



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**JÂNIO CARLOS FERNANDES GUEDES**

---

**FITOECOLOGIA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS:  
EXPERIÊNCIA A PARTIR DA COBERTURA DA TERRA  
E MORFOESTRUTURA DO RELEVO**

---



**FORTALEZA  
2023**

JÂNIO CARLOS FERNANDES GUEDES

FITOECOLOGIA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS: EXPERIÊNCIA A  
PARTIR DA COBERTURA DA TERRA E MORFOESTRUTURA DO RELEVO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador. Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia  
Coorientador: Prof. Dr. Diógenes Félix da Silva  
Costa

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- G957f Guedes, Jânio Carlos Fernandes.  
Fitoecologia de bacias hidrográficas semiáridas : experiência a partir da cobertura da terra e morfoestrutura do relevo. / Jânio Carlos Fernandes Guedes. – 2023.  
170 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia.  
Coorientação: Prof. Dr. Diógenes Félix da Silva Costa.
1. Geocologia de paisagens. 2. Mapeamento morfoestrutural. 3. Unidades fitoecológicas. 4. Caatinga. 5. Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. I. Título.

CDD 910

---

JÂNIO CARLOS FERNANDES GUEDES

FITOECOLOGIA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS: EXPERIÊNCIA A  
PARTIR DA COBERTURA DA TERRA E MORFOESTRUTURA DO RELEVO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Natureza, campo e cidade no semiárido.

Aprovado em: 27/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Diógenes Félix da Silva Costa (Co-orientador)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

---

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva (Membro Interno)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza (Membro Externo)  
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

---

Prof. Dr. Daniel Dantas Moreira Gomes (Membro Externo)  
Universidade de Pernambuco (UPE)

A toda minha família, amigos, a minha esposa Gilmara, aos Seridoenses e a todas as pessoas (*in memoriam*) que tiveram suas vidas ceifadas em decorrência da Pandemia de COVID-19. Deixo aqui toda a minha solidariedade e respeito aos familiares vitimados por essa calamidade.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

É sempre bom poder agradecer as pessoas, e principalmente as que estão perto para nos dar força e que nos incentiva a seguir em frente.

Porém, esse momento de agradecer, marca também, o fechamento de um importante ciclo na minha vida, que se iniciou em fevereiro de 2009, ano que deixei meu emprego e a casa da minha avó com quem morava no interior do estado da Paraíba em busca de melhor qualificação profissional e crescimento pessoal.

Após 10 meses fazendo “cursinho pré-vestibular”, consegui no final daquele ano a aprovação no vestibular e no ano 2010 ingressei no curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN localizada no município de Caicó, interior desse estado. Concluindo o mesmo no ano de 2013. Posteriormente, no ano de 2014, fui aprovado no Mestrado em Geografia pela mesma universidade no Campus central localizado no município de Natal, finalizando no ano de 2016.

Porém um dos grandes momentos de minha vida foi a aprovação no processo seletivo para professor substituto na UFRN/CERES/Caicó no ano de 2017 e posteriormente ano de 2018, a aprovação no Doutorado em Geografia na Universidade Federal do Ceará - UFC.

Que de início, aparentou-se ser muito difícil, pois no ano seguinte (2019), o mundo presencia o surgimento da pandemia do COVID-19, período que ficará lembrado na memória de todas as pessoas que conseguiram sobreviver a esse período “nefasto” na história da humanidade. E apesar de todas as dificuldades impostas, consegui concluir com êxito. E ao longo de todo esse percurso, inúmeras foram as pessoas que apoiaram, ajudaram e incentivaram as atividades de pesquisas para a efetivação desse trabalho, destaco amigos, colegas e familiares que me impulsionaram a seguir e contornar todas as adversidades impostas durante todo esse período de doutoramento.

