos terrenos próximos a essas áreas de intensa atividade tectônica. Já no segundo e mais recente no tempo geológico marcado por forte influências dos fatores e elementos climáticos, favoreceu a erosão e o rebaixamento das áreas litoestruturais com índices de resistências menores deixando somente as intrusões brasileiras, ou paleozóicas em destaque no Semiárido, porção boreal (CLAUDINO SALES; LIRA, 2011).

A partir desses processos intensos Claudino-Sales (2016), afirma que surgiram cinco distintos predomínios geomorfológicos, superfícies de aplainamento com relevos residuais e os maciços cristalinos (as demais são os platôs sedimentares, fachada atlântica e a plataforma continental).

Com os estudos de Rodrigues (2018) e identificadas em campo, a REVIS Pedra da Andorinha esta inserida na superfície de aplainamento com amplos maciços residuais e depósitos sedimentares fluviais do cenozoico (planícies fluviais). As cotas altimétricas variam entre 250-400 metros e a altitude está entre 800 metros com a presença de intensos processos químicos em sua formação.

Conforme Rodrigues, Lima e Claudino Sales (2022), dividem a presença dos relevos na UC Pedra da Andorinha em dois conjuntos: as macroformas e as microformas. Nas macroformas estão dispostos em: *Inselbergs* e/ou *Bornhardts*, *Lajedos* e afloramentos verticalizados. As microformas agrupam-se em: *Boulders*, *Caos de Blocos*, *Tors*, *Castle Koppies*, *Tafoni*, *Alveólos*, *Caneluras/Karren*, *Gnammas*, *Flared Slopes*, *Split Rock* e *Poligonal Cracking* como mostrado no Quadro 1. Essas formações específicas foram constituídas por processos comuns. No caso das macroformas possuem sua gênese nas constituições plutônicas, existindo dessa maneira uma constituição física e química das rochas *in situ*.

Os *inselbergs* são formas compostas de rochas mais resistentes aos agentes intempéricos. A Pedra da Andorinha, localizada na parte boreal do Maciço do Corrente é classificado por Twidale (1998), Rodrigues (2018) e Maia et al. (2018), como um *Bornhardt*, do tipo alongado em forma de torre, sob um *inselberg* dômico com suas encostas desprovidas de cobertura vegetal, topos baixos e a inexistência de *regolitos*.

A taxonomia das macroformas referentes aos *lajedos* e afloramentos verticalizados são formações resultantes de fatores pedológicos e pedogenéticos inibidores nas encostas devido as interferências do clima e assim favorecem a reduzida espessura dos solos (MAIA et al, 2018; BASTOS et al., 2021). As microformas por possuírem uma constituição e um conjunto de características próprias, necessitou-se a execução de um Quadro (2 e 3) para de maneira objetiva as explicitar. A sua formação e evolução morfogenética do *inselberg* segue o padrão mostrado na figura 3.

### Caracterização geomorfológica do maciço de Irauçuba/Uruburetama

Segundo Lima et al. (2019), o Maciço de Irauçuba/Uruburetama está centrado na parte setentrional do território cearense e possuindo cerca de 930 km<sup>2</sup> de extensão, seguindo a direção WNW – ESSE e NW- SE, sendo sua morfoestrutura marcada por dissecações intensas e altitudes variantes entre 500 e 800 m, ainda atingindo as cotas superiores de até 1000 m.

Ainda conforme a autora, por se localizar na margem nordeste da Plataforma Sulamericana, assim como a Pedra da Andorinha, na Subprovíncia Setentrional da Borborema, no Domínio Ceará Central é formada por um embasamento antigo originário do pré-cambriano e sustentado por dobramentos associados as formações plutônicas do tipo granítico pertencentes a Orogênese Brasileira (ANGELIM et al., 2003; FETTER et al., 2000; HASUI, 2012).

Na sua constituição apresenta granitoides de idade neoproterozoica diante da suíte intrusivas Tamboril-Santa Quitéria, datada do Criogeniano (~650 Ma). Interferindo em suas deformações de compressão e esse caracterizado por fraturas e dissecações na forma de cristas e lombos alongados (ou esticados), nas quais estão separados por vales no formato de “V” típicos de clima áridos e semiáridos. Na composição existem a intersecções de planícies alveolares (ANGELIM et al., 2003; FETTER et al., 2000; LIMA et al., 2019) (Figura 4).

Nas bordas encontram-se a superfície erosiva rebaixada, com índices de declividade baixos e cotas de altimetria girando em torno de 200 m (LIMA et al., 2019). No seu predomínio, pode-se identificar dez conjuntos geomorfológicos, entre essas sete são Unidades de Relevos e três são os Modelados. Nas Unidades existem: os Platôs, Vertentes Dissecadas Úmida, Vertente Dissecada Seca, Superfície Erosiva Rebaixada, Planícies Alveolares, Planícies Fluviais e Tabuleiros. Nos Modelados encontram-se três tipos de superfícies: a de Dissecação, Aplainamento e Dissecação (Figura 5).

Observa-se que o maciço de Uruburetama não constitui um relevo maciço contínuo, tendo sido todo dissecado pela ação da água, há milhões de anos. O maciço é entrecortado por vales bem definidos e seguimentos de superfície sertaneja, o que evidencia a origem e desenvolvimento dessas feições associadas, predominantemente, ao intemperismo. O maciço de Uruburetama é formado por granitos brasileiros de 550 a 650 milhões de anos, formados na orogênese Brasileira.

O relevo apresenta áreas mais resistentes em evidência, sustentadas pela rocha granítica, compondo um conjunto de inselbergs e de inselbergs em meio à superfície sertaneja e outras formações expostas no Quadro 2, evidenciando a forte relação estrutural com as feições do relevo, formadas por macroformas e microformas graníticas. Esse conjunto de inselbergs e de inselbergs é único no Ceará com essas características, diferentes de outros, que apresentam vales alçados, que não foram dissecados.

De forma geral, o relevo no maciço de Uruburetama é multifacetado, com vertentes íngrimes, com matacões evoluindo por *Backwearing*. Dentre as feições observadas em campo, destacam-se matacões, formados por intemperismo físico, por meio de alívio de pressão provocado pela alternância do clima na região. Conforme explicação da professora Vanda de

Claudino Sales, sobre a ação do intemperismo na configuração do relevo observado, “*o material do intemperismo desce, formando vertentes desnudas e íngrimes, com cobertura vegetal rala*”. São bem marcados os *Knicks*, que evidenciam o contato do relevo íngreme com a superfície aplainada.

Nas observações no campo são características as principais formas de relevos graníticas encontradas no maciço de Uruburetama, as macroformas associadas ao desenvolvimento de

inselbergs e pães-de-açúcar, e microformas associadas com blocos graníticos (*boulders*, *matacões* etc.), com formas de dissolução como os *tafoni* (feições de dissolução do granito) ou de fraturamento. A singularidade geomorfológica dessas feições são importantes para a compreensão da evolução geomorfológica e climática regional a ser demonstrada nos Quadros 2 e 3.

**Quadro 2** - as macroformas comuns presentes na revis pedra da andorinha e maciço de irauçuba

NOME	CARACTERÍSTICAS
Inselbergs	O termo inselberg é geralmente aplicado ao relevo produzido pelo rebaixamento da superfície em seu entorno (Migón, 2006a), constituindo típicas formas residuais, rochosas e desprovidas de manto de alteração (Bigarella et al., 2009; Twidale, 1998), podendo fornecer informações essenciais associadas à evolução geomórfica dos terrenos nos quais ocorrem ( Matmon et al., 2013).
Bornhardts	Os bornhardts são conhecidos pela sua forma dômica, sendo chamados de inselbergs dômicos (Migón, 2006a; Twidale, 1998); pães-de-açúcar ou pontões (Bigarella et al., 2009), cuja origem e desenvolvimento são atribuídos ao conceito de etchplanação (Twidale,
	2002; Twidale; Vidal Romaní, 2005). O desenvolvimento dos domos está associado ao predomínio de mecanismos físicos, a exemplo da esfoliação, associados às alterações químicas ocorridas através das diáclases de descompressão (Campbell, 1997; Migón, 2006b).
Lajedos e Afloramentos Verticalizados	Ocorrem em setores isolados em superfície horizontalizadas ou em encostas verticalizadas. Essas feições, de acordo com Maia et al. (2018), resultam das limitações pedogenéticas devido à declividade e/ou por condições climáticas que limitam o desenvolvimento de solos, expondo assim a rocha (Bastos et al., 2021).

Fonte: Rodrigues, Lima, Claudino Sales, 2020; Maia *et al.*, 2018; Maia, Rodrigues, 2018; Rodrigues, 2018; Lima et al., 2019; Bastos *et al.*, 2021.

**Quadro 3** - As microformas comuns presentes na revis pedra da andorinha e maciço de irauçuba

NOME	CARACTERÍSTICAS
<i>Grus</i>	De acordo com Rocha (2019), esses relevos são desenvolvidos em subsuperfície, devido a atuação do intemperismo químico, o que resulta em blocos de rochas inalterados e individualizados.



<i>Boulders</i>	Desenvolvidos in situ, deixados no local após a erosão da rocha originária. Outros podem ter sido deslocados da rocha originária para o local onde se encontram.
Caos de blocos	Correspondem a núcleos rochosos inalterados que resistiram aos processos demeteorização no interior do maciço de intemperismo.
<i>Nubbins</i>	São caracterizados como uma massa caótica de compartimentos de rocha destacados, apresentando rochas mais angulares ou arredondadas, embora com algumas chanfradas, podendo as duas formas coexistirem (Twidale; Vidal Romani, 2005).
<i>Tors</i>	De acordo com Rocha (2019), os tors, constituem-se de núcleos de rochas expostos e apoiados por um embasamento rochoso, se caracterizando com os blocos residuais que foram expostos e posteriormente soltos sobre uma superfície rochosa.
<i>Castle koppies</i>	Os castle koppies, também conhecido como inselbergs acastelados (castellated inselbergs), constituem-se de uma parte inferior de rocha maciça e uma parte superior composta por pilares, lados e fissuras (Maia et al., 2018).
Tafoni	De acordo com Migón (2006) a origem dos tafonis ainda não é totalmente esclarecida, no entanto Maia et al. (2018) e Rocha (2019) sugerem que a origem dessas feições está relacionada a descamação por termoclastia e desintegração granular, devido aos processos de intemperismo, como cristalização de sal e ataques químicos por soluções salinas, e umidade provocada por sombreamento de seu interior.
Alvéolos/ <i>honeycombs</i>	Considerados como subclasses dos tafonis. Geralmente essas feições ocorrem em grupo, normalmente ao longo de linhas de fraquezas das rochas, separados por paredes estreitas formando um padrão intrincado denominado de "Estrutura em favo-de-mel" (Migón, 2006)
Caneluras	As Caneluras ou Karren, correspondem a sulcos em superfícies de rochas inclinadas e verticalizadas, variam de tamanho, sinuosidade e seção transversal (Migón, 2006).
Bacias de dissolução	Para Campbell (1997), se desenvolvem ao longo de fraturas, principalmente em intersecção de fraturas, devido a processos

	químicos, e após sua exposição em superfície desenvolvem formas variadas dependendo da estrutura do granito, da inclinação da superfície e do grau de erosão.
<i>Flared slopes</i>	Formas de corrosão desenvolvidas nos pés de escarpas devido ao ataque do intemperismo químico em rochas maciças e posteriormente expostas.
<i>Split rock</i>	O seu desenvolvimento está relacionado à quebra de boulders ao longo de uma única fratura, dividindo-se em duas partes.
<i>Knicks</i>	De acordo com Guerra & Guerra (2005) é um ponto de contato entre vertente e/ou encosta de um inselberg (ou outros relevos elevados), na qual formam um ângulo de contato entre o sopé e uma superfície topograficamente aplainada de um pediplano, ou pedimento.
<i>Polygonal Cracking</i>	Corresponde à uma rede de rachaduras na superfície de afloramentos rochosos, apresentando geometrias variáveis.

**Fonte:** Rodrigues, Lima, Claudino Sales, 2020; Maia *et al.*, 2018; Maia, Rodrigues, 2018; Rodrigues, 2018; Lima *et al.*, 2019; Bastos *et al.*, 2021.

A vasta e complexa composição das macros e microformas apresentadas e incorporadas pelos autores contemporâneos que advogam a influência da Teoria da Etchplanação de J. Budel (1982) na explicação cabível para com a existência e gênese dessas feições geomorfológicas não desconsideram as demais propostas teórico-metodológicas na explicação das demais formações na superfície. Assim, não se desconsidera o papel e as concepções fundamentais da Geomorfologia Estrutural e a insubstituível importância do conhecimento geológico nas suas pesquisas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto é indiscutível a abundante e diversificada presença de formações geomorfológicas na REVIS Pedra da Andorinha e Maciço de Irauçuba. A existência de macroformas (inselbergs, lajedos e afloramentos verticalizados) interrelacionam as constituições rochosas de significativas extensões de ocupação espacial junto das porções litológicas mais resistentes e assim, menos desgastadas, fraturadas, ou intemperizadas em relação às áreas periféricas. O resalto na paisagem, permitiu e favoreceu sua imponência em relação às mais desgastadas pelos agentes erosivos.

As microformas compõem um conjunto de formações únicas interrelacionadas entre os blocos graníticos (*Boulders, tors* etc.) como os fraturamentos (*Split Rock, Polygonal Cracking*). Essas representam a singularização da atuação de processos antigos, mas que seus resultados reverberam no presente da superfície. Nesses os formadores das microformas são os agentes químicos que meteorizaram e dissolveram os materiais menos resistentes e em contraponto, as fraturas, rompem fisicamente a estrutura dos blocos de origem granítica.

Em uma expressiva e necessária abordagem para se compreender e entender a formação dos relevos nas áreas visitadas, muito ainda se carece ser investigado, diante dos métodos e teorias das Geociências. Diante disso, a teoria e o modelo etchplanação de J. Budel (1982) junto a gradativa e intensas ocorrências dos processos morfodinâmicos viabilizam responder aos

questionamentos sobre os relevos macro e microformados no Nordeste Setentrional.

## REFERÊNCIAS

ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; SANTOS, E. J. (2003). Geotectônica do Escudo Atlântico: Província Borborema. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Eds.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas and SIG**. Serviço Geológico do Brasil, Brasília: p.264-281

ARAÚJO-FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds.) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 125-133.

BASTOS, F.H., LIMA, D.L.S., CORDEIRO, A. M. N., MAIA, R.P. **Relevos graníticos do nordeste brasileiro: uma proposta taxonômica**. In Junior, O.A.C., Gomes, M.C.V, Guimarães, R. F., Gomes, R. A. T. (Ed.). Revisões de literatura da Geomorfologia brasileira (pp. 737-762). São Paulo: União da geomorfologia brasileira, 2021.

BUDEL, J. **Climatic Geomorphology**. New Jersey: Princeton University Press, 1982.

CAMPBELL, E. M. **Granite landform**. Journal of the Royal Society of Western Australia, 80,101-112, 1997.

COSTA, L.R.F., MAIA, R.P., CLAUDINO SALES, V. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia [online]** 21. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1447>. Acesso: 20ago.2021.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 20, p. 1-21, 2007.

CLAUDINO-SALES, V.; LIRA, M. V. Megageomorfologia do noroeste do Estado do Ceará, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 38, p. 200-209, 2011.

CLAUDINO-SALES, V. Megageomorfologia do Estado do Ceará: história da paisagem geomorfológica. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmica, 2016.

FETTER, A. H.; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, T. J. S.; NOGUEIRA NETO, J. A.; HENRIARTHAUD, M. U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implication for the existence of the Paleoproterozoic Supercontinent "Atlantica". **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 102-106, mar. 2000. DOI: 10.25249/0375-7536.2000301102106.

## CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO PARQUE ECOLÓGICO FURNA DOS OSSOS, MUNICÍPIO DE TEJUÇOCA/CE, BRASIL

Raissa Beatriz Forte Cruz  
João Luís Sampaio Olímpio

### INTRODUÇÃO

As formas do relevo estão inseridas na noção de geodiversidade, a qual tem a finalidade de permitir o estudo e o esclarecimento das rochas, dos relevos, do clima, dos solos, das águas, sendo subterrâneas e/ou superficiais e condiciona a morfologia da paisagem e a diversidade biológica e cultural. A geodiversidade está presente no planeta Terra como base da biodiversidade, eventualmente contemplando a existência de vida (Brilha, 2005).

Bastos e Cordeiro (2012) salientam que na interpretação de qualquer paisagem natural da Terra deve-se ter a concepção de que a estrutura geológica se apresenta como o componente natural mais antigo, onde os demais elementos, posteriormente, se desenvolveram.

Neste sentido, os terrenos cársticos representam paleoambientes marinhos, retrabalhados ou não, escudidos por processos de intemperização química. Os relevos cársticos podem ser definidos como uma forma de relevo formado pela dissolução das rochas solúveis. Comumente associados a rochas carbonática (Piló, 2000).

Neste sentido, o Estado do Ceará abriga em seu território uma vasta diversidade paisagística (Queiroz; Claudino-Sales, 2020), as quais são constituídas por relevos sobre rochas sedimentares e cristalinas e depósitos sedimentares de idades variadas (Claudino-Sales, 2011), sendo o resultado de forças modeladoras endógenas e exógenas. Com relação aos relevos cársticos do estado ocorrem, predominantemente, em calcários cristalinos pré-cambrianos, sendo o mais conhecido exemplo o relevo cárstico formado nos metacalcários da Formação Frecheirinha no setor noroeste do Ceará (Cavalcante *et al.*, 2019).

Todavia, outros sítios também possuem tais feições e são objeto de estudos mais recentes, notadamente a Casa de Pedra, no município de Madalena e a Furna dos Ossos, em Tejuçuoca (Moura, Garcia e Brilha, 2017). Está última foi selecionada como área de estudo devido a representatividade das formações ocorrentes (Cavalcante *et al.*, 2019). Em função disso, na gruta foi instituído o Parque Ecológico Furna dos Ossos (PEFO) sob responsabilidade da autarquia municipal.

Entretanto, há falta de estudos que forneçam subsídios para as estratégias que busquem a valorização e uso sustentável dos patrimônios naturais e culturais do PEFO. De início, é de suma importância a realização de pesquisas que discorram sobre as geoformas do Parque Ecológico Furna dos Ossos. Nesse sentido, a pesquisa tem como objetivo realizar uma caracterização geomorfológica do Parque Ecológico Furna dos Ossos do município de Tejuçuoca/CE, Brasil.

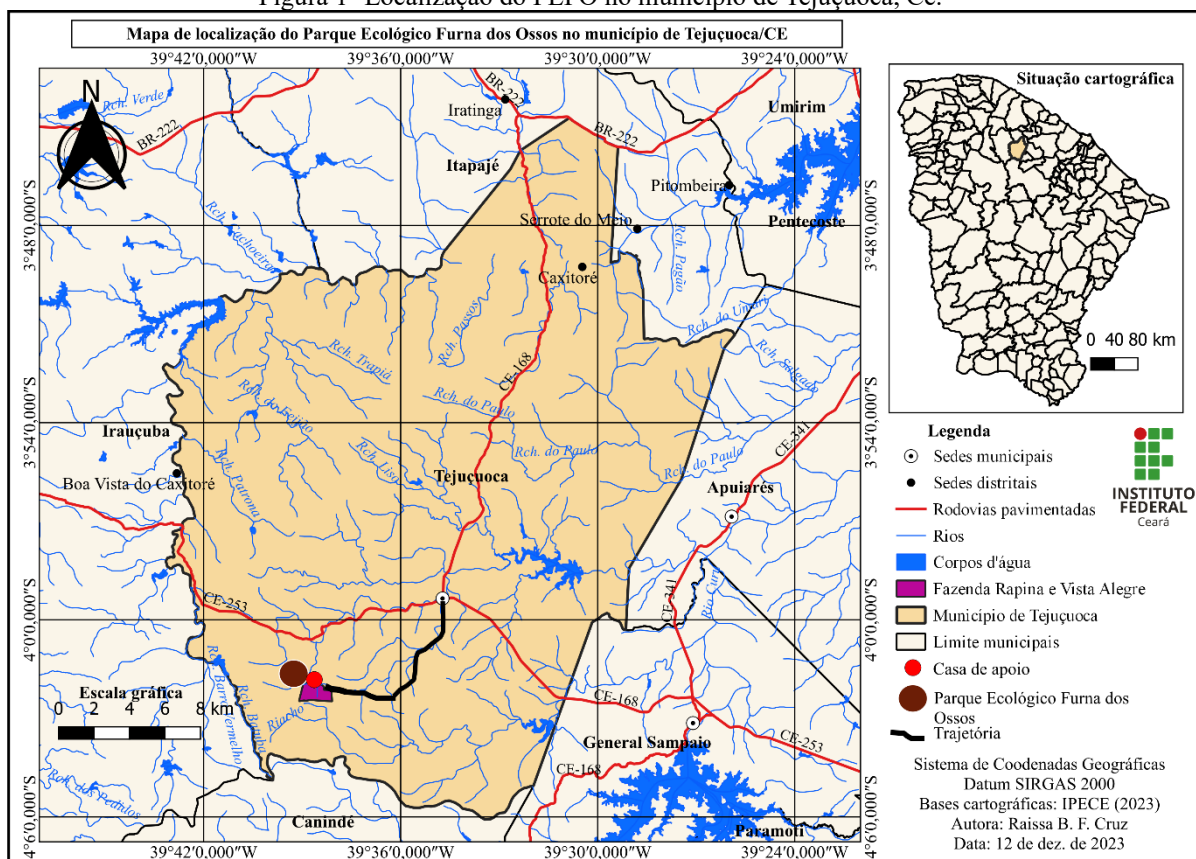
Desse modo, espera-se que a pesquisa contribua com trabalhos futuros, principalmente nos temas da geodiversidade no domínio geológico do Ceará Central, além de contribuir para ações voltadas para geoconservação, geoturismo, geoeducação e conhecimentos sobre espeleotemas.