Sendo assim, gostaria de agradecer primeiramente a minha família, em especial aos meus pais (José Guedes e Olga Guedes) e aos meus irmãos (Alexandre, Alexandra, Jo Jefferson e Jedson) e a minha querida avó Francisca, por todo amor e carinho. Graças a vocês, hoje tenho os pés firmes no chão, agradeço cada segundo dedicado a mim. Todos os ensinamentos e a vivência que tive com todos, e que me possibilitaram ser a pessoa que sou hoje. Em nome deles agradeço a cada familiar que sempre me apoiou ao longo da vida.

A minha esposa Gilmara pelo seu amor, paciência, companheirismo, dedicação, compreensão e por sua confiança em mim. E que sempre nos momentos difíceis esteve presente comigo me dando força e entusiasmo para continuar. Obrigado meu amor por existir em vida.

Ao meu professor orientador, o Professor Rubson Maia, mestre e amigo durante todo o meu percurso de pesquisa para escrita dessa Tese. Agradeço a maneira simples e paciente com que, espontaneamente, me acompanhou no decorrer dessa pesquisa, o incentivo e confiança a mim dedicados e especialmente ao esforço pessoal de viabilizar essa pesquisa. Muito obrigado professor.

Quero agradecer ao meu co-orientador Professor Diógenes Costa. Amigo nessa jornada acadêmica desde os tempos de graduação. Agradeço cada minuto de conversa, as reuniões e os momentos de distração e amizade. Sempre se demonstrando pronto a ajudar em todos os momentos da pesquisa, lançando desafios e colaborando com seus ensinamentos geográficos. Sem dúvida, ensinamentos que ficarão. (Vlw Mah!).

Quero agradecer a todos os membros que fazem parte do Grupo de Pesquisa em Geoecologia e Biogeografia de Ambientes Tropicais – TRÓPIKOS. Sem dúvida, o fato de poder fazer parte e compartilhar ideias, com diferentes pesquisadores das diversas áreas da ciência no Brasil e no mundo foram fundamentais para o meu amadurecimento acadêmico. Obrigado amigos por compartilharem toda essa multidisciplinaridade.

Agradeço também, ao Laboratório de Ecologia do Semiárido – LABESA, localizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN/CERES/Campus de Caicó, pelo espaço cedido para o desenvolvimento dessa pesquisa. Lugar onde comecei meus primeiros passos na pesquisa. Sem esse apoio, com certeza esse trabalho teria sido mais difícil. Dessa forma, agradeço a todos os pesquisadores que fazem parte desse incrível laboratório e aos coordenadores, os professores Diógenes Costa e Renato Medeiros.

Agradecer aos meus amigos Carlos e Paulo. Podemos dizer que a nossa amizade com certeza nasceu junto com essa tese, então meus amigos, não tenho palavras para agradecer o companheirismo de vocês. Muito obrigado meus irmãos. Gratidão por tudo.

Agradeço também ao amigo Douglas Nascimento, pela ajuda com as fotografias. Sem dúvidas, essas imagens “refinaram” ainda mais essa pesquisa. Muito obrigado por essa força meu amigo. Grato.

A todos os funcionários dessa instituição, e em especial aos professores que compõem o quadro docente do Programa de Pós Graduação em Geografia – PPgGEO/UFC, principalmente aos que tive o prazer de assistir suas aulas e participar de suas disciplinas. Agradeço todo o empenho e ajuda nos momentos solicitados e por todo saber que os senhores me propuseram. Muito obrigado.

A TODA minha turma de amigos do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPgGEO/UFC (2018). Os momentos que passamos juntos (apesar de poucos – devido a

pandemia) me serviram para transmitir força e persistência afim de concluir essa tese. Obrigado turma. “Vida que segue”. Boa sorte a todos.

A colega “tia Marluce”. Quem mais esteve comigo nessa “empreitada”. Comungamos das dificuldades, alegrias e tristezas que vivenciamos juntos, essa amizade foi o combustível que nos incentivava a seguir em frente, mesmo diante de tantos obstáculos. Obrigado “Rutchinha”.

Ao grande amigo e companheiro de todas as horas Pedro Edson por toda a força e ajuda nos períodos nos quais permaneci em Fortaleza, como também por todas as ideias que compartilhamos para amadurecimento das nossas pesquisas. Muito obrigado por tudo parceiro.