## ÁREA DE ESTUDO

O Parque Ecológico Furna dos Ossos está localizado no município de Tejuçuoca, estado do Ceará (Figura 1), a aproximadamente 13 km de distância da sede urbana municipal. O parque ocupa 20% da área do Assentamento Macaco (Texeira, 2018), o que corresponde a área de 144,5 hectares. Localmente, é abrangido parte das Serra da Catirina e Serra do Macaco. A figura 1 exibe a localização do PEFO, inserido na Fazenda Rapina Vista Alegre, pertencente a associação do Assentamento Macaco. O parque possui 62 hectares áreas visitáveis, onde estão as grutas (Mapurunga, 2003). Os visitantes têm acesso a trilhas e a um centro de apoio. Devido a sua localização, PEFO é propenso para as medidas de conservação, já que a área é distante da zona urbana.

Figura 1- Localização do PEFO no município de Tejuçuoca, Ce.



Fonte: autores.

O município de Tejuçuoca está inserido no contexto climático do Tropical Quente semiárido nordestino brasileiro. As médias pluviométricas são de 659,5 mm, com período chuvoso de janeiro a abril. As temperaturas médias mensais oscilam entre de 26° a 28° C (IPECE, 2017).

As classes de solos predominantes são: Neossolo litólico eutrófico, Argissolo vermelho-amarelo eutrófico e Luvisolo crônico órtico. De maneira geral, ocorrem solos de natureza siltico-argilosa a argilosa, com características físico-químicas favoráveis para as atividades agrícolas (IPECE, 2021). No que se refere aos aspectos hidrográficos, o município está incluído na bacia do Curu, localizada no centro-norte do estado do Ceará, sendo drenada por rios intermitentes.

O município está situado no domínio geológico Ceará Central, pertencente a província da Borborema, especificamente nas unidades geológicas Canindé do Ceará, Arneiroz, Tamboril, Independência e Lagoa Caiçara. O PEFO é caracterizado pela ocorrência de rochas metamórficas, representante do Complexo Canindé do Ceará Canindé (Brasil, 2021).

## MATERIAL E MÉTODO

Esta pesquisa tem um caráter exploratório de natureza qualitativa e foi realizada em três etapas, as quais são detalhadas abaixo.

Na primeira etapa foi realizada a revisão bibliográfica dos temas estudados como, geomorfologia cárstica, relevos cárstico (Christofolletti, 1980; Kohler, 1989), geodiversidade (Brilha, 2005), cavernas (Nascimento, 2010), carsificação (Luca e Lúcio, 2020), espeleologia (ICMBio, 2019), formação geomorfológica-geológica do Ceará (Claudino-Sales, 2016; Brandão; Freitas, 2014), entre outros termos associados. Além dos estudos realizados no município de Tejuçuoca e no Parque Ecológico Furna dos Ossos (Texeira, 2018; Mapurunga, 2003; Cavalcante *et al.*, 2019; Moura, Garcia e Brilha, 2017).

Na segunda etapa ocorreu o trabalho de campo, realizado através da trilha ofertada no PEFO no dia 29 de novembro de 2023 percorrido 4,12 km, com auxílio do aplicativo *Wikiloc* para marca cada ponto visitado.

Na terceira etapa foi elaborado um mapa, utilizando o Sistema de Informação Geográfica – SIG (*software* Qgis, versão 3.28.6), com o propósito de localizar a área de estudo. As informações utilizadas se deram pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, e pelo Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR para localizar o Assentamento Macaco.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PEFO se encontra no maciço residual com cerca de altitude de 411 m de sua área visitável. Mas atingindo 620 m de altitude da área não partilha de trilha, observa-se que a altimetria supera a cota de 600m.

Segundo Souza (2000) maciços são constituídos de rochas cristalinas, muitas vezes por litologias metamórficas, dissecadas em feições convexas e aguçadas com presença de neossolos litólicos e drenagem com padrões dentríticos e subdentrítico, representando as serras e serrotes que se caracterizam pelas elevadas altitudes, entre 400 e 800 metros. Outras feições residuais de maior dimensão são os maciços residuais cristalinos que podem apresentar características climáticas mais úmidas daquelas configuradas nas depressões sertanejas (Bastos, 2012).

A área em estudo apresenta geomorfológicas cársticas. As morfologias cársticas identificadas em ambientes secos, constituem importantes indicadores paleoclimáticos, devendo ser interpretadas como feições herdadas de períodos nos quais a precipitação e a umidade eram mais expressivas (Auler *et al.*, 2005; Bigarella *et al.*, 2009). Segundo Cavalcante *et al.* (2019) não há uma condição hidroclimática favorável para explicar a expressiva ocorrência de feições exocársticas e endocársticas identificadas na área.

As paisagens cárstica existentes são de rochas carbonáticas, sendo modeladas pelo processo de carsificação. Segundo Luca e Lúcio (2020), a carsificação é definida, como o conjunto dos mecanismos e processos que condicionam a criação/perda de porosidade/permeabilidade

durante o desenvolvimento da sucessão sedimentar carbonatada. Rodrigues *et al* (2007) destaca como ponto central na formação e evolução das paisagens cársticas a carsificação, como:

Conjunto de processos baseados, fundamentalmente, na infiltração da água e na dissolução que esta provoca sobre as rochas que conduzem a criação e evolução das paisagens cársticas. Desenvolvendo-se, sobretudo, sobre rochas carbonáticas, mas também, em rochas evaporíticas muito solúveis, conduz ao aparecimento, à superfície, de lapiás, dolinas e outras depressões fechadas, vales secos, canyons, sumidouros e ressurgências e, em profundidade, de lapas e algares (Rodrigues *et al.*, 2007, p. 33).

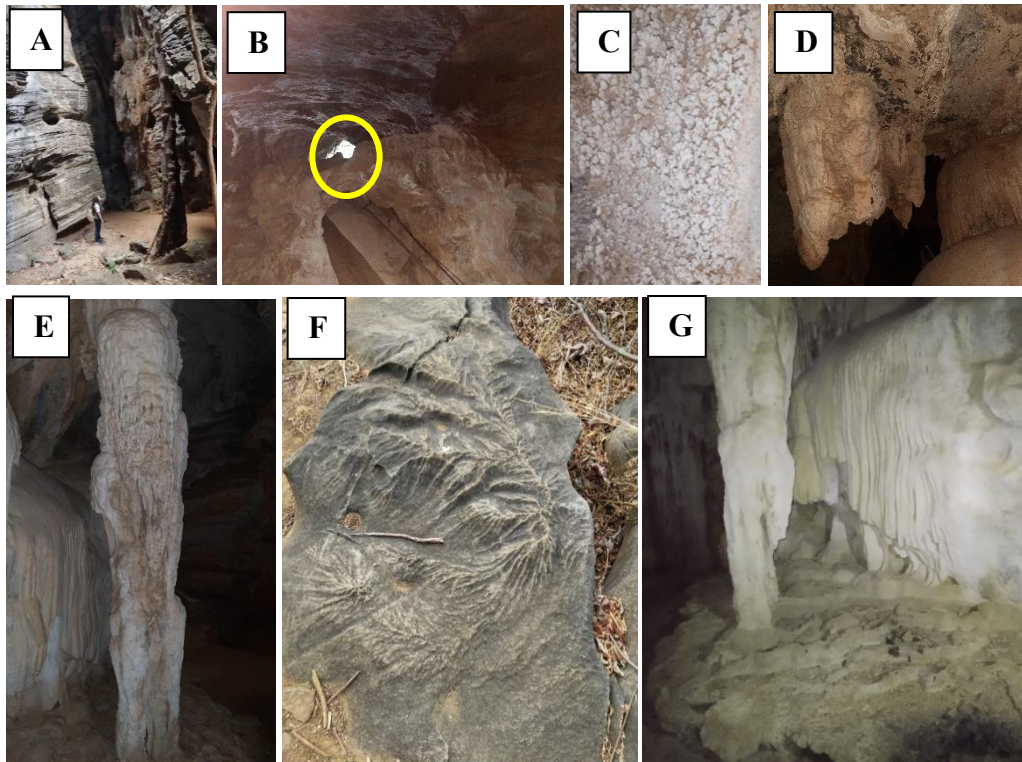
As rochas carbonáticas (calcários, dolomitos, mármore, etc.) possuem a propriedade de serem solúveis ao ataque de águas ácidas (ICMBio, 2019). Deste modo, o processo de carbonatação é responsável pela dissolução das rochas metamórficas, como o mármore. A água acidificada percorre os condutos e as fraturas, é escoada através do processo de gotejamento ocorrendo, assim, à precipitação mineral ao final da carbonatação (Moura, 2017).

Entretanto, para o desenvolvimento das paisagens cársticas, além da presença de rochas carbonáticas solúveis é necessário que os carbonatos contenham poucas impurezas, porque uma quantidade significativa de resíduos insolúveis permanece após a dissolução do calcário, e em pouco tempo se colmata a superfície do solo, prejudicando severamente o processo de dissolução (Nascimento, 2010).

O PEFO ocorre um conjunto de grutas e outras formas de relevo exibindo aspectos ruiniformes e cavernamentos diversos (CPRM/SGB, 2014). O modelo ruiniforme são estruturas retratada por diversos fraturamentos, que apresenta erosão diferencial entre os depósitos de rocha carbonática, os quais são heranças de processos geológicos e geomorfológicos, mais ou menos complexos, que se enquadram na categoria das paisagens de exceção, dotadas de uma inegável vocação turística (Ab'Sáber, 1977). Nesse território ocorrem relevos cársticos elaborados em metacalcários (mármore).

Nesse sentido, conforme foi observado no trabalho de campo, é possível observar a presença de feições cársticas no PEFO, as quais são descritas a seguir. Na figura 2 são apresentados os relevos cársticos observadas em campo, com destaque para as feições de endocarste, ou seja, dentro das cavernas, e exocarste, em seu entorno.

Figura 2 - Feições Cársticas no Parque Ecológico Furna dos Ossos. A – Entrada de Caverna; B – Claraboia; C – Coralóides; D – Estalactite; E – Coluna; F – Lapiás; G – Micro-represa de travertino.



Fonte: autores.

### ***Cavernas***

É bastante comum nos terrenos cársticos, a formação de cavernas, a exemplo do que ocorre no parque. Nesse sítio foram identificadas sete cavernas. Conforme assegura o Decreto federal nº 6.640, de 7/11/2008, a caverna é:

cavidade natural subterrânea é todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante (Brasil, 2008).

As cavernas possuem aberturas naturais. É comum em todas as áreas cársticas, se desenvolver cavernas, justamente pelo fato da água, que penetra na rocha por meio das fraturas, ocorrendo uma dissolução mediante do dióxido de carbono (Figura 2A).

Um dos fatores para essa ocorrência é por meio dos depósitos químicos, que para Hill e Forti (1997), em cavernas carbonáticas são recorrentes, e em relação a composição química encontrada tem-se grande quantidade de minerais tais como: carbonatos, fosfatos, cloretos, nitratos, silicatos, sulfetos e alguns óxidos e hidróxidos.

No que tange a circulação da água subterrânea, pode-se distinguir duas zonas: na zona superior, ou zona vadosa, em que a água circula livremente e de modo relativamente rápido, e na inferior, ou zona freática, a água circula sob pressão hidrostática e todas as fissuras e juntas estão



preenchidas. Em ambas as zonas a água tende a coletar-se em canais bem os processos básicos na formação de cavernas.

A água é um dos principais elementos para a formação da paisagem cárstica. Moura (2017) destaca outros agentes externos como fator de formação:

Nas ocorrências de climas úmidos há uma maior degradação química da rocha, que leva a uma maior formação de solo, que por sua vez é passível de sustentar maior quantidade de vegetação, que através da decomposição oriunda dos organismos aumenta a inserção de CO<sup>2</sup> no solo. Assim, há um processo de retroalimentação positiva da manutenção e aumento dessa cobertura em climas úmidos. Em climas secos o processo tende a diminuir a cobertura vegetal, pela escassez de água, que diminui a presença de solo devido à falta de obstáculos físicos para amenizar a meteorização da água, o que por consequência vai removendo o solo que não possui mais capacidade de desenvolvimento a partir da degradação da rocha do embasamento, tão rápido quanto em um clima úmido. Por fim, o carste coberto, ao ser exposto a um clima seco, tende a exumar suas estruturas e feições enterradas (Moura, 2017, p. 72).

Os interesses mais comuns nos estudos de cavernas são as feições encontrados nelas, como as denominados de espeleotemas. Estes se desenvolvem-se por causa do gotejamento contínuo da água do teto da caverna, resultando na precipitação do carbonato de cálcio.

O carbonato de cálcio é o principal constituinte da grande maioria dos espeleotemas nesse tipo de rocha, com ocorrência de minerais de calcita e aragonita (Rehme, 2008). O constante contato entre a água e o calcário produz diversas aberturas que podem se manifestar através de formas endocársticas ou exocársticas (Casseti, 1995).

### *Fauna*

O ambiente cavernícola apresenta algumas características bastante peculiares, isso quando comparado ao ambiente epígeo. Dentre estas características podemos citar a ausência permanente de luz e a tendência na estabilidade das condições ambientais, tais como temperatura e umidade (Culver, 1982). Esses fatores tornam as cavernas um habitat para uma fauna e flora adaptadas.

Sedimentos clásticos e químicos possuem notável potencial para estudos diversos, além de servirem de substrato à fauna e influenciarem a dinâmica e a evolução da caverna. O ambiente da caverna favorece a preservação, devido à menor atuação de fatores destrutivos como intemperismo (vento, calor) e agentes biológicos (ICMBio, 2019).

### ***Dobramentos em mármore***

São dobramentos em sentidos multi-direcionais, documentando, assim, antigas tensões tectônicas ocorridas na história geológica da Província Borborema (Rocha *et al.*, 2018). É possível caracterizar a tectônica de dobramento através dos atributos permitindo uma série de interpretações na análise ambiental, os quais o CPRM/SGB (2014) destaca:

-- Ausente: sedimentos inconsolidados (aluviões, dunas, terraços etc.); Não dobrada: sequências sedimentares, vulcanossedimentares e rochas ígneas não dobradas e não

metamorfizadas. Pouco a moderadamente dobrada: a exemplo das sequências sedimentares ou vulcanossedimentares. Moderadamente a intensamente dobrada  
Intensamente dobrada: a exemplo das sequências sedimentares ou vulcanossedimentares complexa e intensamente dobradas e das rochas granito-gnaiss migmatíticas (CPRM/SGB, 2014, p. 94)

E ocorrem sempre concordantes em todos os domínios da área sugerindo que são contemporâneos em relação aos eventos deformacionais e metamórficos (Izaque, 2010).

Este embasamento ígneo-metamórfico das Faixas de Dobramento Nordestinas corresponde a um conjunto de orógenos amalgamados que exhibe, ao longo da Depressão Sertaneja, núcleos metamórficos mais antigos do embasamento, de idade arqueano-paleoproterozoica; e largas faixas remobilizadas que sofreram a orogênese Brasileira, de idade neoproterozoica (CPRM/SGB, 2014).

### ***Fraturas horizontalizadas nos mármore***

Foi identificado faixas de rochas fraturadas preenchidas por água e presença de mármore fraturados que são processos ocorridos através do intemperismo e erosão, proporcionando uma feição antropomórfica. É através dessas fraturas que o potencial das rochas calcárias é bastante irregular, segundo o CPRM/SGB (2014), o fluxo de água subterrânea se dá através de fraturas e canais de dissolução, funcionando como aquíferos fissurais. Os cortes da cavidade são predominantes irregulares e a maioria tem a base horizontalizada devido ao fluxo aquoso (Silva *et al.*, 2003).

### ***Claraboia***

As cavernas constituem feições muito rasas, o que contribui para atuação de processos de abatimento de tetos e a formação de pequenas clarabóias (Piló; Auler, 2009).

Segundo Cardoso (2022) a presença de claraboias nos ambientes de cavernas frequentemente altera as condições de ausência permanente de luz e estabilidade nas condições de temperatura e umidade, funcionando como entrada no teto da caverna, podendo acessar a caverna pela entrada ou pela claraboia. Além disto, claraboias funcionam como locais de entrada de fauna, propágulos vegetais e sedimentos orgânicos e inorgânicos que podem depositar logo abaixo das claraboias (Cardoso, 2022) (Figura 2B).

### ***Coralóides***

São estruturas metamórfica, suas formas se dão através da infiltração da água nas rochas. Seus formatos são produzidos a partir de conjuntos de depósitos sendo eles, nodulares, globulares, botrioidais ou igualmente a forma de coral (Cavalcanti, 1997). Os coralóides podem se desenvolver em ambientes subaéreos ou subaquáticos ou ainda pela intermitência destes ambientes devido a variações sazonais. Na área de estudo é comum os subaéreos, já que é através do gotejamento, respingamento e/ou escorrimento de água, que é o resultado à origem subaérea (Figura 2C).

Segundo Cavalcanti (1997), o termo "coralóide" estende-se desde pequenas formas nodulares a grandes massas em forma de gárgulas de até um metro de diâmetro. Podendo assumir uma

diversidade de formas, dependente exclusivamente do seu microambiente em que se encontra. Cavalcante (1997) enfatiza que os:

Coralóides que ocorrem associados a geodos, casca-fina, pérolas, jangadas ou a um grande fluxo de água relaciona-se a uma origem subaquática. Coralóides subaquáticos: são os coralóides "mais bem formados", são uniformemente contornados tais como couve-flor e cachos de uva. Com a evaporação de  $\text{CO}_2$  na superfície de uma piscina a água torna-se lentamente supersaturada em  $\text{CaCO}_3$ . O precipitado resultante recobre as bordas da piscina (Cavalcante, 1997, p. 49).

Nesse sentido, Cavalcanti (1997) explica que a sua formação se justifica pelos seguintes mecanismos de deposição: por infiltração de água através da rocha e da estrutura do próprio coralóide; por finos filmes de fluxo de água sobre superfícies irregulares; por borrifação de soluções gotejantes; por movimento ascendente de soluções, em piscinas, nas paredes, por capilaridade; por condensação da solução.

### ***Estalactites***

As estalactites originam-se a partir das gotas de água contendo bicarbonato de cálcio em solução que ao tentarem sair de uma fissura do teto da caverna ficam nela retidas até caírem formando uma estalactite tubular cilíndrica e oca 'canudo' que cresce em direção ao piso da caverna (Bigarella, 1994, p. 295). Na área de estudo há estalactites (Figura 2D).

Então, surgem como resultado da lixiviação as formações do tipo estalactites e estalagmites (Oliveira *et al.*, 2020). Assim, a formação das estalactites, que ficam no teto das cavernas, ou das estalagmites, que se elevam do chão das cavernas como consequência dos pingos de água que caem no mesmo lugar, regenera o carbonato de cálcio (Oliveira *et al.*, 2020).

### ***Estalagmites***

A formação das estalagmites relaciona-se ao desenvolvimento das estalactites, pois as gotas de água que exsudam dos tubos estalactíticos caem ao chão (rochoso), levando consigo uma porção de  $\text{CaCO}_3$  dissolvido que ali se deposita formando uma estalagmite que cresce em sentido vertical (Bigarella, 1994, p. 298). Na área de estudo ocorrem estalagmites.

Ambas, estalactites como estalagmites, são feitas através da água que goteja do teto precipitando o carbono de cálcio devido a liberação do gás carbônico. Em geral, a cor desses depósitos é próxima do branco. Segundo Oliveira, Sousa e Texeira (2020) a formação de estalactites e estalagmites ocorrem quando as águas subterrâneas passam por terrenos contendo calcário, ocorre a dissolução do carbonato de sódio.

### ***Colunas***

Surgem através de depósitos, correspondendo a chapas translúcidas de calcita que se desenvolvem a partir do teto e do chão rochoso, geralmente formada pela junção entre uma estalagmite e uma estalactite forma uma coluna (Figura 2E), se formam do teto ao piso da caverna. Em alguns casos a união de várias colunas pode originar uma parede, podendo até, isolar área ao fechar condutos dentro da caverna, como uma espécie de quarto.