Agradecer ao amigo Davi Rabelo. Sempre pronto a ajudar. Obrigado por todas as “dicas”. Forte abraço.

Ao meu “cupadi” Emmanoel (Man), por todo apoio e ajuda sempre que precisei. Todos os momentos de felicidades serão guardados para sempre. Obrigado irmão.

E antes de finalizar, agradeço a todos os colegas que de alguma forma, me ajudaram nessa minha caminhada.

Por fim, agradeço a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão de bolsa de pesquisa. Sem esse apoio o trabalho teria sido ainda mais árduo.

Enfim, esta pesquisa representa o encerramento de uma etapa da minha vida bastante complicada, mas carregada de aprendizagens e amadurecimentos. E a todos que, direta ou indiretamente, se fizeram presentes nessa jornada, que se encerra para dá início a novos desafios e conquistas, o meu MUITO OBRIGADO!



*"Somos a Terra em sua expressão humana. Nós, homens e mulheres, ... somos a água moldada em ondas e espumas. Filhos da Terra, trazemos em nosso corpo a mesma proporção de água e sal encontrada neste planeta. Da natureza emergimos, e graças a ela, nutrimos a nossa vida e trazemos em nosso corpo matas em forma de pêlos, superfícies lisas e ásperas, reentrâncias e protuberâncias, fendas, canais, fontes e cavernas".*

(FREI BETTO *in* o **Estado de São Paulo**, 02.07.99).

## RESUMO

A paisagem é um sistema formado pelo trinômio: paisagem natural, paisagem social e paisagem cultural. É uma categoria do geossistema, fruto das relações e integração dos elementos, relação homem-sociedade, biota-ambiente, dentre outras que formam esse sistema. Desse modo, a delimitação dessas unidades de paisagem contribui para gestão de áreas, auxiliando na compreensão do funcionamento dos sistemas, apontando fragilidades e potencialidades ambientais. Os recursos naturais, em específico a água, vêm sofrendo no decorrer da história das civilizações, grandes conflitos e pressões, sendo explorados com intensidades que variam de acordo com o contexto histórico, econômico e tecnológico. Nesse contexto, a modelagem de cenários compõe ferramentas de projeção que representam as mudanças ocorridas na superfície terrestre, resultantes das derivações antropogênicas sobre os componentes naturais, retratando o funcionamento da paisagem. A fim de elucidar as questões apontadas acima, tem-se como objetivo geral entender a fitoecologia de bacias hidrográficas semiáridas: uma experiência a partir da cobertura da terra e morfoestrutura do relevo. Tendo em vista a bacia hidrográfica como um sistema, será utilizada a orientação metodológica de análise sistêmica da paisagem. Desse modo, foi realizado um levantamento dos aspectos físico-ambiental da Bacia do Rio Seridó, analisando informações sobre o clima, geologia, tipos de solo, relevo, hidrografia, cobertura vegetal e posteriormente foi produzido uma base cartográfica da área de estudo. Em síntese, os procedimentos metodológicos da presente pesquisa científica foram divididos em três etapas, que incluem a aquisição de **materiais** (Imagens de sensoriamento remoto e material cartográfico), os **métodos** que serão trabalhados (em campo e laboratório) para a obtenção dos respectivos **resultados**. A partir da avaliação da cobertura da terra observa-se que a BHRS se encontra em processo de degradação acentuada. Onde as condições de uso severo da terra ao longo do tempo alteram a dinâmica da Caatinga, promovendo a perda da cobertura da vegetação nativa bem como de corpos d'água. Afetando aproximadamente 30% da cobertura original da vegetação dessa Bacia. Com isso, o uso de índices de vegetação aplicados as imagens de satélites mostrou-se como ferramentas relevantes no estudo da cobertura da terra para a área de estudo. O que torna necessário, mais estudos que compreendam pesquisas quantitativas da paisagem em diferentes níveis e heterogeneidade de escalas, monitorando tendências de mudanças no ecossistemas. Contudo, este estudo confirma o potencial do uso de imagens de sensoriamento remoto como um método valioso para determinar a mudança na extensão e distribuição da cobertura da terra ao longo do tempo. Apoiando assim a alta demanda por uma representação mais detalhada da superfície da Terra, que é essencial para o mapeamento e