Segundo Laureano *et al.* (2017) o quartzo é dissolvido em ácido fluorídrico e a solução remanescente é conduzida a diversas reações químicas para retirada de componentes até a separação dos elementos de interesse em colunas de troca aniônica e catiônica.

O fluxo de águas subterrâneas promoveu a remoção mecânica das porções friáveis do arenito e levou ao desenvolvimento de elementos morfológicos de cavernas tais como galerias, colunas e degraus, controlados principalmente, por antigas estruturas (Silva, 2007).

### ***Lapiás***

Os lapiás são formas desenvolvidas a partir da dissolução em pequena escala como cavidades, sulcos e canais na superfície e subsuperfície (Moura, 2017). São caneluras ou sulcos superficiais nas rochas calcárias. Elas podem estar cobertas por uma camada de solos através dos ácidos húmicos, ao longo do ligeiro escoamento sobre as rochas, ou céu aberto, através do escoamento das águas pluviais, os tamanhos de ambas são variados apresentando fragmentos rochosos. as diferenças de forma e de dimensão são explicáveis pelas estruturas das rochas e pelas variações do mecanismo de dissolução.

Na área de estudo, as lapiás ocorrem bem desenvolvidos (Figura 2F). Lapiás ou karren correspondem a canalículos ou estrias na rocha, por vezes pontiagudos, que são formados pela ação da água ácida da chuva sobre o calcário (ICMBio, 2019). Possuem diversas formas, desde pináculos e caneluras quando expostas, até formas mais arredondadas, como feições ao longo de planos de acamamento (lapiás de junta) quando iniciados sob o solo (ICMBio, 2019).

### ***Cortinas***

São formas parecidas às estalactites no seu processo de formação. Entretanto, sua feição é formada principalmente pela inclinação do teto, onde se apresenta suave o mantendo sua gotícula ao teto por alguns centímetros ou metros. Muitas vezes o teto não é plano e a gota escorre depositando uma delgada camada de calcita, que pode crescer e formar uma lâmina tortuosa conhecida como “cortina” (ICMBio, 2019).

### ***Micro-represa de travertino***

Segundo Lino (2009) a gênese dessas represas é controversa, mas está fortemente ligada a fluxos de água e a deposição de minerais calcíticos nas bordas superiores. Podem ser chamadas de altares, bolos confeitados ou micro- represas (Figura 2G). Muitas cavernas apresentam circulação de água no piso, sob a forma de pequenos rios ou lagos. É possível que essa água também esteja carregada em minerais, podendo depositar espeleotemas. Um dos espeleotemas mais típicos gerados por águas circulantes são as represas de travertinos, barragens em geral de calcita que represam água (ICMBio, 2019). São formadas devido à liberação de CO<sup>2</sup> a partir da superfície da água, ficando “suspensas” pela tensão hidrostática, afundando ao menor toque (ICMBio, 2019).

## **CONCLUSÕES**

Nos trabalhos de campo foram identificadas feições cársticas e estruturas geomorfológicas com as mais variadas tipologias. O território apresenta geformas singulares por causa da constituição geológica singular no contexto de embasamento cristalino, compondo, assim, uma



exuberante paisagem. A análise de campo realizada para a pesquisa confirma a representatividade do Parque Ecológico Furna dos Ossos.

Os resultados encontrados podem contribuir para pesquisas futuras, principalmente nos temas da geodiversidade, além de contribuir para ações voltadas para geoconservação, geoturismo, geoeducação e conhecimentos sobre espeleotemas.

## AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos Integrados em Geografia Ambiental, Geodiversidade e Geoinformação (NIGEO) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE *campus* Quixadá.

## REFERÊNCIAS

AB’SÁBER, Aziz Nacib. **Topografias ruiformes no Brasil**. São Paulo: Notas Prévias, 1977.

AULER, A.; PILÓ, L. B.; SAADI, A. **Ambientes cársticos**. In: Souza, C. R. G. (Ed.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 321-342.

BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N. Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. **Revista Geonorte**, v. 2, p. 464-476, 2012.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 1. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009. 425p.

BRANDÃO, R.L; FREITAS, L.C.B. **Geodiversidade do Estado do Ceará**: programa geologia do Brasil levantamento da geodiversidade. CPRM– Serviço Geológico do Brasil (org.) Fortaleza, 2014.

BRASIL. **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM**. Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Mapa na escala 1:500.000. **Serviço Geológico do Brasil**. Ministério das Minas e Energia. Fortaleza, 2021.

BRILHA, José. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na vertente geológica**. Lisboa: Braga, Palimage Editores, 2005.

CARDOSO, R. C.; ALMEIDA, H. S.; SILVA, M. S.; FERREIRA, R. L.; BERG, E. V. D.. Estrutura do componente lenhoso em claraboias da Gruta Janelão no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Minas Gerais. In: MOMOLI, R. S.; STUMP, C. F.; VIEIRA, J. D. G.; ZAMPAULO, R. A. (org.) Congresso brasileiro de espeleologia, 36, 2022. Brasília. **Anais...** Campinas: SBE, 2022. p.055-060. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe\\_055-060.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe_055-060.pdf)>. Acesso em: 20/12/2023.

CAVALCANTE, Daniel dos Reis. As inúmeras facetas da espeleologia. In: BASTOS, Frederico de Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. **Contribuição para o estudo do carste em metacalcários do semiárido brasileiro: o caso das ocorrências do município de**

Tejuçuoca – CE. Belo Horizonte/MG. Atena Editora. 2019. p. 31-32. DOI 10.22533/at.ed.810193001. 2019.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Revista e Ampliada, 1980. 2 v.

CLAUDINO-SALES, Vanda. **Megageomorfologia do Estado do Ceará**: história da paisagem geomorfológica. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2016.

CLAUDINO-SALES, V. LIRA, M. V. Megageomorfologia do Noroeste do Estado do Ceará, Brasil. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 12, n. 38, junho de 2011 p. 200-209.

CRUZ, Jocy Brandão e PILÓ, Luís B. **Espeleologia e Licenciamento Ambiental**: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade Espeleologia e Licenciamento Ambiental / Jocy Brandão Cruz e Luís Beethoven Piló. [org] – Brasília: ICMBio, 2019.

BRASIL. Decreto Federal Nº 6.640, de 7/11/2008. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, v.**

HILL C.A. & FORTI P., 1997. **Cave minerals of the world** (2nd ed.). Huntsville: National Speleological Society: 464 p.

IPECE. 2017. **Perfil Municipal**. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Tejuçuoca\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Tejuçuoca_2017.pdf). Acesso em: 30 de nov. 2023.

IPECE. 2021. **Perfil Municipal**. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 28 de nov. 2023.

IZAQUE, Deonel Mandu. **Caracterização petrográfica dos diques de granito e de rochas metabásicas no Sul do Espírito Santo - Cachoeiro de Itapimirim**. 2010. 62 f. TCC (Graduado) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Ufrj, Rio de Janeiro, 2010.

KOHLER, H. C. **Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa, MG**. 113 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

LAUREANO, Fernando Verassani; KARMANN, Ivo; GRANGER, Darryl. Idades de soterramento por isótopos cosmogênicos em sedimentos de caverna e sua contribuição na cronologia da evolução do relevo e das cavernas da região de Iraquara. Ouro Preto MG, 13-18 de junho de 2017 – **Sociedade Brasileira de Espeleologia**. 2017.

LIMA, D. L. S. *et al.* BASTOS, F. de H. CORDEIRO, A. M. N. MAIA, R. P. Geomorfologia granítica do maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo. v. 20, nº 2, p. 373-395. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1401>. 2019.

LINO, C. F. **Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo**. 2.ed. São Paulo: Gaia, 2009.

MAPURUNGA, Gláudia Mota Portela. **Tejuçuoca: Potencialidades e Vocação Turística**. Rio – São Paulo – Fortaleza: ABC Editora, 2003.

MOURA, Pedro Edson Face. **Evolução geomorfológica do relevo cárstico do município de Martins-Rio Grande do Norte**. 2017. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MOURA-FÉ, M. M. Caracterização geológica-geomorfológica da Ibiapaba Setentrional (Ceará, Brasil). **Revista: REGNE**. Vol. 5, Nº 1. 2019.

NASCIMENTO, Jefferson Régis Dantas do. **Prospecção espeleológica de dolinas e cavernas e seus controles estruturais na área 3D Boa Esperança – município de Felipe Guerra, RN**. 2010. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia, – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2010.

OLIVEIRA, Maria Dione do Nascimento. ALMEIDA, Maria Ivete Soares de. Os estudos geomorfológicos no Brasil: evolução teórica e metodológica. **Revista: GEOgrafias**, Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 30-41, dez. 2019.

OLIVEIRA, Mateus Gonçalves. SOUSA, Diego Lucena. TEIXEIRA, Marcelo Rassy. Ocorrência de lixiviação no concreto das galerias da UHE de Tucuruí – Pará. p. 1-7, 2020, Santana do Araguaia: **II CONARA**, 2020.

PILÓ, Luís B. AULER, Augusto. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. **Sociedade Brasileira de Espeleologia**. Montes Claros MG, 09-12 de julho de 2009.

PILÓ, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 88-102, jan. 2000. Bimestral.

QUEIROZ, E. R. CLAUDINO-SALES, V. Caracterização geomorfológica do município de Cariré, Estado do Ceará. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v. 14, n. 1, p. 104-121, 2020. ISSN: 1982-3878 João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB – <http://www.okara.ufpb.br>. 2020.

REHME, F. C. 2008. **Espeleotemas como indicadores de conservação ambiental do conjunto jesuítas-fadas no parque estadual de campinhos – PR**. Dissertação Mestrado. Curitiba, 2008.

ROCHAS, H.S.; CAVALCANTE, D.R.; MAIA, Rubson. Elementos da geodiversidade da fuma dos ossos, Tejuçuoca – Ceará. *In*: XII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia - **UGB - União da Geomorfologia Brasileira**. Crato, 2018.

RODRIGUES, M. L. , et al. **Glossário de termos cársticos**. Edições Colibrir. Lisboa, 2007.

SILVA, Cláudio M. T. da. SIMÕES, Paulo Rodrigo. PEREIRA FILHO, Milton. CRUZ, Luciana Vetel. Geoespeleologia da gruta dos piriás (MG 823), Matozinhos MG. **Sociedade Brasileira de Espeleologia**. Januário MG, 2003.

SILVA, Marco Antônio Lima da. **Avaliação arqueo-espeleológica das cavernas da raiz, raio, onça e batismo do município de Presidente Figueiredo - Amazonas**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Curso em Geociências (Área de concentração: Geologia Ambiental), - Universidade Federal do Amazonas Departamento de Geociências, Manaus, 2007.

SOUZA, M. J. N. de; **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará.** In: LIMA, L. C; SOUZA, M. J. N. de; MORAIS, J. O de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000.

TEIXEIRA, Nágila Fernanda Furtado. **Análise geocológica como subsídio ao planejamento ambiental no município de Tejuçuoca Ceará.** 2018. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente., Prodemá- Programa Regional em Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.



## ESTILOS FLUVIAIS DO RIACHO SÃO GONÇALO, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BASTIÕES- CEARÁ

Vanessa Martins Lopes  
Oswaldo Girão  
Jonas Otaviano Praça de Souza

### INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é considerada um sistema complexo, e, portanto, é preciso compreendê-la sob a ótica enfatizada por Christofolletti (1999) na qual as partes de um sistema só podem ser compreendidas a partir de sua totalidade. Essa totalidade resulta da integração de um conjunto estruturado de componentes, dotados de inter-relações estruturais e funcionais.

Apesar do uso da bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento, bem como do crescente reconhecimento da necessidade de sua análise sob o viés sistêmico, ainda é possível observar que quando se trata da sua gestão e manejo, o foco das questões ainda permanece sendo somente a água. De modo geral, ainda não se é considerado e/ou aprofundado os estudos sobre outros elementos físicos do sistema, especialmente de sedimentos, mesmo diante da importância que o fluxo sedimentar exerce na bacia, inclusive diretamente sobre a disponibilidade e aproveitamento dos recursos hídricos (POEPPL *et al.*, 2020; SOUZA, 2013).

Por outro lado, a ideia de sistema fluvial consegue atender essa demanda de análise integrada, pois considera todos os componentes do sistema ambiental e não somente os recursos hídricos. Na perspectiva do sistema fluvial, a rede de drenagem é considerada juntamente com os aspectos geomorfológicos e sedimentológicos, não negligenciando os demais componentes do sistema, pois todos eles exercem influência direta ou indireta entre si.

Deste modo, a bacia hidrográfica é a unidade básica do sistema fluvial (CHARLTON, 2008). Este, engloba a zona fonte de sedimentos, a rede de transporte e os sítios de deposição. Em todas essas zonas (produção, transporte e deposição) os sedimentos podem ser erodidos, transportados e estocados, mas apenas em cada uma delas um dos processos é dominante (SCHUMM, 1977 *apud* ALMEIDA, 2017; SOUZA, 2011; SOUZA, 2013). Logo, além da integração em termos de componentes do sistema fluvial, há também uma interdependência entre as diferentes escalas espaciais, analisando processos e feições como fruto dessa inter-relação.

Nos sistemas fluviais semiáridos, o clima é um condicionante visivelmente importante, pois interfere direta e indiretamente no comportamento dos componentes físico-naturais e na dinâmica superficial da paisagem. A pluviosidade afeta a natureza e a magnitude do trabalho geomorfológico nas bacias de drenagem das terras secas. A vegetação e os processos de formação do relevo e dos solos estão totalmente adaptados ao clima, sendo estes últimos em geral pouco desenvolvidos, de modo que sazonalmente há o predomínio de processos geomórficos específicos (ALMEIDA, 2015; RIBEIRO; MARÇAL; CORREA, 2010; SOUZA).

Os condicionantes ambientais das terras secas resultam na predominância dos processos de intemperismo físico sobre os químicos e, mais ainda, sobre os processos bioquímicos. Assim, na morfodinâmica dessas regiões se destacam a desagregação mecânica das rochas e o escoamento superficial (RIBEIRO; MARÇAL; CORRÊA, 2010). Os mantos de intemperismo resultantes destes processos morfoesculturadores são pouco espessos e resultam do saldo de um

balanço denudacional, que favorece a erosão sobre os agentes pedogenéticos (CORRÊA; SOUZA; CAVALCANTI, 2014).

A concentração espaço-temporal de precipitações pluviométricas nessas regiões, geram saturação do solo, escoamento rápido e inundações nos rios. O escoamento representa a contribuição de massa e energia para o sistema de canais e alimenta os processos fluviais dos rios de terras secas (GRAF, 1988). A erosividade das chuvas é geralmente muito alta, porque além de ocorrer em altas intensidades no solo, ela cai sobre uma cobertura vegetal esparsa, irregular e até mesmo ausente. Os coeficientes de escoamento tendem a ser altos porque além das chuvas de alta intensidade, há baixas perdas por interceptação, e estas se combinam com grandes áreas rochosas desnudas e de baixa capacidade de infiltração do solo. Assim, há escoamento rápido mesmo diante de baixas quantidades de chuva, esse escoamento é geralmente dominado pelo fluxo terrestre hortoniano (TOOTH, 2000).

Os processos geomórficos podem ser caracterizados pela interação entre as forças de perturbação e as forças de resistência. Alguns elementos de resistência na paisagem semiárida podem ser representados pela cobertura vegetal e seu nível de proteção sobre os solos e afloramentos rochosos; pelas características pedológicas; estruturais e litológicas; e ainda pelo tipo de uso da terra. O resultado dessa interação se reflete nas taxas de erosão das regiões de clima semiárido que é uma das maiores dentre os sistemas morfoclimáticos terrestres, e onde se observa o movimento de grandes quantidades de sedimentos durante períodos episódicos e pouco frequentes (FRYIRS, 2013; FRYIRS *et al.*, 2007; GRAF, 1988; MATTOS; PEREZ FILHO, 2004; RIBEIRO; MARÇAL; CORREA, 2010).

Todos esses aspectos que caracterizam os sistemas fluviais semiáridos dão origem a tipologias de rio, ou “estilos fluviais”, distintos daqueles observados em regiões úmidas. Um Estilo Fluvial (*River Style*) é um trecho do rio com um conjunto quase uniforme de unidades geomórficas, cuja identificação é importante, pois registra o caráter e o comportamento de um rio a partir de um contexto que integra a bacia hidrográfica. Essa bacia dentro da proposta dos estilos fluviais é analisada a partir de três campos: planta do canal, unidades geomórficas do canal fluvial e planície de inundação, e textura do leito dos rios (BRIERLEY *et al.*, 2002; BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A compreensão da bacia hidrográfica a partir da diversidade fluvial é um fator de suma importância para o planejamento e gestão de recursos hídricos. Os canais fluviais refletem em sua morfologia e comportamento uma gama de controles, e através da interação processos-resposta são responsáveis pela gênese e evolução da paisagem fluvial. Nesse sentido, é necessário compreender que a análise de uma bacia hidrográfica deve ser feita considerando uma interação escalar (escalas local, zonal e da bacia hidrográfica integral), e sob a perspectiva de que um canal fluvial pode apresentar diversos estilos.

Os aspectos físicos da bacia determinam o tipo de unidades de paisagem que, por sua vez, exercem controle sobre os tipos de estilos fluviais. Os principais controles sobre a variabilidade no caráter e comportamento do rio se dá pela configuração do vale, medido em termos de inclinação, forma e grau de confinamento. Na diferenciação entre estilos de rio, a relação entre canal e planície é primordial (THOMSON; TAYLOR; BRIERLEY, 2004).

A metodologia dos *Rivers Styles* possibilita a classificação de segmentos do curso fluvial que apresentam um conjunto de características geomorfológicas e hidrodinâmicas comuns, contribuindo para distinguir o caráter (estrutura geomorfológica do rio, incluindo forma em planta e geometria) e comportamento (características hidráulicas do canal, tipo de materiais transportados e depositados, sua relação com a planície e a susceptibilidade às mudanças

geomorfológicas) para cada tipo de rio. Ademais, tal proposta permite identificar as relações entre processos e formas ao longo dos canais fluviais, em seus diferentes segmentos, de modo que um rio pode apresentar diferentes estilos, conforme cada segmento interage de modo particular com a paisagem ao redor (BRIERLEY; FRYIRS, 2005; LIMA; MARÇAL, 2013).

Assim sendo, os estilos fluviais são avaliados sob a perspectiva de sistema fluviais, considerando o contexto paisagístico e às ligações espaço-temporais dos processos geomorfológicos dominantes. A compreensão do sistema fluvial e do contexto paisagístico permite a elaboração de cenários futuros para esses ambientes, considerando para isso, as retroalimentações, ou seja, as respostas complexas do sistema (BRIERLEY; FRYIRS, 2000; BRIERLEY; FRYIRS, 2005; SOUZA, 2014; SOUZA; BARROS; CORRÊA, 2016).

Um aspecto peculiar dessa proposta em relação às demais aplicadas à gestão fluvial, é que ela fornece um modelo integrado de análise multiescalar. Em sua análise ela abrange as escalas: de bacia hidrográfica (controles e características gerais da bacia), de unidades de paisagem (controles topográficos sobre as morfologias e comportamento fluvial), de estilos fluviais (trechos do canal com homogeneidade quanto aos arranjos morfológicos e processuais), de unidades geomórficas (arranjos erosivos e materiais disponíveis) e das unidades hidráulicas (características do fluxo e sua interação superfície – subsuperfície - substrato) (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A capacidade de ajuste e estabilidade fluvial frente às perturbações, varia de acordo com cada estilo fluvial, sendo alguns sistemas de fluxo mais sensíveis a distúrbios físicos e biológicos do que outros. Daí a importância de se conhecer cada configuração para prever possíveis comportamentos. O cerne é determinar a capacidade de ajuste para cada estilo interpretando as possíveis maneiras pelas quais um rio pode se ajustar dentro de uma configuração de vale (BRIERLEY *et al.*, 2002).

Defende-se a importância de práticas de gerenciamento baseadas no trabalho sobre as causas dos problemas em vez das consequências, já que a prevenção é mais barata e eficaz o que a reparação dos danos. A detecção precoce de sinais de degradação é fundamental em sistemas fluviais de terras secas, onde a condição degradada pode ser difícil de reverter (POEPPL *et al.*, 2020; SACO *et al.*, 2020).

Diante do contexto supracitado, objetivamos através deste trabalho apresentar e caracterizar as tipologias fluviais presentes no riacho São Gonçalo, um dos principais afluentes da Bacia Hidrográfica do Rio Bastiões (BHRB), no estado do Ceará, a partir da metodologia do *River Styles* (Estilos Fluviais), proposta por Brierley e Fryirs (2005).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para identificar e classificar as diferentes tipologias fluviais do riacho São Gonçalo, foi necessário um levantamento das características morfométricas, geomorfológicas, hidrológicas e litoestruturais da sub-bacia. Os mapas produzidos foram feitos com o ArcGIS 10.8, a partir do Modelo Digital de Elevação (*Shuttle Radar Topography Mission*- SRTM), com resolução espacial de 30 metros, disponibilizado pelo Projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Especificamente os dados geológicos, foram obtidos junto à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) na escala de 1:500.000.

Utilizando como aporte os mapas temáticos citados e o *software* Google Earth Pro, fizemos uma análise do canal fluvial os pré-classificando de acordo com o grau de confinamento do vale, validando os dados posteriormente em campo. Foi considerada a classificação de Brierley

e Fryirs (2005), baseada na ocorrência de extravasamento ou não de fluxo para além do canal, distinguindo três tipos: vale confinado, quando há a presença de planícies de inundação em menos de 10% do trecho do canal fluvial; vale parcialmente confinado, quando entre 10-90% do trecho possui planície de inundação (descontínua); e vale não confinado (ou aluvial), quando mais de 90% do trecho apresenta planície de inundação (contínua).

Subsequentemente foi feita a classificação da bacia quanto às unidades de paisagem, compartimentando-a de acordo com áreas fisiograficamente e fisiologicamente homogêneas. Considerando a relevância do contexto geológico-geomorfológico tanto em aspectos morfológicos quanto processuais, as unidades de paisagem compreendem padrões característicos de formas de relevo. Assim, foram classificadas considerando parâmetros como geologia, altimetria, declividade, topografia e posição na área de estudo, embora os aspectos geomorfológicos tenham tido maior peso. Ademais, às nomenclaturas dessas unidades, acrescentou-se o uso e cobertura da terra predominante em cada uma (BRIERLEY; FRYIRS; 2000).

Para identificar e classificar os estilos de rios foram utilizadas imagens de satélite disponíveis no *Google Earth Pro*, onde também foram mapeadas as unidades geomórficas da planície aluvial e do canal fluvial. Também foram analisados com o uso dessa ferramenta, alguns aspectos importantes como textura do leito, margens e planície de inundação, processos operantes, cobertura vegetal e intervenção antrópica. Após esse mapeamento, analisando os dados levantados, fizemos uma classificação prévia dos estilos de rios presentes na bacia, que foi posteriormente validado em atividades de campo, e representados no mapa de estilo fluvial.

## A ÁREA DE ESTUDO

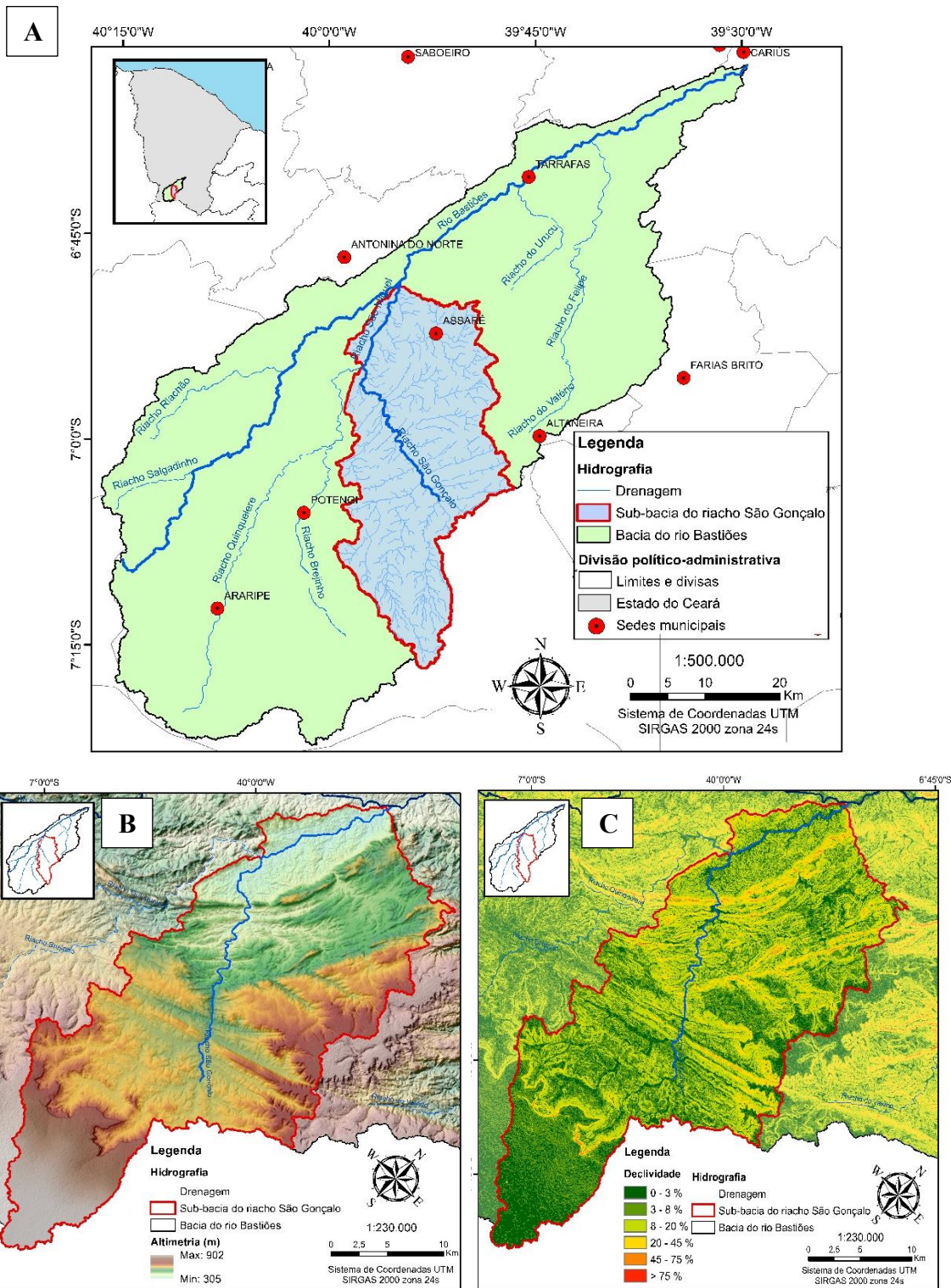
O riacho São Gonçalo, que em seu segmento final recebe o nome de riacho São Miguel, é o canal principal de uma das subunidades da Bacia Hidrográfica do Rio Bastiões (BHRB). Esta por sua vez, está inserida na bacia Alto Jaguaribe, sul do estado do Ceará (figura 01- A).

A BHRB, geologicamente, está localizada no domínio geológico-geomorfológico da Chapada do Araripe, um planalto sedimentar elevado de topo tabuliforme; e da Depressão Sertaneja, que representa o domínio das grandes depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste Brasileiro, que na área possui cotas altimétricas entre 250 e 550 metros (BRANDÃO; FREITAS, 2014). Destarte se configura em uma zona de transição de substrato geológico sedimentar-cristalino, o que interfere diretamente nos padrões morfológicos e processuais predominantes da dinâmica superficial.

A sub-bacia do riacho São Gonçalo, apresenta superfície de topografia dissecada e com alto controle litoestrutural (figura 01- B e C), já que se trata de uma região de dobramentos composta por um complexo de falhas, lineamentos e zonas de cisalhamento com direção preferencial NE-SW (ALMEIDA *et al.*, 1977; BRITO NEVES *et al.*, 1995; MAIA; BEZERRA, 2014). As rochas são bastante antigas, a maioria datadas do Proterozóico (figura 02- A). O embasamento cristalino pré-cambriano se destaca especialmente, já as coberturas sedimentares mais expressivas estão associadas à Bacia Sedimentar do Araripe ao sul e aos depósitos colúvio-eluviais à leste. Especialmente se destacam as litologias do Plúton Campos Sales- Assaré compostas por monzonito, granodiorito, granito e diorito. Podem ser encontradas outras litologias cristalinas como o ortogneisse, o gnaisse e o quartzito, ou sedimentares, como o arenito, o siltito e o calcário.



Figura 01 – A: Localização da sub-bacia do riacho São Gonçalo, BHRB-Ceará; B: Modelo Digital de Elevação (MDE) da sub-bacia do riacho São Gonçalo; C: classes de declividade da sub-bacia do riacho São Gonçalo.



Fonte: Os autores.

O clima da área é o semiárido, caracterizado pela existência de duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. No sul do Ceará as precipitações se concentram na quadra chuvosa que compreende os meses de fevereiro a maio.

A BHRB, na qual a sub-bacia do riacho São Gonçalo está inserida, possui uma dimensão espacial de 3.568 km<sup>2</sup> e o rio Bastiões, canal principal, é de 7<sup>a</sup> ordem segundo a classificação de Strahler (1952), com 141 quilômetros de extensão longitudinal. Já o riacho São Gonçalo – incluindo o trecho a qual recebe o nome de riacho São Miguel - possui comprimento de 44 quilômetros e uma área espacial de 729 km<sup>2</sup>, cerca de 20% da área total da bacia do rio Bastiões.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O riacho São Gonçalo dissecar uma área cristalina e com forte controle litoestrutural, predominando estilos de rio totalmente ou parcialmente confinados. Foram identificadas três tipologias de rios (figura 02- B) encontradas na extensão longitudinal desse rio: Estilo Fluvial Vale Confinado com Leito Rochoso (EFVCLR), Estilo Fluvial Vale Parcialmente Confinado com Leito Arenoso (EFVPCLA) e Estilo Fluvial Vale Não Confinado com Leito Arenoso (EFVNCLA).

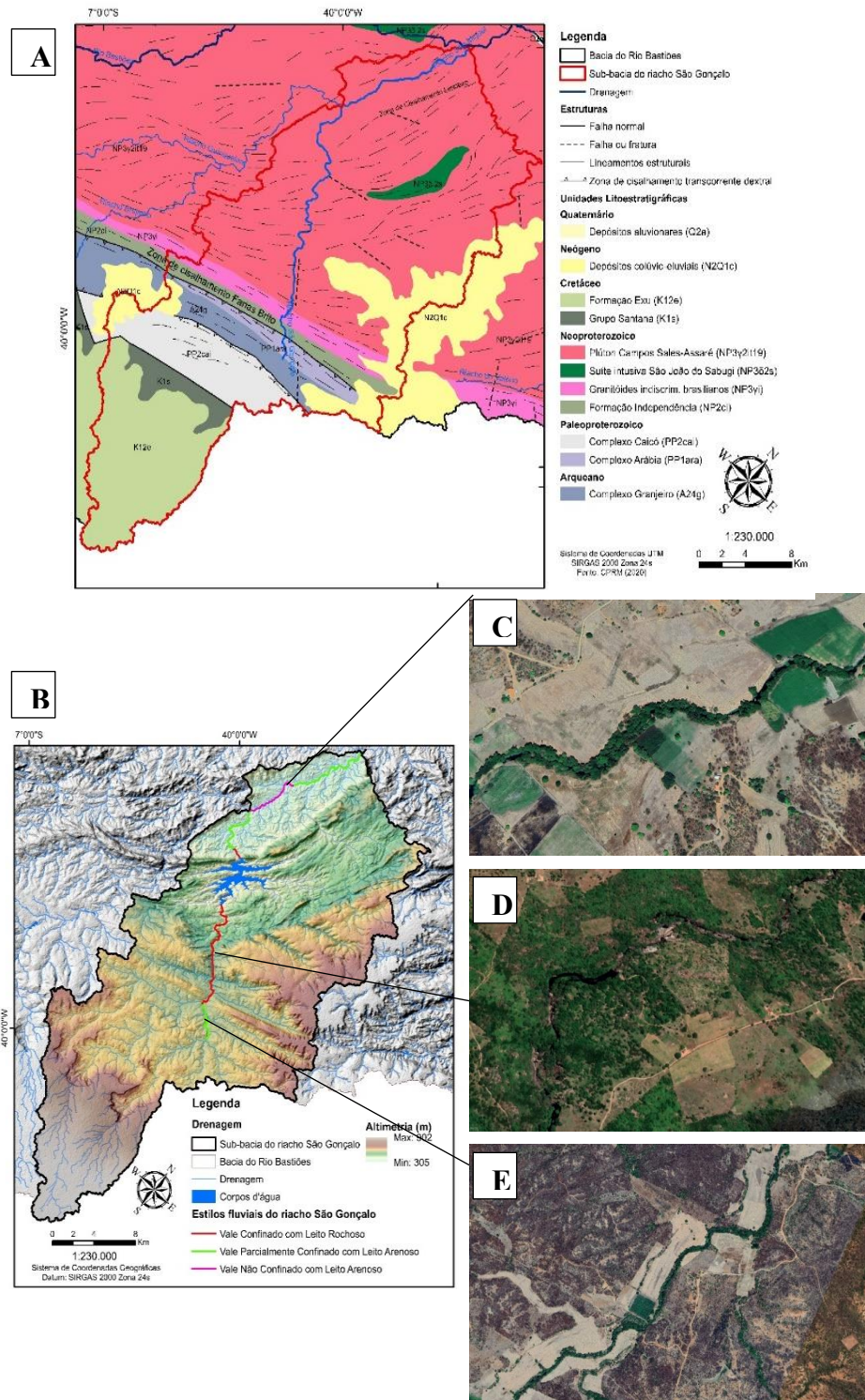
O EFVCLR (figura 2 – D) é um estilo de rio rochoso, de baixa sinuosidade, que percorre um trecho com cota altimétrica inicial de 540 metros com gradiente de 10m/km, condicionado pela presença comum de *knickpoints* e unidades geomórficas rochosas. Tende a se concentrar nas regiões de domínio do padrão de drenagem treliça, devido ao maior controle estrutural. Se localiza quase integralmente na unidade de paisagem Superfície Dissecada em Cristas recoberta por caatinga com uso agropecuário e urbano, que litologicamente engloba rochas ígneas e metamórficas do Plúton Campos Sales – Assaré (granitos, monzogranitos e granodioritos grossos e porfíricos) e Granitóides Indiscriminados Brasileiros (biotita granitos, granitos porfíricos, granodioritos, monzogranitos, sienogranitos, quartzo dioritos, quartzo monzonitos e tonalitos).

Caracteriza-se pela preponderância e regularidade de leito rochoso e unidades geomórficas associadas, externando a alta resistência litológica nesses segmentos que por vezes confinam em encostas bastante íngremes. Tal resistência litológica proporciona um alto grau de estabilidade ao canal, lhe conferindo capacidade bastante limitada para ajustes.

As unidades geomórficas rochosas associadas a esse estilo podem ser encontradas dentro ou nas margens, comumente rochosas do canal, ou ainda na forma de afloramentos rochosos nas áreas adjacentes. No leito é comum a presença de soleiras e afloramentos rochosos, blocos e matações de diversos tamanhos. Frequentemente ocorrem soleiras rochosas expressivas no canal os quais são esculpidas pela ação da erosão fluvial, através do processo de abrasão, evidente pela presença de marmitas de dissolução de tamanhos diversos.



Figura 02- A: mapa geológico da sub-bacia do riacho São Gonçalo; B: Estilos Fluviais do riacho São Gonçalo; C: trecho de trecho de EFNCLA; D: trecho de EFVCLR; E: trecho de EFVPCLA.



Fonte: Os autores; Google Earth.

Também se destacam feições do tipo *step-pools*, *rifle-pools*, *rapids*, etc., marcadas geralmente pela presença de *knickpoints*, que atuam no nível de base local e ditam o comportamento do

fluxo no canal. Devido à quebra de gradiente, nos trechos de degrau (*step*), o fluxo ganha maior velocidade e turbilhonamento, portanto maior poder energético. Já a jusante, nos setores de poça (*pool*) o fluxo apresenta comportamento mais lento e estável, devido ao menor gradiente. Pelo seu caráter e comportamento, este estilo é bastante estável, em virtude do substrato geológico com margens comumente rochosas confinando o canal. O controle litoestrutural condiciona um maior escoamento e menores taxas de infiltração, significando menos perdas hídricas e maior energia para o transporte.

O EFVPCLA (figura 2- E) diseca a unidade de paisagem Superfície Tabular Dissecada recoberta por caatinga e mata seca com uso agropecuário e o Pedimento dissecado recoberto por caatinga e mata seca com uso agropecuário e urbano. A primeira unidade se encontra sobre a litologia metamórfica do Complexo Arábia (ortognaisses e ortomigmatitos de composição granítica a granodiorítica, com níveis de anfíbolitos e de formações ferríferas) e Formação Independência (predomínio de xistos aluminosos e paragnaisses, por vezes milonilizados e migmatíticos) e a outra sobre o Plúton Campos Sales- Assaré. Os segmentos assim classificados possuem gradiente de 2m/km, nos trechos que antecedem ou sucedem o estilo de rio rochoso (EFVCLR), devido à topografia mais dissecada; e de 1m/km no trecho final, onde drena o pedimento dissecado, com declive mais suave.

Por ser classificado como parcialmente confinado, caracteriza-se pela presença alternada ou descontínua de planícies de inundação. Essas planícies podem se apresentar mais ou menos desenvolvidas, em uma margem ou em ambas. As margens em pequenos trechos devem ter um mínimo de 10 e um máximo de 90% de presença naquele segmento.

O canal fluvial nesse estilo pode estar confinado em alguns trechos diretamente com encostas íngremes ou suaves, com margens rochosas, ou com materiais mais coesos, geralmente de textura mais fina. O canal é predominantemente contínuo, porém na cabeceira do canal, apresenta pequenos trechos de descontinuidade, em virtude da baixa declividade, disponibilidade de sedimento, menor área de captação e competência de transporte. Além disso apresenta trechos com múltiplos canais, ativados nos momentos de maior vazão, ou seja, que funcionam de forma efêmera ou curtamente intermitente. De extensões variadas, podem se apresentar como trechos pequenos ou mais extensos (da ordem de alguns quilômetros), bem como com forma em planta paralela ao canal principal ativo.

O leito é predominantemente arenoso e é comum feições típicas de rios aluviais como barras arenosas, apontando o seu potencial deposicional. Apesar disso, ainda há um controle litoestrutural decorrente do confinamento do vale em alguns trechos. Se comparado ao EFVCLR, possui menor estabilidade nas margens, nos trechos não confinados contornados por planícies aluviais, podendo nessas áreas haver mudanças decorrentes dos efeitos de eventos de maior magnitude.

Nos períodos de baixa vazão a água superficial se restringe à poças e depressões no leito, bem como à pequenas barragens no canal. Já a água subsuperficial, de suma importância para a comunidade local, é explorada através da perfuração de poços amazonas e em períodos de seca prolongada, cujo nível freático diminui intensamente, em cacimbas escavadas dentro do próprio leito do rio. Nos trechos à jusante do Açude Canoas, até certa distância, é perenizado artificialmente por esta barragem nos períodos de seca. A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) por meio da alocação negociada de água, abre a válvula dispersora da barragem nos períodos de maior escassez hídrica, visando abastecer as comunidades ribeirinhas que dependem da água do rio para sobreviver e manter suas atividades agropastoris.

O EFVNCLA (figura 2 – C) esculpe a unidade de paisagem pedimento dissecado, sobre o Plúton Campos Sales- Assaré. Com gradiente de 1m/km apresenta caráter contínuo e média a baixa sinuosidade. Localiza-se em uma área marcada por uma topografia mais suave e com



maior disponibilidade de material sedimentar que dá origem às planícies de inundação presentes em ambas as margens do canal fluvial. É caracterizado por canal fluvial não confinado no vale, que conta com mais de 90% do trecho com presença de planície de inundação.

O canal contínuo é de modo geral bem definido e o leito é de textura predominantemente arenosa. Apresenta unidades geomórficas de rios aluviais, como barras arenosas e trechos de múltiplos canais. Se apresenta como o estilo de menor estabilidade, onde ajustes são feitos para equilibrar o sistema em momentos de eventos de maior magnitude. Dentre esses ajustes estão a erosão das margens e a incisão do canal, o que a longo prazo pode deslocar o canal principal para outro ponto da planície.

Nos eventos de baixa magnitude, há ausência de fluxo no canal, e a água superficial fica limitada às depressões e barramentos no leito, já a água subsuperficial pode ser extraída nos períodos de seca através de poços na planície ou no próprio leito (cacimbas). Na média vazão o fluxo preenche o canal principal e os canais secundários são ativados movendo água e sedimentos para o canal principal. Por fim, na alta vazão o poder energético do fluxo se multiplica sendo este capaz de mover materiais de grande diâmetro. O fluxo, que ocorre também nos canais secundários, extrapola o canal atingindo a planície e retrabalhando-a.

Além do desmatamento para atividades agropastoris, algumas das intervenções antropogênicas evidentes na sub-bacia do riacho São Gonçalo, são a construção de estruturas de diversos tipos que interferem diretamente no sistema fluvial através da conectividade longitudinal da rede de canais. A fragmentação dos canais por impedimentos do tipo *barriers* afetam a transmissão longitudinal de água e sedimentos, e de modo geral é bastante marcante no semiárido brasileiro.

As barreiras de transmissão no riacho São Gonçalo são as seguintes: barragens, que podem ser distinguidas entre àquelas de porte grande, pequeno e muito pequeno; e vias, que se distinguem entre vias não pavimentadas, passagens molhadas e pontes. Cada tipo de impedimento exerce um grau de interceptação do fluxo, a depender da sua dimensão e distribuição espacial, aliado ainda à magnitude do evento de perturbação (precipitação-escoamento). Considerando a escala espacial analisada, infere-se quão expressivo é o papel antrópico na alteração da dinâmica natural fluvial, por meio da interferência no livre fluxo de água e sedimento dos rios de terras secas.

## CONCLUSÕES

Os sistemas fluviais apresentam uma grande diversidade morfológica, fruto da complexidade de uma gama de processos hidrogeomorfológicos que operam em várias escalas dentro desses sistemas. Quanto aos rios de terras secas, os aspectos fisiográficos e fisiológicos são ainda mais peculiares em virtude do peso dos condicionantes climáticos/hidrológicos. Nesses ambientes, a irregularidade pluviométrica, resulta em uma vazão incipiente e/ ou nula durante vários meses do ano, caracterizando os rios do semiárido como intermitentes ou efêmeros, e, portanto, os colocando fora do padrão morfodinâmico dos rios de terras úmidas.

Diante da variabilidade morfodinâmica dos rios, é ultrapassado trata-los como entidades uniformes, pois estes podem apresentar as mais diversas tipologias, expressas por meio de aspectos morfológicos e processuais específicos. Uma gestão fluvial eficaz requer ações que considerem o sistema como uma unidade, juntamente com toda a sua complexidade.

A classificação de estilos fluviais auxilia na compreensão dessa diversidade, em distintos sistemas fluviais. No entanto, no caso dos rios de terras secas, o trabalho com *River Styles* se torna ainda mais relevante devido às peculiaridades climáticas e hidrogeomorfológicas desses ambientes. Ademais, além das dinâmicas físico-naturais, deve-se considerar a ação antrópica

como *input* que vem ocasionando forte pressão sobre os sistemas fluviais semiáridos de diversas formas, através de ações diretas ou como consequência dos mais distintos tipos de uso da terra. Esses impactos são refletidos por meio de alterações nos padrões morfológicos e processuais desses sistemas, desencadeando muitas vezes mecanismos de retroalimentação positiva.

No caso do riacho São Gonçalo, encontramos três tipos de estilos fluviais: o vale confinado com leito rochoso, marcado pelo alto controle litológico e estrutural, com a presença preponderante de unidades geomórficas rochosas; o vale parcialmente confinado com leito arenoso, com a presença de unidades geomórficas de rios aluviais e menor estabilidade lateral do que o primeiro, no entanto ainda sob influência notável de controles geológicos; e por fim, o vale não confinado com leito arenoso com a predominância de unidades geomórficas aluviais e onde o canal se apresenta mais susceptível à mudanças devido à menor estabilidade das margens.

Em virtude das características do substrato geológico, visíveis na topografia dissecada nas áreas superiores da bacia, predomina nessa porção os estilos de caráter confinado e parcialmente confinado. Já o estilo não confinado é encontrado na parte inferior da bacia, no pedimento dissecado, devido às características topográficas e à disponibilidade de sedimentos para formar mais planícies mais proeminentes.

Esse trabalho tem ainda um teor introdutório, considerando a complexidade inerente ao sistema fluvial, no entanto, se mostra relevante, visto a necessidade de uma caracterização em escala mais detalhada dos ambientes fluviais semiáridos, considerando não somente o canal em si, mas os controles exercidos por outros componentes da paisagem, inclusive em um contexto multiescalar.

Nesse sentido, a compreensão da diversidade fluvial do semiárido mostra-se uma ação primordial para o desempenho satisfatório de ações voltadas à gestão dessas bacias hidrográficas. É necessário conhecer as especificidades dos rios, ao invés de homogeneizá-los, o que permitirá intervenções adequadas a cada estrutura fluvial, caracterizando um trabalho de prevenção ao invés de reparação de danos socioambientais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M et al. Províncias estruturais brasileiras. *In*: Simpósio de Geologia do Nordeste v. 8, 1977, Campina Grande. **Anais. [...]**, Campina Grande: Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 363-391.

ALMEIDA, J. D. M. **(Des) conectividade da paisagem e compartimentação fluvial na Bacia do Riacho Grande, Sertão Central pernambucano**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 214 p

BRIERLEY, G. *et al.* Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. **Applied Geography**, v. 22, n. 1, p. 91-122, 2002.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework**. Blackwell Publishing, 2005. 398 p.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. River styles, a geomorphic approach to catchment characterization: Implications for river rehabilitation in Bega catchment, New South Wales, Australia. **Environmental Management**, v. 25, n. 6, p. 661-679, 2000.

BRITO NEVES, B. B. et al. O evento Cariris Velho na Província Borborema: integração de dados, implicações e perspectivas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 279-296, 1995.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Routledge, 2008. 234p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

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, C.O.M. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 127-169

FRYIRS, K. (Dis) Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 38, n. 1, p. 30-46, 2013.

FRYIRS, K. A. *et al.* Buffers, barriers and blankets: the (dis) connectivity of catchment-scale sediment cascades. **Catena**, v. 70, n. 1, p. 49-67, 2007.

GRAF, W. L. **Fluvial processes in dryland rivers**. New York: Springer-Verlag, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) **Projeto Topodata**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/> Acesso em: 04 de jun de 2019.

LIMA, R. N. S.; MARÇAL, M. S. Avaliação da Condição Geomorfológica da Bacia do rio Macaé-RJ a partir da Metodologia de Classificação dos Estilos Fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 2, 2013.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste setentrional brasileiro. **Mercator** (Fortaleza), v. 13, p. 127-141, 2014.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 5, n. 1, 2004.

POEPPL, R. E. *et al.* Managing sediment (dis) connectivity in fluvial systems. **Science of the Total Environment**, v. 736, p. 139627, 2020.

RIBEIRO, S. C.; MARÇAL, M. S.; CORRÊA, A. C. B. Geomorfologia de áreas semi-áridas: uma contribuição ao estudo dos sertões nordestinos. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, n. 1, p. 120-137, 2010.

SACO, P. M. *et al.* Using hydrological connectivity to detect transitions and degradation thresholds: Applications to dryland systems. **Catena**, v. 186, p. 104354, 2020.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala 1:500.000. Fortaleza: 2020. Disponível em:  
<https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>

SOUZA, J. O. P. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, 2013.

SOUZA, J. O. P. **Modelos de evolução da dinâmica fluvial em ambiente semiárido–bacia do açude do saco, Serra Talhada, Pernambuco**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SOUZA, J. O. P. **Sistema fluvial e açudagem no semi-árido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do saco, Serra Talhada, Pernambuco**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. **Revista OKARA: Geografia em debate** v, v. 9, n. 1, p. 108-122, 2015.

SOUZA, J. O. P.; BARROS, A.C. M.; CORRÊA, A. C. B. Estilos fluviais num ambiente semiárido: bacia do Riacho do Saco, Pernambuco. **Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia**, n. 102, p. 3-23, 2016.

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B.; BRIERLEY, G. J. An approach to assess the impact of landscape connectivity and effective catchment area upon bedload sediment flux in Saco Creek Watershed, Semi-arid Brazil. **Catena**, v. 138, p. 13-29, 2016.

THOMSON, J. R.; TAYLOR, M. P.; BRIERLEY, G. J. Are River Styles ecologically meaningful? A test of the ecological significance of a geomorphic river characterization scheme. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 14, n. 1, p. 25-48, 2004.

TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. **Earth-Science Reviews**, v. 51, n. 1-4, p. 67-107, 2000.



## **ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ, CEARÁ, BRASIL**

Daniel dos Reis Cavalcante  
Ícaro Breno da Silva  
Frederico de Holanda Bastos  
Abner Monteiro Nunes Cordeiro

### **INTRODUÇÃO**

Para Lima (2006), os rios possuem importância econômica, social e política e, muito além disso, a drenagem pode propiciar relevantes informações sobre o meio físico, sobretudo no que tange aos aspectos ambientais. Dessa forma, sua análise fornece subsídios sobre as melhores maneiras de intervenções sobre os recursos naturais.

Todo rio drena um determinado percentual de um território, conhecido como bacia hidrográfica, que fornece água e sedimentos para o canal dos rios, dessa forma a bacia hidrográfica é a área drenada por um sistema fluvial, onde tal sistema é composto por um conjunto de canais de escoamento (CHARLTON, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

O conceito de bacia hidrográfica está relacionado a uma determinada área de captação natural da precipitação que faz convergir para seu exutório. Tal recorte espacial vem sendo bastante utilizado como objeto de estudo em diversas pesquisas com o intuito de melhor aproveitar os recursos hídricos e os demais recursos naturais. Segundo Giometti (1998), uma bacia hidrográfica é considerada a melhor unidade para se trabalhar, pois oferece subsídios que auxiliam na compreensão da organização e dinâmica dos fluxos de energia e matéria que circulam ao longo do sistema.

Desta forma, segundo Morisawa (1985), a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema processo-resposta, pois uma mudança em algum setor de uma bacia hidrográfica desencadeia uma resposta, que, por sua vez, pode ocorrer em qualquer lugar ao longo da área de drenagem. Assim, torna-se possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas ocorridas dentro da bacia.

Para isso, se faz necessário o conhecimento dos aspectos morfométricos ao longo da área de estudo. Estes são elementos de grande importância para o entendimento do comportamento hidrológico, pois há uma estreita relação entre o ciclo hidrológico e a morfometria (VILLELA; MATTOS, 1975). Com estes dados, é possível inferir, mesmo que indiretamente, valores hidrológicos para locais da bacia hidrográfica onde as informações são escassas.

A caracterização morfométrica, por sua vez, também auxilia na previsão de determinados fenômenos, como, por exemplo, enchentes e inundações (VILLELA; MATTOS, 1975; CARDOSO et al., 2006). Neste sentido, Christofolletti (1980) ressalta a importância da análise integrada dos aspectos de drenagem, relevo e geologia, que podem levar a uma melhor explicação e compreensão das questões associadas à dinâmica ambiental do ambiente.

Neste contexto, a delimitação da área da bacia hidrográfica e a caracterização morfométrica da mesma são de grande importância para o seu manejo adequado, além do entendimento da dinâmica ambiental local e da sua relação com o comportamento hidrológico. Para isso, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) desempenham importante papel na tomada de

decisões a partir da aquisição, armazenamento e análise dos dados geográficos, possibilitando um levantamento rápido e detalhado em relação aos aspectos físicos da bacia hidrográfica.

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo principal uma caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Coreaú – Ceará, a partir de alguns parâmetros físicos e do uso de técnicas de geoprocessamento, possibilitando um melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais da área em questão.

A bacia hidrográfica do Coreaú (Mapa 01), localizada no setor NW do Estado do Ceará, abrange integralmente os municípios de Moraújo, Coreaú, Frecheirinha e Alcântaras, e parte de outros 13 municípios com destaque para Camocim, Granja, Sobral, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará.

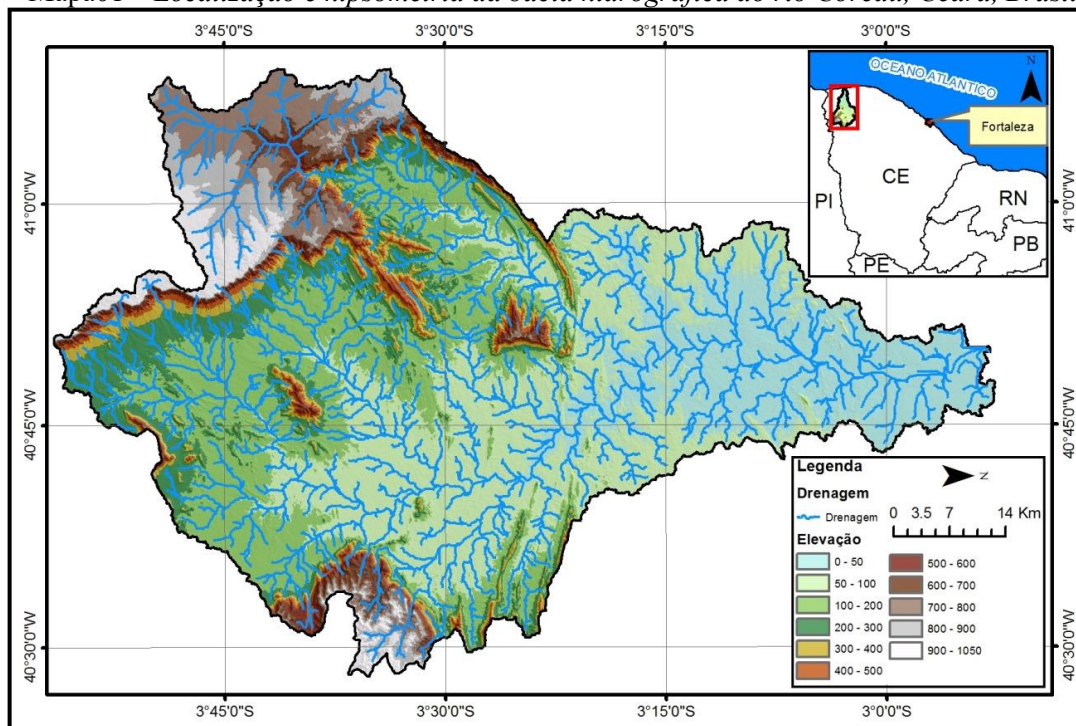
Do ponto de vista geológico a bacia hidrográfica do rio Coreaú está localizada, em sua maior parte, no Domínio médio Coreaú - DMC, constituído por rochas cristalinas e cristalofílicas pré-cambrianas, que corresponde a um cinturão dobrado (*orogenic belt*) (TORQUATO; NOGUEIRA NETO, 1996). Tal bacia hidrográfica é marcada por intensa diferenciação topográfica ao longo de seu perfil longitudinal, condicionada pela expressiva variação litoestratigráfica e pelo arranjo estrutural (*e.g.*, dobras e falhas) dessas rochas (TORQUATO, 1995; BRASIL, 2003), além do DMC há rochas sedimentares do Grupo Serra Grande, Jaibas e Riacho Sairi, bem como sedimentos do Grupo Barreiras (BRASIL, 2003).

A diversidade litológica apresentada e submetida aos processos erosivos e agradacionais sob condições climáticas semiáridas, condicionou uma significativa variação morfológica, com setores mais elevados, associados ao *glint* da Ibiapaba, configurado como um escarpamento contínuo (com altitudes médias de 800m) sustentado pelo Grupo Serra Grande discordantemente disposto sobre o embasamento do DMC (CLAUDINO SALES; LIRA, 2011); maciço granitóide da Meruoca; cristas residuais quartzíticas; superfícies de erosão sertanejas (metamórficas) pontilhadas de *inselbergs* e *inselguebergs*, além dos setores de agradação pré-litorâneos e litorâneos, representados pelos depósitos do Neógeno-Pleistoceno associados ao Grupo Barreiras (Formação Barreiras indiviso e Formação Camocim), e pelas planícies fluviais e flúvio-marinhas holocênicas (BRASIL, 2003).

Do ponto de vista climático a bacia hidrográfica do rio Coreaú, possui irregularidade das precipitações, mesmo na estação chuvosa, e a concentração no tempo, traz reflexos marcantes no escoamento superficial. Este é também afetado, diretamente, pelo grau de declividade do relevo e pela impermeabilidade das rochas que compõem o embasamento cristalino pré-cambriano, que apresenta terrenos nitidamente marcados por deformações dúcteis e rúpteis em uma extensa superfície erosiva dissecada por condições climáticas semiáridas.

Já as variações climáticas registradas na bacia estão associadas, diretamente, ao regime pluviométrico, que é dependente da proximidade do litoral, onde os totais pluviométricos apresentam um aumento substancial e as temperaturas são mais estáveis, e do *glint* da Ibiapaba (borda oriental da bacia sedimentar do Parnaíba), onde os totais pluviométricos são maiores e as chuvas são mais regularmente distribuídas, além da altimetria contribuir para atenuar as condições térmicas locais, onde as temperaturas médias anuais variam entre 22 a 26°C (IPECE, 2017).

Mapa01 – Localização e hipsometria da bacia hidrográfica do rio Coreau, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018), a partir de imagens do satélite ALOS PALSAR.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada nesta pesquisa foi dividida em quatro etapas: levantamento bibliográfico e de dados cartográfico; técnicas de geoprocessamento; trabalho de campo; e tabulação e análise dos dados.

A obtenção dos aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do rio Coreau foi dividida em duas etapas, a saber: aquisição dos dados e delimitação da bacia; e a caracterização morfométrica da mesma a partir dos cálculos dos índices desejados, a saber: área, perímetro, declividade, altitude, coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), fator de forma ( $K_f$ ), índice de circularidade ( $IC$ ), densidade de drenagem ( $D_d$ ), coeficiente de manutenção ( $C_m$ ), ordem dos cursos d'água, número de canais, frequência dos canais e orientação da bacia hidrográfica.

Para a realização da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Coreau foram utilizadas imagens do satélite ALOS, mais especificamente do sensor PALSAR, com resolução espacial de 12,5 x 12,5, adquiridas gratuitamente pelo site [vertex.daac.asf.alaska.edu](http://vertex.daac.asf.alaska.edu). Foram adquiridas um total de seis imagens.

A partir do momento em que obteve-se a delimitação da bacia hidrográfica, passou-se a realizar os devidos cálculos para obter suas diferentes características físicas. Entre elas, pode-se citar: área, perímetro, coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), fator de forma ( $K_f$ ), índice de circularidade ( $IC$ ), declividade, altitude, densidade de drenagem ( $D_d$ ), coeficiente de manutenção ( $C_m$ ), ordem dos cursos d'água, número de canais, frequência dos canais e orientação da bacia hidrográfica. As equações dos parâmetros utilizados na análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Coreau estão demonstradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros utilizados na análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Coreaú.

	Parâmetro	Equação	Definição	Unidade
GEOMÉTRICOS	Área (A)	$A$	A = área da bacia em km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>
	Perímetro	$P$	P = perímetro da bacia em km	km <sup>2</sup>
	Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	A = área da bacia em km <sup>2</sup> ; L = comprimento do eixo da bacia em km	-
	Índice de Circularidade (IC)	$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$	A = área da bacia em km <sup>2</sup> ; P = perímetro da bacia em km	-
	Coefficiente de Compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	A = área da bacia em km <sup>2</sup> ; P = perímetro da bacia em km	-
DRENAGEM	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	$Lt$	Lt = Comprimento total dos cursos d'água em km	km
	Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Lt = Comprimento total dos cursos d'água em km; A = área da bacia em km <sup>2</sup>	km/km <sup>2</sup>
	Coefficiente de Manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{Dd}$	Dd = Densidade de Drenagem em km/km <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m
	Ordem dos Cursos D'água	-	<i>Strahler (1954)</i>	-

Fonte: Villela e Mattos (1975); Cardoso et al. (2006); Tonello (2006). Organizado pelos Autores.

A área corresponde a todo setor drenado pelo sistema fluvial ao longo dos seus divisores topográficos, sendo considerado o elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos, já o perímetro corresponde ao comprimento da linha ao longo destes divisores (TONELLO, 2005).

Já a declividade refere-se à inclinação da superfície do terreno. Esta variável relaciona-se com a velocidade com que se dá o escoamento superficial, influenciando assim, o tempo que leva a água precipitada para concentrar-se nos leitos fluviais (VILLELA; MATTOS, 1975). Para os intervalos de declividade serão adotadas as classes da Embrapa (1979).

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual à desta mesma bacia (CARDOSO et al., 2006). Quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de compacidade, mais a bacia assemelha-se com um círculo, sendo mais susceptível a enchentes acentuadas (VILLELA; MATTOS, 1975). Sendo: “Kc” o coeficiente de compacidade; “P” o perímetro (m); e “A” a área de drenagem (m<sup>2</sup>).

O fator de forma corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, relacionando sua forma com a de um retângulo (CARDOSO et al., 2006). Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes



que outra de mesmo tamanho, mas com fator de forma maior. Sendo: “Kf” o fator de forma; “A” a área de drenagem (m<sup>2</sup>); e “L” o comprimento do eixo da bacia (m).

Segundo Tonello *et al.* (2006), o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima de uma forma mais circular e diminui à medida que a mesma torna-se mais alongada. Bacias mais alongadas, segundo Villela e Mattos (1975), possuem menor concentração de deflúvio. Sendo: “IC” o índice de circularidade; “A” a área de drenagem (m<sup>2</sup>); e “P” o perímetro (m).

Já a densidade de drenagem indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. Esta, segundo Christofletti (1980), é uma das variáveis mais importantes e representa o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou a quantidade disponível de canais de escoamento. Do ponto de vista geométrico os padrões de drenagem podem ser classificados como: dendrítico, treliça, paralela, radial e anelar. Tais padrões são influenciados, segundo Mioto *et al.* (2014), pela natureza e disposição das rochas (e do seu comportamento hidrológico), declividade, amplitude altimétrica e pela evolução geológica e geomorfológica da região. Sendo: “Dd” a densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>); “Lt” comprimento total de todos os canais (km); e “A” a área de drenagem (km<sup>2</sup>).

Obtida a densidade de drenagem, é possível calcular o coeficiente de manutenção. O mesmo representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem (SANTOS *et al.*, 2012). Sendo: “Cm” o coeficiente de manutenção (m<sup>2</sup>/m); “Dd” a densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>).

Em relação a ordem de drenagem, esta pode ser determinada segundo os critérios propostos por Horton e Strahler, nas décadas de 40 e 50, respectivamente. O presente trabalho optou por adotar a classificação deste último, em que canais sem tributários são considerados de primeira ordem. Canais de segunda ordem são oriundos da confluência de dois canais de primeira ordem e assim sucessivamente.

Desta forma, as características morfométricas – área, perímetro, comprimento da drenagem, número de canais e frequência de canais – foram calculadas na tabela de atributos de arquivos vetoriais da bacia hidrográfica e da drenagem. As características de declividade e de altitude foram obtidas a partir dos dados de radar da imagem ALOS PALSAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

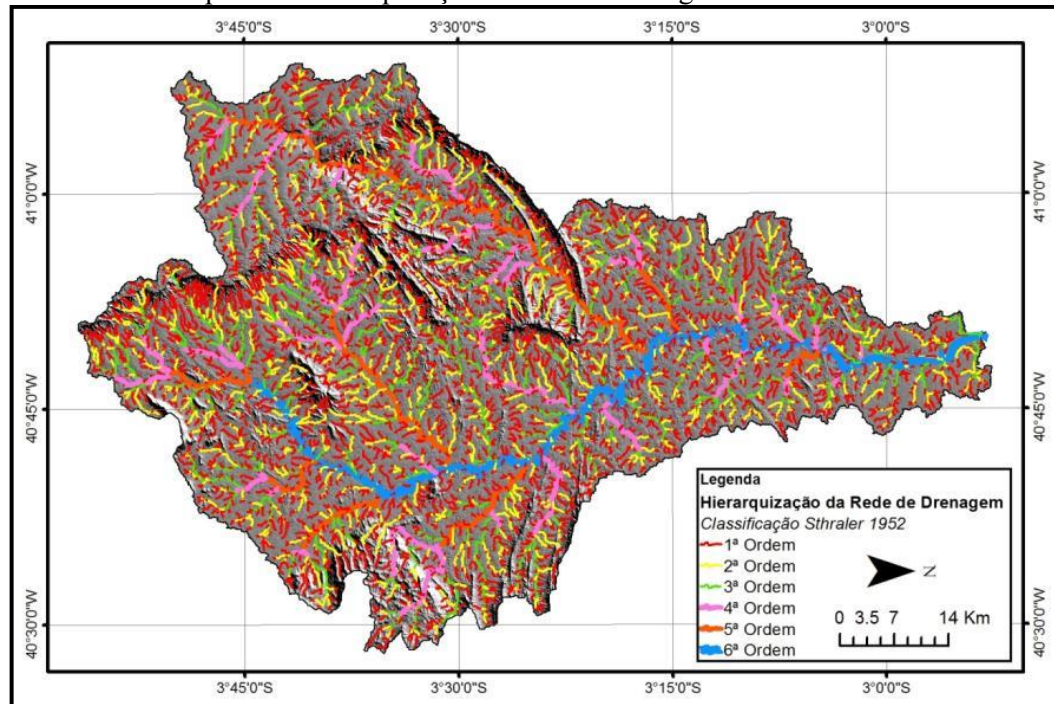
Através da hierarquização da rede de drenagem da bacia do rio Coreaú (Mapa 02), pôde-se afirmar que esta é uma bacia de 6<sup>a</sup> ordem, onde o Coreaú é o principal rio, tendo suas principais nascentes localizadas no planalto da Ibiapaba e nas serras do Carnutum e Meruoca. O rio Coreaú, com 152 km de comprimento e orientado para norte, possui oito afluentes de 5<sup>a</sup> ordem que juntos somam 195 km de comprimento, sendo os mais expressivos os rios Itaquatiara, Itacolomi, Juazeiro e Sairi.

A bacia apresenta uma área de 4.431 km<sup>2</sup>, perímetro de 524 km e sua rede de drenagem está disposta em 4.010 cursos d’água, onde o comprimento total dos canais (Lu) mede um total de 5.947 km, sendo o comprimento médio dos canais (Lm) de 1,48 km.

Dados quantitativos dos canais fluviais da bacia do rio Coreaú manifestam os resultados obtidos para análise linear da rede de drenagem, onde os canais de 1<sup>a</sup> (3.138 canais) e 2<sup>a</sup> (673 canais) ordem representam 95,03% dos cursos d’água da bacia em análise, no entanto, são canais que não apresentam grande extensão, assumindo em média 0,964 a 1,921 km por canal. Entretanto,

à medida que aumenta a ordem dos canais, a quantidade de canais diminui e aumenta a extensão linear dos mesmos. Assim, os canais de 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> ordem apresentam, respectivamente, 4,981 km, 9,125 km e 24,375 km de comprimento médio, constituindo os afluentes mais significativos do rio Coreaú.

Mapa 02 – Hierarquização da rede de drenagem do rio Coreaú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018), a partir de imagens do satélite ALOS PALSAR.

O canal de 6<sup>a</sup> ordem, representado pelo rio Coreaú, assume, ao longo dos seus 152 km de comprimento, diferentes direções, assumindo a direção N-S, de forma preponderante, sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. O rio Coreaú apresenta índice de sinuosidade ( $I_s$ ) igual a 1,29, indicando que o canal do rio Coreaú não tem forma retilínea, mas também, não pode ser considerado como sinuoso, ou seja, o canal apresenta forma transitória. Conforme Freitas (1952) o índice de sinuosidade  $< 1,0$  pode ser considerado um canal retilíneo e um canal com índice de sinuosidade  $> 2,0$  pode ser considerado um canal sinuoso.

Também é possível afirmar que a área em estudo apresenta-se pouco susceptível a enchentes, levando em consideração as condições normais de precipitação. Este fato pode ser constatado pelo coeficiente de compacidade que apresentou um valor afastado da unidade (2,20) e pelo fator de forma com valor próximo de zero (0,32).

O índice de circularidade também afirma que a bacia em questão possui formato mais alongado, já que o valor obtido para este índice apresentou-se bem abaixo do valor unitário (0,20). Deste modo, a forma alongada da bacia hidrográfica acaba por favorecer um maior tempo de concentração da água e uma baixa susceptibilidade a enchentes, já que, segundo Cardoso et al. (2006), o formato circular de algumas bacias hidrográficas acaba por favorecer uma maior concentração de volume de água no seu canal principal.

Diversos fatores controlam a densidade de drenagem ( $D_d$ ) em determinada bacia hidrográfica, pode-se citar como os mais importantes o clima, relevo, solos, substrato litológico e cobertura vegetal, estes são fatores eminentemente de cunho natural, porém para Coralles (2000), os

fatores antrópicos que podem gerar alterações na Dd de uma bacia são a urbanização e a agricultura.

A bacia hidrográfica do rio Coreaú apresentou um índice de Dd relativamente baixo (Mapa 03),  $1,34 \text{ km}^{-2}$ . Tal valor apresentado está condicionado pela ação combinada dos diferentes componentes ambientais que compreendem a bacia hidrográfica em questão. No caso do clima, que de acordo com Stevaux e Latrubesse (2017) é o fator de controle mais importante, a Dd sofre redução por estar localizada, em sua maior parte, em áreas com predomínio de clima semiárido.

No semiárido nordestino documentam-se elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas, bem como totais pluviométricos baixos com alta variabilidade no tempo e no espaço e elevadas taxas de evapotranspiração, que acabam refletindo num significativo déficit hídrico anual (ZANELLA, 2014), conseqüentemente na Dd.

Dentro de um mesmo ambiente climático o que passa a sobressair é o fator litológico (CHRISTOFLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017; TONELLO et al., 2006), onde dependendo das propriedades geomorfológicas das rochas ter-se-á maior Dd ou não. No caso da bacia hidrográfica do rio Coreaú, tal observação se fez bastante válida, tendo em vista que há diferentes unidades litoestratigráficas que condicionam a Dd.

O setor do *glint* da Ibiapaba, que representa um importante enclave úmido cearense, é sustentado por arenitos do Grupo Serra Grande, esse tipo de rocha apresenta significativa porosidade primária, aumentando, dessa forma, a capacidade de infiltração da água e, conseqüentemente, na diminuição da Dd. Esse contexto pode ser facilmente observado em outros setores da bacia, como, por exemplo, onde ocorre a Formação Trapiá (arenitos), Grupo Sairi (arenitos), Formação Frecheirinha (calcários), Grupo Barreiras, entre outros.

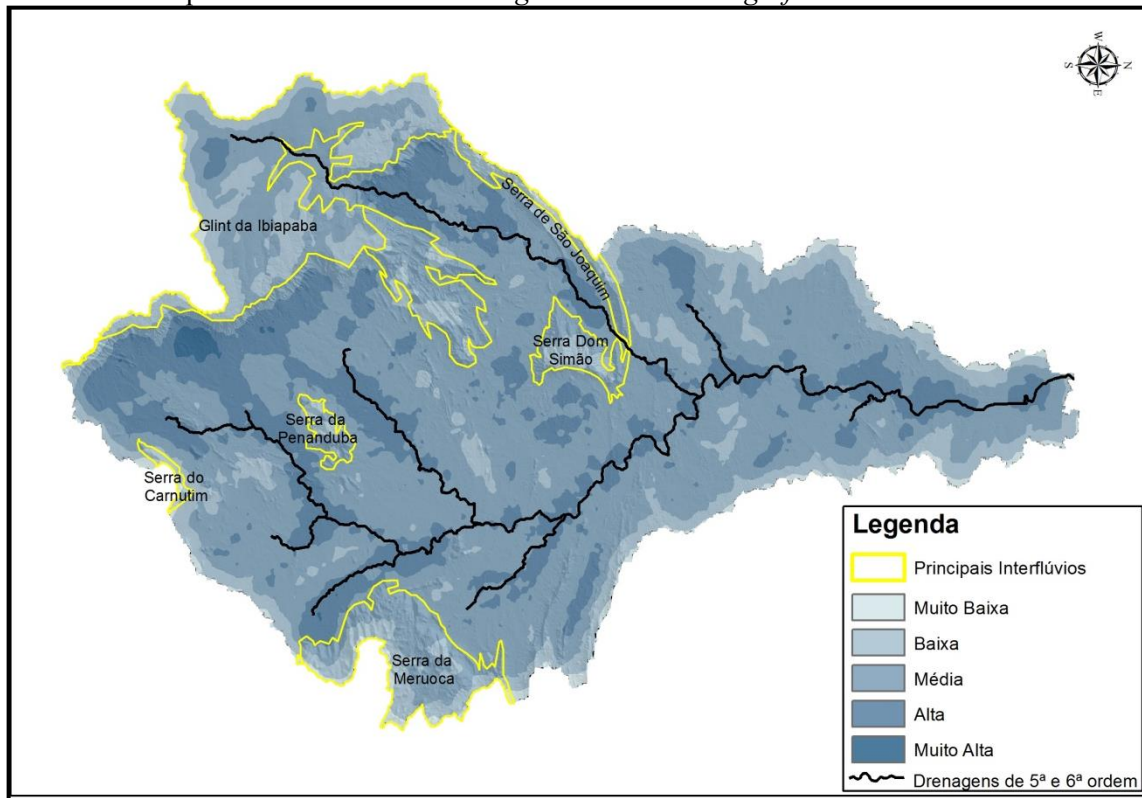
Os maiores valores de densidade de drenagem concentram-se no centro-sul da bacia, em função da predominância e do comportamento das rochas do embasamento pré-cambriano, que dificultam a infiltração da água, favorecendo o escoamento superficial.

A forma como o relevo se apresenta também influencia na Dd, sendo que em relevos planos a Dd tende a diminuir consideravelmente (STRAHLER, 1964 *apud* MARTINI 2012). Este fato, certamente, também é um fator importantíssimo para se justificar a baixa Dd da bacia do rio Coreaú, pois a mesma apresenta 79,63% de sua área total dividida entre relevo plano (0-3/37,65%) e suave ondulado (3-8/41,98%) (Figura 01).

É muito provável que em áreas onde a densidade de drenagem se apresenta mais acentuada, o grau de dissecação do relevo seja também acentuado, tendo em vista que os processos de erosão linear comandados pela ação fluvial, sobretudo em áreas de expressivos gradientes, são os principais responsáveis por formar vales encaixados em forma de “V”.

Fatores como solos e cobertura vegetal também têm participação direta na forma como se apresenta a densidade de drenagem de determinadas bacias hidrográficas (CHRISTOFLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017; VILLELA; MATTOS, 1975). Os solos agem de forma similar aos aspectos litoestruturais, pois de acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), classes de solos distintas, apresentam Dd diferentes.

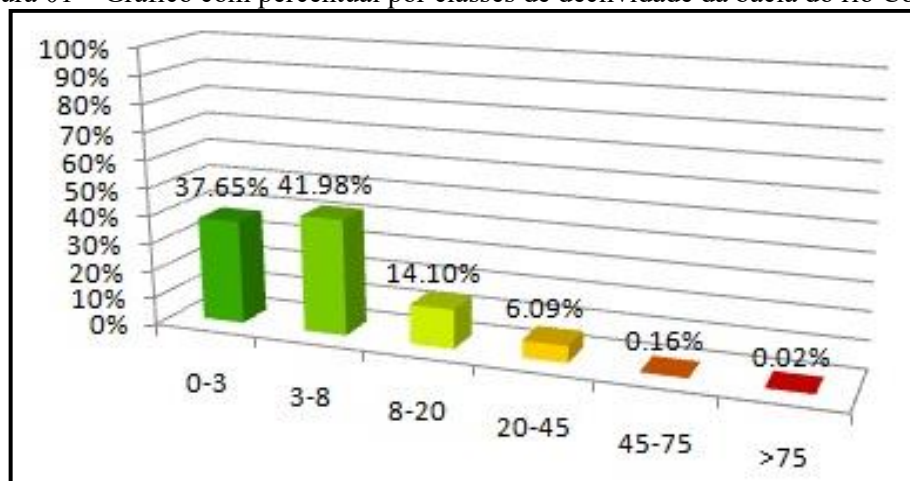
Mapa 03 – Densidade de drenagem da bacia hidrográfica do rio Coreaú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019), a partir de imagens do satélite ALOS PALSAR.

Porém tipos de solos iguais também podem apresentar diferentes densidades de drenagem, tal fato foi observado por Demattê e Demétrio (1998) que utilizaram o índice de Dd para detectar áreas onde solos estavam mais intemperizados dentro de um mesmo substrato rochoso.

Figura 01 – Gráfico com percentual por classes de declividade da bacia do rio Coreaú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Na bacia hidrográfica em questão, em decorrência da expressiva heterogeneidade litológica, há uma significativa variação de tipos de solos, porém a área em análise apresenta, em sua grande



maioria, solos pouco desenvolvidos. Entretanto nos setores presentes no *glint* da Ibiapaba existem solos bastante desenvolvidos como no caso dos Latossolos Amarelos da região (Figura 02A), tais solos de acordo com Lepsch (2010) se apresentam bem drenados diminuindo assim a Dd da área. Outro exemplo de solo com excepcional drenagem são os Neossolos Flúvicos da área de estudo (Figura 02B).

A vegetação também contribui diretamente para os baixos valores encontrados de Dd, pois a caatinga se apresenta de forma muito espaçada o que acarreta na ausência da proteção dos solos e conseqüente aumento da erosão dos mesmos. A exceção se dá, sobretudo, nos setores onde há enclaves úmidos, como no caso do *glint* da Ibiapaba.

Figura 02 – (A) Perfil de Latossolo no município de Tianguá; (B) Perfil de Neossolo Flúvico próximo ao rio Coreaú.



Fonte: Acervo particular do autor, 2019.

## CONCLUSÕES

A pesquisa teve como objetivo analisar alguns dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Coreaú, sendo eles parâmetros lineares como Índice de Sinuosidade ( $I_s$ ) e Comprimento médio dos canais ( $L_m$ ), parâmetros de área como Densidade de drenagem ( $D_d$ ) e Índice de Circularidade ( $I_c$ ), além de uma breve análise dos padrões geométricos da rede de drenagem da bacia em questão.

Dessa forma percebeu-se que a bacia hidrográfica do rio Coreaú não possui tendência para ocorrência de enchentes considerando as condições normais de precipitação. Isso se explica pelo fato das variáveis morfométricas como, por exemplo, coeficiente de compactidade ( $k_c$ ), fator de forma ( $k_f$ ) e índice de circularidade ( $I_c$ ), além da densidade de drenagem ( $D_d$ ) apresentarem baixos números.

Acredita-se que os dados gerados poderá servir para estudos futuros no âmbito do planejamento e gestão ambiental em áreas de bacias hidrográficas, zoneamentos ecológico-econômico, entre outras abordagens, partindo como uma eventual base. Vale ressaltar também que este estudo não esgota as possibilidades de pesquisas morfométricas na área em questão.

## REFERÊNCIAS

ASTARAS, T. Drainage basins as process-response systems an example from Central Macedonia, North Greece. **Rev. Earth Surface Process and Landforms**, v. 9, p.333-341, 1984.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Mapa na escala 1:500.000. Serviço Geológico do Brasil. Ministério das Minas e Energia. Fortaleza, 2003.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p.241-248, mar./abr. 2006.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. New York: Routledge, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.

CLAUDINO SALES, V.; LIRA, M. V. Megageomorfologia do noroeste do Estado do Ceará, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 38, p. 200-209. 2011.

CORALLES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem em microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari – SP**. 210f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

DEMATTÊ, J. A.; DEMÉTRIO, V. A. Caracterização de solos por padrões de drenagem e sua relação com índices de intemperismo. **Revista Brasileira de Agropecuária**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 87-95, 1998.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Súmula da X reunião de levantamentos de solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, n.11, p.53-57, 1952.

GIOMETTI, A. B. R. **Diagnóstico e prognóstico ambiental como subsídio para a gestão da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos ou da Cachoeira-SP**. 1998. 341 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, p.807-813, 1945.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Bulletin American Association of Petroleum Geologist**, v. 51, n. 11, p. 2246-2259. 1967.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal**. Fortaleza: IPCE, 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal/>. Acesso: 02/02/2019.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: UFPA, 2006.

MARTINI, L. C. P. Características morfométricas de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 67-72, 2012.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p.16-22, 2014.

MORISAWA, M. **Rivers: form and process**. New York: Longman, 1985. 222p.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p.195-211, 2012.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of hydrographic basin geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p.913-920, 1975.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005. 69 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. de; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p.849-857, set./out. 2006.

TORQUATO, J. R. A Geologia do noroeste do Ceará (Uma revisão histórica). **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 8, p. 5-183. 1995.

TORQUATO, J. R.; NOGUEIRA NETO, J. A. Historiografia da região de dobramentos do médio Coreau. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 303-314. 1996.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil LTDA, 1975. 245p.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 36 (v. Especial), p. 126-142. 2014.



## A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: UM OLHAR PARA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ (RN)

Márcia Regina Farias da Silva  
Nildo da Silva Dias  
Diêgo Ezau Pereira de Araújo  
Renata Duarte de Almeida

### INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida humana e, durante muito tempo, passou a ser essencial para a sobrevivência, uma vez que a crise hídrica global coloca a água como uma questão de subsistência, pois a sua quantidade é invariável em todo o planeta.

A relação desarmônica do homem com a natureza reduz a disponibilidade de água para o consumo humano devido, principalmente, ao alto índice de poluição das fontes hídricas superficial e subterrânea em decorrência das atividades domésticas, industriais e agrícola e; além disso, o consumo predatório deste recurso hídrico que compromete as recargas dos aquíferos.

Para fins de gestão dos recursos hídricos, as principais fontes de água são oriundas de rios, lagos, mares e subsolo e, a junção destas redes são denominadas de bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica é definida pelas áreas homogêneas e, a morfogênese local interfere na qualidade da água, podendo ela ser doce, salgada ou salobra.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, normaliza o uso e as adequações dos recursos hídricos, a porção de terra banhada por rios e afluentes, ou seja, por divisores de água denominadas bacias hidrográficas (BRASIL, 1997).

O gerenciamento dos recursos hídricos promove o uso racional da água e a segurança hídrica, sendo de suma importância para estabilidade socioeconômica e o desenvolvimento humano. Este gerenciamento dá-se a partir do recorte territorial para a gestão sustentável e o compartilhamento das águas, desde a Conferência de Mar del Plata, em que se prioriza a importância de entidades (comitês) para administrar bacias hidrográficas, visando o planejamento integrado (DOUROJEANNI, 1997). No Brasil, os comitês de bacias hidrográficas existem desde a década de 1988, porém apenas nos últimos anos que alguns Estados da federação passaram a valorizar seus comitês em decorrência do risco de colapso das populações pela falta da água.

Nesse sentido, este artigo objetiva discutir a relação da água como fio conector entre todos os aspectos do desenvolvimento da sociedade e, a importância das bacias hidrográficas como unidade de planejamento na gestão dos recursos hídricos visando a segurança hídrica, com ênfase na bacia do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte.

### METODOLOGIA

Para realização do trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica e documental, com a finalidade de revisar temáticas como: planejamento e gestão ambiental dos recursos hídricos e recursos hídrico e sustentabilidade, entre outros. A busca pelas palavras-chaves foi realizada por meio da consulta de livros, monografias, dissertações, teses, artigos de periódicos, entre outras fontes.

A pesquisa incluiu bases de dados acadêmicas, como a *Rede Cafe*, *Google Scholar*, Plataforma da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o *SciELO Brasil*, entre outras.

Foi também realiza uma busca pelos temas de discussões nas reuniões do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, a partir de pesquisa realiza em atas de reuniões. O acesso as atas se deram por meio da solicitação via ofício e, posteriormente, em consulta as redes sociais e site do referido Comitê. Em seguida as informações foram catalogadas para posterior análise.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ÁGUA E SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA

O uso indiscriminado dos recursos naturais, sem observar as suas inter-relações com o ambiente global, tem comprometido a manutenção da vida na Terra. Nas últimas décadas vem se destacando uma constante preocupação da população humana com as questões ambientais, a preservação do planeta e a garantia de continuidade da biodiversidade.

Nessa direção, a participação consciente da comunidade local na gestão dos recursos naturais deve ser um processo de expansão das possibilidades de escolha para os indivíduos. No entanto, foi a partir da década de 1970 que a sociedade passou a tomar consciência, que as raízes dos problemas ambientais deveriam ser buscadas nas modalidades de desenvolvimento tecnológico e econômico e de que não tornaria possível confrontá-los, sem uma reflexão e uma ação sobre essas modalidades de desenvolvimento. Assim, o que denominamos de políticas de meio ambiente não poderia ser mantido permanentemente à margem dos processos de ação coletiva e de organização econômica.

Autores como, Rocha (2012) estabelece que muito se tem questionado sobre a possível insustentabilidade ambiental do atual modelo civilizatório de desenvolvimento, devido aos problemas ambientais causados pelo uso intensivo dos recursos naturais em várias regiões do planeta Terra. A questão ambiental com relação ao desenvolvimento sustentável passou a fazer parte da agenda da sociedade e dos governos em todo o Planeta; e é neste quadro com contradições que as ideias sobre desenvolvimento sustentável romperam fronteiras, e passam a ser reconhecidas como um novo paradigma universal, o da sustentabilidade.

Nessa direção, o conceito de sustentabilidade é muito utilizado para definir ações humanas com o ambiente e seus recursos naturais. O convívio da sociedade com meio ambiente evoluiu com o tempo e, segundo Setti et. al. (2001), o homem primitivo e alguns povos remanescentes no século XX, temia e respeitava a natureza, por considerá-la sinônimo de Deus. Já no mundo moderno, as relações da sociedade com os recursos ambientais sofrem variações extremas desde a exploração máxima com foco exclusivamente econômico até a convivência preservacionista dos mais extremados ecologistas.

É certo, que a concepção de desenvolvimento sustentável tem evoluído desde seu surgimento, abrangendo em si todas as questões que inter-relacionam o meio ambiente, o desenvolvimento econômico e a equidade social, o que por si mesmo pressupõe a complexidade desse termo. Todavia, é evidente que a incorporação da noção de desenvolvimento sustentável nas discussões políticas, econômicas e sociais reflete a atual tendência da população de atentarem com maior interesse e consciência para o fato da imprescindibilidade das questões referentes ao meio ambiente, seja no seu aspecto mais restrito local, seja no seu aspecto global.

Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável deve ser planejado dentro da perspectiva de produção e consumo responsável sem comprometer a sobrevivência das futuras gerações. No que se refere aos recursos hídricos, esse conceito não é diferente, uma vez que a água é recurso natural indispensável para a sobrevivência dos seres e, a sua gestão deve garantir qualidade e quantidade suficiente para atender as demandas da sociedade sem riscos de escassez. Como gerir esse recurso pensando nas gerações futuras?

É possível apostar um possível caminho para essa indagação, ressaltando a importância das soluções locais, do processo participativo e das ações emanadas da sociedade civil organizada, embasada na cidadania, na democracia, na ética e na responsabilidade do indivíduo social. Dentro desta visão, um sistema baseado no uso racional dos recursos renováveis, no uso racional dos recursos hídricos, na distribuição justa dos recursos naturais e no respeito a diversas formas de vida, oferece uma solução com equilíbrio dinâmico e harmônico entre o ser humano e a natureza.

Então, outra questão pode ser colocada: como encontrar os caminhos apropriados dentro de cada contexto específico, e como construir uma base sólida para dar continuidade às mudanças que nos levarão ao desenvolvimento sustentável? Nessa direção, em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU), instituiu a Agenda 2030 e com este documento foram apresentados os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

De acordo com a ONU (2015) os 17 ODS pautado na Agenda 2030 da ONU estabelece um conjunto de metas globais sobre a sustentabilidade como desafios para enfrentar os conflitos do mundo atual. O ODS 6 (Água limpa e saneamento) – que trata da disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos - é considerado um dos objetivos mais importante desta Agenda global, uma vez que a água ocupa as três dimensões do desenvolvimento sustentável - ambiental, econômica e social. A segurança hídrica e o saneamento estão inseridos em todos os aspectos da dignidade humana, pois promovem e/ou contribuem para a erradicação da pobreza (ODS 1), fome zero e agricultura sustentável (ODS 2), saúde e bem-estar (ODS 3), cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), vida na água (ODS 14), paz e justiça e instituições eficazes (ODS 15) etc.

De maneira geral, as metas do ODS 6 visam ampliar a cooperação internacional para assegurar o acesso à água e saneamento aos países em desenvolvimento; proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água; implementar a gestão integrada dos recursos hídricos; aumentar substancialmente a eficiência do uso da água e assegurar abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água; melhorar a qualidade da água e reduzindo a poluição; alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos e; alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos (Agenda 2030, 2015).

Por outro lado, a escassez de recurso hídricos e/ou a falta de gerenciamento adequado das fontes hídricas disponíveis ocasionam conflitos e desequilíbrios sociais, econômicos e naturais, sendo estes frequentemente observados em zonas áridas e semiáridas por apresentar déficit referente à distribuição sazonal de água (DIAS; SILVA; GHEYI, 2011).

Deste modo, as metas globais no que se referem a água e saneamento somente serão alcançadas com a participação da sociedade civil, do estado, das organizações não governamentais sejam por meios de ações individuais, coletivas, implementação e vigências de legislações específicas, incluindo políticas públicas e programas de educação ambiental. Nesse sentido, as bacias hidrográficas destacam-se como a principal unidade de planejamento para a gestão da água, como aporte para ser trabalhada a legislação visando a conservação da água e o seu uso sustentável (Magalhães Júnior, 2007).

Deste modo, os comitês de bacias hidrográficas têm um papel fundamental no cumprimento dessas metas estabelecidas pela ONU, uma vez que planeja com responsabilidade a gestão sustentável dos recursos de forma integrada e participativa. Além disso, a percepção ambiental acerca da utilização dos recursos hídricos é relevante mediante a articulação homem-meio existente no entorno das reservas hídricas superficiais, microbacias, rios, bacias hidrográficas e outras formas de acumulação hídrica, gerando discussões sobre os aspectos ambientais, sociais, econômicas em torno do uso dos recursos hídricos sem o planejamento e gestão ambiental dessas áreas (DICTORO; HANAI, 2016).

Pode-se inferir que a conservação e o uso sustentável dos recursos hídricos dependem da gestão e das políticas públicas eficientes, normas técnicas adequadas buscando a otimização administração do recurso bem como a fiscalização do cumprimento das tais. Nessa perspectiva, Setti et. al. (2001) ressaltam que, a gestão dos recursos hídricos é decisão política, motivada pela escassez relativa de tais recursos e pela necessidade de preservação para as futuras gerações.

Além disso, a participação da sociedade, seja por simples ações e atitudes individuais ou integrando-se aos comitês gestores que promovam o planejamento dos recursos hídricos tendo em vista o acesso local, universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos e; ainda a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça.

## **A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO O PAPEL DA SOCIEDADE NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

A água contém em seu cerne os conflitos, seja em países com problemas hídricos ou mesmo aqueles como grande extensão territorial que dispõem de muitas bacias hidrográficas. A disputa pela água ocorre em comunidades menores até em grandes cidades e, deste modo, a gestão eficiente de água compartilhada é um dos marcos da segurança hídrica capaz de reduzir os conflitos.

O cenário das décadas de 1980 e 1990 foi marcado pela busca de modelos alternativos, “[...] de participação da sociedade civil nas tomadas de decisão quanto às iniciativas de regulação e gestão dos recursos naturais outrora centralizadas apenas às instituições governamentais” (CUNHA; COELHO, 2009, p. 66), fazendo-se necessária a inclusão de novos atores sociais na formulação e execução de políticas públicas para a gestão dos recursos hídricos.

Observou-se na década de 1990 uma necessidade de tornar o desenvolvimento sustentável uma perspectiva importante para melhorar o grau de comprometimento com a questão ambiental. Para tanto o planejamento foi destacado como o instrumento a ser utilizado a médio e longo prazo, numa perceptiva de mudança de paradigma para assegurar a melhor qualidade ambiental e de vida da sociedade. Todavia, para isso acontecer é preciso que as políticas do governo federal e dos estados brasileiros sejam marcadas pela eficiência e articulação relacionada com a proteção ao meio ambiente. Ademais, a própria relação de entendimento das questões ambientais deve ser revista em sua multiplicidade, uma vez que essa sugere diversas respostas para os problemas de sustentabilidade, de acordo com cada contexto.

Souza, Silva e Dias (2012) desconsideram a participação da população na gestão de recursos hídricos apenas como pagadora de tarifas por utilização ou disposição de efluentes, mas na condição de agente transformador dos problemas de qualidade e quantidade dos recursos hídricos enfrentado pela sociedade, a medida em que a população passa a assumir uma



dimensão política, fazendo parte do exercício da cidadania no gerenciamento dos recursos hídricos. Tal fato, reafirma a condição de que a sociedade além de responsabilidades. Também tem o poder influenciador e deliberar sobre o consumo responsável no que diz respeito ao uso da água.

Deste modo, faz-se necessário trabalhar a popularização da responsabilidade ambiental quanto ao uso da água em todas as áreas e meios de conhecimento (mídias, unidades de ensino, programas de inclusão etc.) socializando as ideias de reuso e economia da água. Além disso, campanhas para evitar o desperdício e, também políticas de captação e armazenamento de água das chuvas e outras fontes alternativa são assuntos que devem ser trabalhados e desenvolvidos junto à sociedade.

Neste contexto, o estado é principal mediador no processo de regulação do uso e acesso aos recursos naturais e de proteção ao meio ambiente que tem procurado construir um modelo de gestão que integre interesses diversos, resolvendo as contradições postas quando se procura alcançar o desenvolvimento econômico e conservação da natureza (CUNHA; COELHO, 2009). Os autores, acrescenta que duas políticas, entre outras, parecem expressar bem os desafios e oportunidades colocados para a proteção do meio ambiente no país: 1) a Política Nacional de Recursos Hídricos, com seu modelo de gestão de bacias hidrográficas e, 2) a criação de reservas extrativistas, no contexto mais amplo de implantação de unidades de conservação para proteger as áreas consideradas ecologicamente estratégicas do território nacional.

Na década de 1970, a partir do momento em que a legislação vigente (Código de Águas de 1934) não correspondia mais aos problemas ambientais e sociais gerados a partir do desenvolvimento industrial e que afetavam a relação dos múltiplos usos dos recursos hídricos, percebeu-se a necessidade de uma nova legislação que abrangesse e controlasse essa multiplicidade de usos dos recursos hídricos e, então se estabeleceu a Lei 9.433/97 – denominada de Lei das águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta Lei reconhece a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e, também, a água como bem de natureza de valor econômico, sendo necessário contemplar os múltiplos usos da água a partir de um modelo de gestão descentralizado e participativo (Cunha; Coelho, 2009).

Em referência a isso, a principal forma de participação social dar-se por intermédio dos Comitês de Bacia que, a Agência Nacional de Águas (2014) define-os como grupos de gestão compostos por representantes do poder público, usuários da água (indústria, companhias de saneamento, hidrelétricas etc.) e da sociedade civil (ONGs, Instituições de ensino e outros) que contribuem de forma participativa para as tomadas de decisão referentes à gestão da bacia hidrográfica. De acordo com Sousa Filho (2011) o objetivo principal desses comitês de bacias é promover o debate para o controle social quanto ao gerenciamento dos recursos hídricos por meios da ampliação de transparência e compartilhamento das informações e decisões pertinentes à bacia, permitindo seu acesso aos membros dos comitês e à sociedade participar do planejamento e arbitrar sobre os conflitos pelo uso da água na tentativa de encontrar soluções e minimizá-los.

Adicionalmente, os Comitês de Bacias devem promover, juntos aos participantes, debates das questões relacionadas ao uso, à recuperação e à preservação dos recursos hídricos e; ainda, articular a atuação das entidades intervenientes; aprovar o plano de bacia e acompanhar a sua execução e, finalmente, aprovar critérios e cobranças pelo uso da água. Ainda de acordo com o referido autor, a gestão compartilhada tem como pressuposto a atuação harmônica e democrática do poder público, usuários e sociedade civil organizada, compartilhando do poder de tomada de decisão e a definição de estratégias e metas entre os diferentes agentes garantindo a primazia da transparência e clareza dos objetivos, amparados pelo conhecimento técnico da área.

Cunha e Coelho (2009, p. 71) afirmam que “o modelo de gestão das bacias hidrográficas, adotado na legislação brasileira, baseia-se nos pressupostos de co-manejo e da descentralização das tomadas de decisão”. Esta constatação fortalece a ideia de que os comitês de bacia é um dos (re)arranjos institucionais que busca conciliar interesses diversos e muitas vezes antagônicos, assim como controlar conflitos e dividir responsabilidades.

É importante vislumbrar que, o compartilhamento de uma bacia hidrográfica não é um problema ou conflito, mas um incentivo para o diálogo entre as partes e uma oportunidade melhorar a governança quanto a gestão dos recursos hídricos. No semiárido brasileiro, por exemplo, há milhões de pessoas vivendo em bacias hidrográficas onde prevalece a escassez hídrica na maior parte do ano e, a vida das populações depende de políticas capaz de dispor quantidade de água suficiente, apesar de limitações físicas.

### **COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS: O RIO APODI-MOSSORÓ, RN**

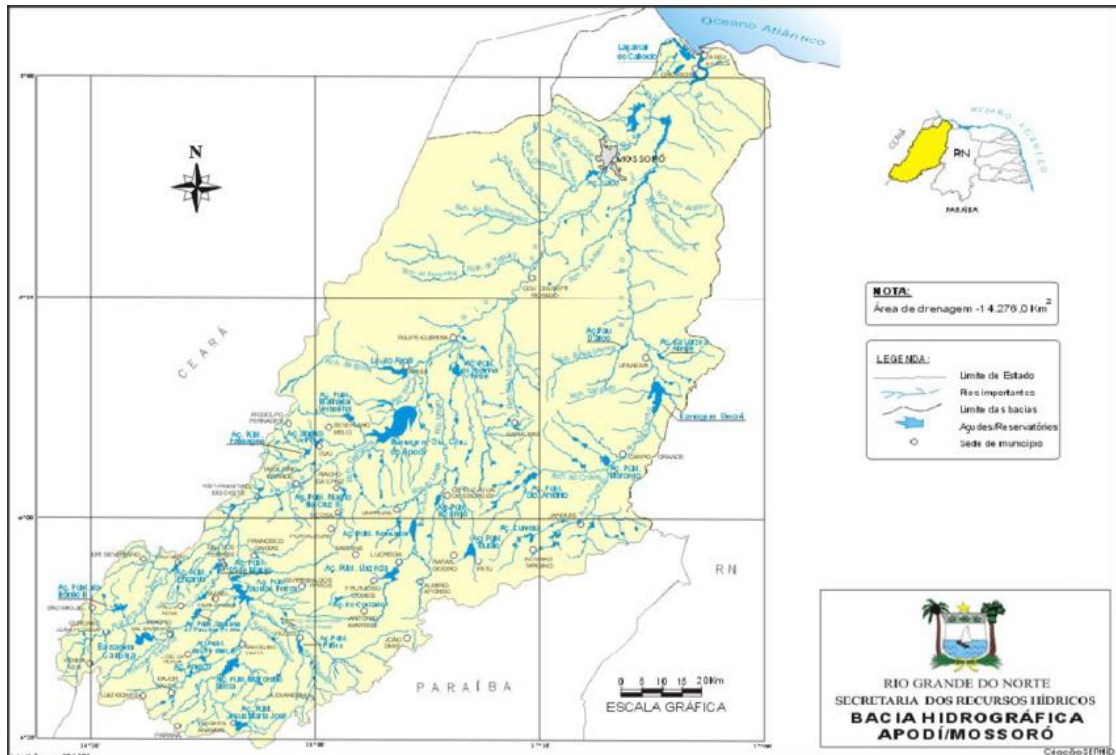
De acordo com Souza, Silva e Dias (2012) na região Nordeste do Brasil é comum um mesmo rio receber denominações diferentes, dependendo dos lugares que ele percorre. A bacia hidrográfica Apodi/Mossoró é considerada exorréica, o seu principal rio recebe o nome de Pau dos Ferros (nome da cidade), em Apodi (no médio oeste) recebe o mesmo nome da cidade, assim como na cidade de Mossoró.

A bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró, localiza-se na mesorregião Oeste Potiguar, no Estado do Rio Grande do Norte, Figura 1. Abrange quase todos os municípios dessa mesorregião, em uma área aproximada de 14.276 km<sup>2</sup>, configurando-se assim como uma importante área para se pensar a gestão dos recursos hídricos, com a finalidade de se conseguir a sustentabilidade desse importante recurso natural, além de ser a segunda maior bacia hidrográfica do Estado do Rio Grande do Norte (QUEIROZ, LOPES; CARVALHO, 2017).

Ao analisar a gestão da bacia hidrográfica do Apodi/Mossoró é importante mencionar que para Souza, Silva e Dias (2012) o desenvolvimento e o uso dos recursos hídricos de uma determinada área devem apresentar como prioridade a satisfação das necessidades básicas da população local e da proteção dos ecossistemas. Após satisfeitas as referidas necessidades, os recursos hídricos têm a característica de um insumo básico indispensável ao crescimento econômico.

Assim, o manejo de bacias hidrográficas pode ser entendido, de forma simples, como uma estratégia de planejamento e gestão de uso dos recursos naturais disponíveis em sua área de abrangência. Entretanto, este conceito vem evoluindo durante as últimas décadas, visto que inicialmente enfatizava-se apenas o planejamento e o manejo dos recursos hídricos, sendo entendido como: a arte e ciência de manejar os recursos naturais de uma bacia, com o fim de controlar a descarga de água em qualidade, quantidade e tempo de ocorrência. Atualmente, passou-se a considerar que o sistema de uso da terra tinha uma relação importante dentro do objetivo de manejar a água e a sua definição pode ser entendida, como: o conjunto de técnicas que se aplicam para a análise, proteção, reabilitação, conservação e uso da terra das bacias hidrográficas, com fins de controlar e conservar o recurso água delas provenientes (SOUZA, SILVA, DIAS, 2012).

Figura 1. Bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN), 2021.



Fonte: Secretaria Estadual dos Recursos Hídricos; Souza, Silva e Dias (2012).

A água é um bem que pertence a todos e, por essa razão, o seu gerenciamento deve ocorrer de forma participativa e integrada, embora, a exemplo de qualquer recurso natural, demanda investimento elevados por parte dos Estados. Por essa razão, o conhecimento sobre a distribuição dos recursos hídricos na face da Terra, o comportamento e disponibilidade da água são essenciais para a gestão eficiente desse recurso, sendo que potencial de uso da água, quantitativo e qualitativo, em uma bacia hidrográfica definirá o planejamento e as atividades a serem desenvolvidas na região.

De acordo com a Lei nº 9.433/97, o Estado compartilha com os diversos segmentos da sociedade uma participação ativa nas decisões de gestão. Cabe à União e aos estados, cada um em suas respectivas esferas, implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), legislar sobre as águas e organizar, a partir das bacias hidrográficas, um sistema de administração de recursos hídricos que atenda às necessidades regionais (BRASIL, 1997).

Dentro do SINGREH, o Poder Público, a sociedade civil organizada e os usuários da água integram os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) e atuam, em conjunto, na definição e aprovação das políticas acerca dos recursos hídricos de cada bacia hidrográfica. Também fazem parte do Sistema, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas (ANA), os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e as Agências de Água, órgãos assessores dos CBH (BRASIL, 1997).

Atualmente, a gestão das águas é realizada dentro de espaço físico delimitado conforme suas as redes de drenagens existentes, isto é, um ambiente com delimitações topográficas que drena

água definido por bacia hidrográfica (Cunha; Coelho, 2009). Neste contexto, o gerenciamento dos recursos hídricos que, considera a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, impõem uma visão ampla de governança, incluindo desde às políticas públicas de uso sustentável até as tecnológicas que visam a redução do consumo e, ações de educação ambiental para evitar desperdício com o consumo responsável.

Como forma de garantir a participação de usuários, autoridades, cientistas, poder público, organizações públicas e privadas na gestão das águas, os comitês de bacias surgem como instrumento de ligação entre sociedade civil e organizações, sendo este mecanismo de gestão mundialmente conhecido e aceito para a resolução de conflitos (Lima et al., 2016) gerados em razão da disputa pela água em comunidades e/ou cidades.

Para caracterizar a importância das bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão das águas, embasado sob o aspecto técnico e legislativo da Lei Federal nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997, iremos apresentar um estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, demonstrando as ações de planejamento, bem como os seus atributos ambientais e usos múltiplos da bacia, processo de outorga e gestores da unidade.

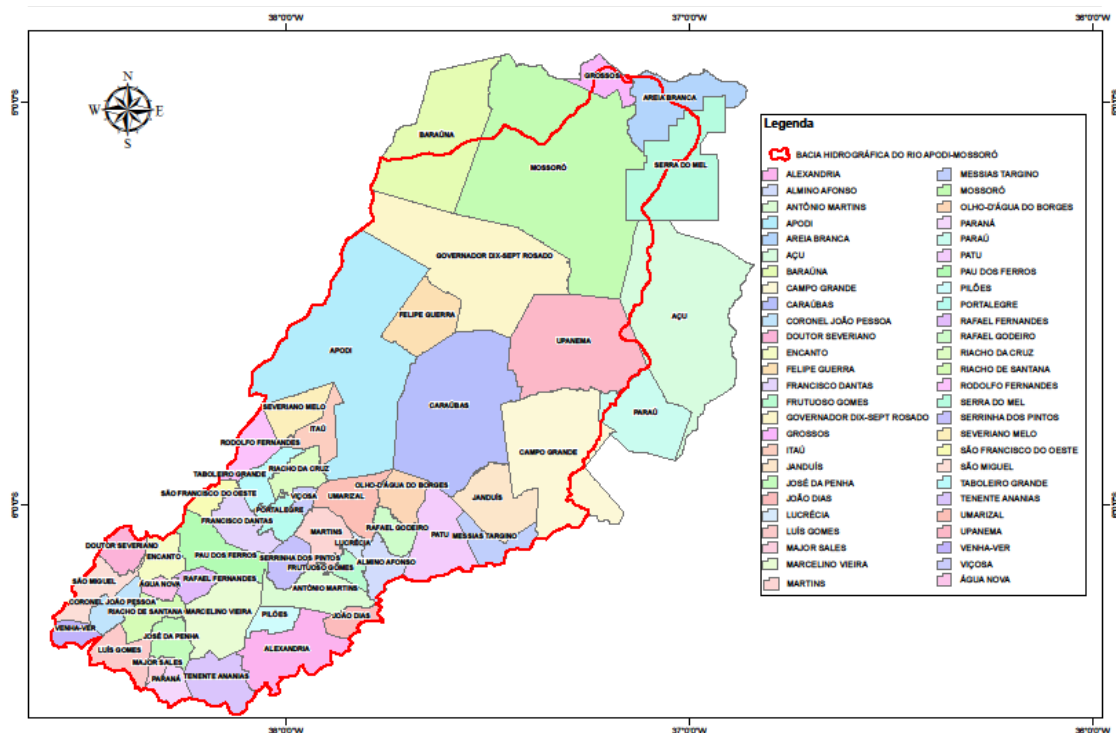
A aplicabilidade da legislação ambiental reforça a necessidade da interligação da sociedade no planejamento e na gestão dos recursos, integrando todas as partes do sistema, incluindo a introdução das discussões com um viés comunitário, em que possibilita interagir com todos os elos do sistema social. É consenso que a gestão de recursos hídricos é essencial a todos os setores da sociedade, devendo estar articulada com as políticas para os setores da educação, do meio ambiente, da indústria e do setor agrícola, dentre outros (Figueredo Júnior; Dourado Neto, 2011). Contudo, a participação efetiva da sociedade juntamente com o poder político são formas influentes na construção de um desenvolvimento e de uma gestão participativa dos recursos (Cunha; Coelho, 2009). Deste modo, a governança das águas se deve basear em princípios de gestão compartilhada, descentralizada e de ampla participação pública e dos usuários.

No estado do Rio Grande do Norte, a legislação vigente, mediante a gestão dos recursos hídricos está estabelecida na Lei nº 6.908 de primeiro de julho de 1996, contribuindo para a Política Estadual de Recursos Hídricos, a qual instituiu o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERN), com objetivo de planejar, desenvolver e gerenciar, os recursos hídricos com um caráter descentralizador e participativo para uma gestão visando conservar e preservar os recursos supracitados (RIO GRANDE DO NORTE, 1996).

No âmbito de bacia hidrográfica as ações destinadas à busca pela gestão e o planejamento dos recursos hídricos estão presentes nos comitês de bacias hidrográficas. No Estado do Rio Grande do Norte o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, criado por Decreto Governamental nº 21.881, de 10/09/2010, foi instalado em 21/02/2013, junto a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) tem suas bases jurídicas e, coloca em debate com a população a gestão da bacia de forma integrada e organizada (Figura 2).



Figura 2. Relação das cidades que compõem o Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Apodi-Mossoró.



Fonte: <http://cbhdorioapodimossoro.blogspot.com/>, 2021.

Como forma de se organizarem ao longo da bacia do Rio Apodi-Mossoró, em 2013 formou-se o comitê com representantes da sociedade civil, representantes do poder público e privado que formam um grupo de discussão das questões ambientais locais e que buscam promover a educação ambiental e participar da elaboração de metas relativas à gestão das águas locais, bem como na formulação de políticas públicas na sua área de atuação.

O Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró RICBHRAM (2013) no seu Art. 2º estabelece que: O Comitê da Bacia hidrografia do Apodi-Mossoró possui como área de atuação a totalidade da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, localizada nos municípios de Assu, Água Nova, Alexandria, Almino Afonso, Antônio Martins, Apodi, Areia Branca, Baraúna, Campo Grande, Caraúbas, Cel. João Pessoa, Doutor Severiano, Encanto, Felipe Guerra, Francisco Dantas, Frutuoso Gomes, Gov. Dix-Sept Rosado, Grossos, Itaú, Janduís, João Dias, José da Penha, Lucrécia, Luiz Gomes, Major Sales, Marcelino Vieira, Martins, Messias Targino, Mossoró, Olho d'Água do Borges, Paraná, Paraú, Patu, Pau dos Ferros, Pilões, Portalegre, Rafael Fernandes, Rafael Godeiro, Riacho da Cruz, Riacho de Santana, Rodolfo Fernandes, São Francisco do Oeste, São Miguel, Serra do Mel, Serrinha dos Pintos, Severiano Melo, Taboleiro Grande, Tenente Ananias, Umarizal, Upanema, Venha Ver e Viçosa. No § 2o. do referido artigo é acrescentado que fazem parte também do referido Comitê as áreas correspondentes algumas Bacias Hidrográficas Difusas localizadas no município Baraúna e Tibau, conforme Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Norte.

Em relação as finalidades do CBH do Apodi-Mossoró, o Art. 3º do Regimento destaca que são:

**ESTUDOS SOBRE A NATUREZA NO CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO**

considerando a bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró como unidade de planejamento e gestão, apoiando a consolidação das políticas públicas afins, visando o desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica; II – promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; III – promover a integração nas instâncias regionais e municipal da gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica” (RICBHRAM, 2013).

Neste estudo de caso, realizou-se uma análise das atas das reuniões do comitê desta bacia no período de 2013 a 2020 com a finalidade de identificar as ações deste comitê quanto a gestão participativa, incluindo as discussões das políticas públicas implementados pelos gestores, outorga e os projetos de educação ambiental.

No ano de 2013, o Comitê de bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, priorizou as discussões sobre os projetos de saneamento dos municípios (abastecimento e esgotamento sanitário na bacia) e a construção de um canal de água para a lagoa de Apodi, bem como, a problemática ambiental do projeto de irrigação da chapada do Apodi e da construção da barragem de Umarizeira. Além disso, o Comitê formou grupos de trabalhos para análise e definição de meios para redução dos conflitos com o uso da água do aquífero Jandaíra na região de Braúnas/RN, irregularidades do projeto de irrigação da chapada do Apodi e, decidiu enquadrar a água do rio na sua foz como salina.

No que se refere ao ano de 2014, o comitê de bacia hidrográfica tratou de questões específicas como, por exemplo, o saneamento dos municípios da bacia, avaliação das outorgas, situação hídrica dos reservatórios superficiais da bacia e, discussão sobre os impactos da transposição do São Francisco do eixo Norte que chega até o RN. Além disso, foram discutidas estratégias de convivência com a seca com a operação pipa para abastecimento hídrico de comunidade difusas (fonte pagadora do programa e contratação dos pipeiros), realização de estudos sobre as fontes hídricas no âmbito da bacia, o macro enquadramento da água do rio Apodi-Mossoró no trecho entre a Barragem de Passagem de Pedra como águas salinas e a problemática da lagoa de Apodi.

Em 2015, muitas problemáticas foram discutidas e inseridas nas pautas das reuniões do comitê de bacia, destacando-se a problemática ambiental dos projetos de saneamento no município as margens do rio Apodi-Mossoró, formação de uma equipe itinerante para fiscalizar e outorgar todos os usuários de água subterrânea na bacia, formalização de um pedido de fiscalização mais intensa junto aos órgãos competentes quanto a perfuração clandestina de poços clandestino. Além disso, foram pautadas a situação do balanço hídrico do aquífero Arenito Açú, os conflitos de água a jusante da barragem Santa Cruz, a limpeza dos barramentos que existem ao longo do rio a jusante da barragem de Santa Cruz, o fechamento das comportas da barragem de Santa Cruz e importância da cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Já em 2016, as discussões foram focadas na redução da vazão do reservatório de Umari, na necessidade do monitoramento dos barramentos que existem ao longo rio Mossoró, fechamento das comportas existentes na BR 405, o potencial turístico e preservação das serras potiguares e a criação do Fórum Potiguar de bacias.

Em 2017 de acordo com atas de reuniões do CBH Apodi-Mossoró foram discutidos temas como, a situação do saneamento básico nos 25 (vinte e cinco) municípios localizados às margens do rio Apodi-Mossoró, com foco no município de Areia Branca. A adequação do Plano de Trabalho dos PROCOMITÊS da referida bacia. A situação dos reservatórios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró; o processo eleitoral de renovação dos membros do

CBH Apodi-Mossoró. Foram discutidos também a situação hídrica do município de Itaú/RN. Formação de grupos de trabalho para as visitas técnicas na bacia do rio Apodi.

Temas acadêmicos como resultados de Trabalhos de Conclusão de Curso que foram desenvolvidos tendo a área da bacia como objeto de estudo, projetos de pesquisa visando a integração de bacias no Rio Apodi-Umari, além da definição dos integrantes para participação de eventos técnicos científicos. O relatório da visita técnica no meio curso do Rio Apodi-Mossoró, foram apresentados nos municípios de Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado.

Um outro ponto que foi dada atenção especial trata-se da discussão do termo de referência para elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Apodi-Mossoró e revitalização da bacia do rio Apodi-Mossoró. Em 2017 foi formada uma equipe técnica composta pela Universidade do Federal Rural do Semi-Árido (UFRSA) e da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e representante do município de Mossoró (RN) para apresentar à 3ª Promotoria de Meio Ambiente de Mossoró um plano estratégico.

No ano de 2018 o CBH Apodi-Mossoró focou nas suas discussões o apoio a transposição Rio São Francisco – eixo Apodi/Mossoró –; o planejamento estratégico para 2018 (PROCOMITÊS); questões relativas à infraestrutura de armazenamento e distribuição de água na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, bem como o autodiagnostico municipal sobre recursos hídricos ao longo da bacia.

Foram discutidas a criação de Câmaras Técnicas; a partição de membros do Comitê em eventos sobre CBH; o Panorama de outorgas na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, o Termo de Referência do plano de bacia; plano de trabalho para 2019 e a situação do rio no trecho que se localiza no centro da cidade de Mossoró, sendo realizadas visitas técnicas para avaliação. Em 2019 foi discutida a aprovação do plano de trabalho de 2019 (orçamento e atividades a serem realizadas durante o ano); a aprovação do TDR do Plano de Bacia do CBH; O Plano de Comunicação para o CBH do Apodi-Mossoró; foi também tema debate o a nova logomarca do CBH, a avaliação da efetividade do PROCOMITÊ e Autoavaliação do comitê; as propostas realizadas pelas Câmara Técnica do comitê; a fiscalização das barragens; o Fórum Oeste Potiguar; a transferência do CBH Apodi-Mossoró da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) para o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN); o Projeto Plantadores de Água; a Implementação e monitoramento do plano de capacitação e comunicação do CBH.

Foi também identificado que ocorreu uma moção manifestando repúdio a forma como a SEMARH vem tratando os três comitês de bacia do Estado do RN. Em sequência, no ponto de pauta, 3. 37 Eleição da Secretaria Executiva do CBH AM, o representante da SEMARH, 38 André Luiz Bezerra da Silva, se candidatou ao cargo de secretário executivo do 39 comitê. Como não houve outra candidatura, o presidente colocou em votação, sendo 40 André Silva eleito com uma abstenção. Em continuidade, na pauta, 4. Apresentação 41 do IGARN: Projeto RN mais segurança de açudes e barragens e o Termo de Alocação de Recursos Hídricos do Açude Rodeador, localizado em Umarizal/RN.

Deste modo, pode-se constatar a importância da criação e, principalmente da atuação do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró no gerenciamento dos recursos hídricos e, especialmente, na resolução dos conflitos pelo uso da água. A parti da criação do comitê, estabeleceu-se uma relação entre órgão e comunidade quanto a discussão dos problemas e resolução de conflitos quanto ao uso da água de forma integrada e participativa, disponibilizando dados ao poder público que, pode direcionar às políticas públicas da gestão da prioritárias na bacia.

Temas de ordem socioambiental ganham importância nas discussões do CBH do Apodi-Mossoró e observa-se uma expressiva participação das Universidades, bem como o interesse por parte dos seus representantes em participarem de eventos técnicos-científicos, fomentando a discussão da gestão das águas, sob a ótica técnica e respeitando, sobretudo, os ecossistemas ao longo da bacia e a população local. É importante destacar ainda a preocupação com o saneamento básico dos municípios que compõem a bacia e temáticas econômicas, relacionadas com a outorga pelo uso das águas passam a ganhar expressão nas discussões do Comitê.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica é uma excelente unidade de gestão no âmbito ambiental, econômico e sociais, uma vez que permite o planejamento integrado e a gestão sustentável da água – um recurso que une todos os aspectos do desenvolvimento da sociedade.

A segurança hídrica depende da existência de recursos financeiros para garantir a abordagem integrada a gestão, entretanto, o comitê de bacia deve discutir as prioridades da gestão das águas respeitando os princípios legais e, também, com base nas necessidades urgentes dos municipais dentro da bacia hidrográfica.

A gestão dos recursos hídricos deve ser constituir a agenda prioritária do poder públicos, sendo colocada no centro das estratégias de desenvolvimento territorial em todos os setores e com a participação de todos os atores social.

Os CBH devem realizar, por meios da gestão participativa e integrada, diagnósticos e estudos locais sobre a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, qualidade das águas, potencial de uso e ocupação e, os conflitos pelo uso da água. A produção desses dados pode orientar gestores públicos no planejamento e no gerenciamento das águas, sendo definido as atividades econômicas a serem desenvolvidas na região e ações educacionais que permitem o uso racional da água.

Cabe ainda ressaltar que os CBH podem ser considerados como uma ferramenta importante, nas ações que envolvem a deliberação de atividades que envolvam a gestão dos recursos hídricos em determinada bacia hidrográfica. Eles representam o fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica, sendo constituídos por representantes dos usuários de recursos hídricos, da sociedade civil organizada e dos três níveis de governo.

Portanto, os comitês, instituídos no âmbito das bacias hidrográficas, se constituem como uma importante participação da ação da sociedade civil sobre a questão da gestão da água, garantindo que ocorra a democratização na perspectiva do acesso, qualidade e gestão da água, reduzindo os riscos de que o aparato público seja apropriado por interesses imediatistas e amplia as possibilidades de uma prática orientada pela negociação sociotécnica no âmbito de cada bacia, contribuindo para o planejamento do uso sustentável dos recursos hídricos.

## REFERENCIAS

BRASIL. Lei N° 9433/97. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei N° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei N° 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 2 jan. 2021.



CBH. Comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. *Resumo das Atas das Reuniões do Comitê de Bacias do Rio Apodi-Mossoró*, 2013.

CBH. Comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. *Resumo das Atas das Reuniões do Comitê de Bacias do Rio Apodi-Mossoró*, 2014.

CBH. Comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. *Resumo das Atas das Reuniões do Comitê de Bacias do Rio Apodi-Mossoró*, 2015.

CBH. Comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. *Resumo das Atas das Reuniões do Comitê de Bacias do Rio Apodi-Mossoró*, 2016.

CBH. Comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. *Atas das Reuniões do Comitê de Bacias do Rio Apodi-Mossoró*, 2017. Disponível em: <  
<https://drive.google.com/drive/folders/1zxYmYANR7wfopMD5I-PWtoVa78iUPiWM>>.  
Acesso 03 jan. 2021.

CBH. Comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. *Atas das Reuniões do Comitê de Bacias do Rio Apodi-Mossoró*, 2018. Disponível em: <  
<https://drive.google.com/drive/folders/1zxYmYANR7wfopMD5I-PWtoVa78iUPiWM>>.  
Acesso 03 jan. 2021.

CBH. Comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. *Atas das Reuniões do Comitê de Bacias do Rio Apodi-Mossoró*, 2019. Disponível em: <  
<https://drive.google.com/drive/folders/1zxYmYANR7wfopMD5I-PWtoVa78iUPiWM>>.  
Acesso 03 jan. 2021.

CUNHA, S. B.; COELHO, M. C. N. Política e gestão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). *A questão ambiental: diferentes abordagens*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

DIAS, N. S; SILVA, M. R. F; GHEYI, H. R. *Recursos hídricos: usos e manejos*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

DICTORO, V. P; HANAI, F. Y. Análise da relação homem-água: a percepção ambiental dos moradores locais de Cachoeira de Emas – SP, Bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu. *R. Ra e Ga*. Curitiba, V. 36, p. 92-120, abr. 2016.

DOUROJEANNI, A. Management procedures for sustainable development. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo n.3*. Santiago, Chile: Economic Commission for Latin America and the Caribbean, United Nations, 1997.

EMBRAPA. *Soluções tecnológicas*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1640/agromet-sistema-de-informacoes-agrometeorologicas-da-embrapa-clima-temperado>. Acesso: 02 jan. 2021.

FIGUEREDO JÚNIOR, L. G; DOURADO NETO, D. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. In: DIAS, N. S; SILVA, M. R. F; GHEYI, H. R. **Recursos hídricos: usos e manejos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

LIMA, G. A., GENEROSO, C. M., SANTOS, C. M., SILVA, L. A., SOUSA, R. G. bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: estudo de caso Ribeirão Isidoro. *Anais ... VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Campina Grande/PB, 2016.

QUEIROZ, A. P. de; LOPES, D. N.; CARVALHO, R. G. de. *Diagnóstico socioeconômico do médio inferior e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró – RN: análise preliminar*. Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/33393>>. Acesso em: 02/01/2021.

RIO GRANDE DO NORTE. *Decreto Nº 21.881, de 10 de setembro de 2010*. Cria o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró e dá outras providências. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/DOC/DOC00000000020592.PDF>>. Acesso em: 02 dez. 2021.

RIO GRANDE DO NORTE. *Política estadual de recursos hídricos, Lei nº 6. 908, de 01/07/1996*. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/pdf/6908-96.pdf>> Acesso em: 02 jan. 2021.

ROCHA, Jefferson Marçal da. *A gestão dos recursos naturais: uma perspectiva de sustentabilidade baseada nas aspirações do “lugar”*. 2012. Disponível em: <[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro1/gt/conhecimento\\_local/Jefferson%20Marcal%20da%20Rocha.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/conhecimento_local/Jefferson%20Marcal%20da%20Rocha.pdf)> Acesso em 2 jan. 2020.

SETTI, A. et. al. *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Agência Nacional de Energia Elétrica; Agências Nacionais de Águas, 3ª ed., Brasília, 2001.

SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, p. 280 - 296, 2012. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/453>. Acesso: 02 jan. 2021.