desenvolvimento de uma região. Utilizando-se da análise da cobertura da terra, bem como de dados hipsométricos, verificamos que há uma relação considerável entre a vegetação e cada unidade geomorfológica. E para isso, a análise sistêmica dos resultados mostrou-se bastante satisfatória no entendimento da área de estudo. Dessa forma, compreende-se que os resultados obtidos podem auxiliar na gestão e planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica, pois, estes se constituem como ferramentas que oferecem subsídios com base nos elementos físicos, sendo importante no que se refere à resolução dos problemas socioambientais. Faz-se oportuno mencionar que ainda são incipientes os estudos sobre aspectos vegetacionais da Caatinga, e dessa maneira, esperamos que a descrição de cada unidade fitoecológica e as explicações sobre as condicionantes que determinam a distribuição de cada uma amplie o entendimento de alunos e pesquisadores sobre a biogeografia e estimule novas pesquisas sobre o ambiente regional.

**Palavras chave:** geoecologia de paisagens; mapeamento morfoestrutural; unidades fitoecológicas; caatinga; bacia hidrográfica do rio Seridó.

## ABSTRACT

The landscape is a system formed by the trinomial: natural landscape, social landscape and cultural landscape. It is a category of the geosystem, the result of the relationships and integration of elements, man-society, biota-environment, among others that form this system. In this way, the delimitation of these landscape units contributes to the management of areas, helping to understand the functioning of the systems, pointing out weaknesses and environmental potential. Natural resources, in particular water, have suffered throughout the history of civilizations, great conflicts and pressures, being exploited with intensities that vary according to the historical, economic and technological context. In this context, the modeling of scenarios comprises projection tools that represent the changes occurring on the earth's surface, resulting from anthropogenic derivations on natural components, portraying the functioning of the landscape. In order to elucidate the issues mentioned above, the general objective is to understand the phytoecology of semi-arid watersheds: an experience based on land cover and relief morphostructure. Bearing in mind the hydrographic basin as a system, the methodological orientation of systemic analysis of the landscape will be used. Thus, system, the methodological orientation of systemic analysis of the landscape will be used. Thus, a survey of the physical and environmental aspects of the Seridó River Basin was carried out, analyzing information on the climate, geology, soil types, relief, hydrography, vegetation cover and later a cartographic base of the study area was produced. In summary, the methodological procedures of this scientific research were divided into three stages, which include the acquisition of materials (remote sensing images and cartographic material), the methods that will be worked on (in the field and in the laboratory) to obtain the respective results. Based on the assessment of the land cover, it can be seen that the BHRS is in a process of severe degradation. Where the conditions of severe land use over time alter the dynamics of the Caatinga, promoting the loss of native vegetation cover as well as water bodies. Affecting approximately 30% of the original vegetation cover of this Basin. Thus, the use of vegetation indices applied to satellite images proved to be relevant tools in the study of land cover for the study area. What makes it necessary, more studies that comprise quantitative surveys of the landscape at different levels and heterogeneity of scales, monitoring trends of changes in ecosystems. However, this study confirms the potential of using remote sensing images as a valuable method for determining the change in extent and distribution of land cover over time. Thus supporting the high demand for a more detailed representation of the Earth's surface, which is essential for mapping and developing a region. Using land cover analysis, as well as

hypsothetic data, we found that there is a considerable relationship between vegetation and each geomorphological unit. And for that, the systemic analysis of the results proved to be quite satisfactory in understanding the area of study. In this way, it is understood that the results obtained can help in the management and environmental planning of the Hydrographic Basin, since these constitute tools that offer subsidies based on the physical elements, being important with regard to the resolution of socio-environmental problems. It is worth mentioning that studies on vegetational aspects of the Caatinga are still incipient, and in this way, we hope that the description of each phytoecological unit and the explanations about the conditions that determine the distribution of each one will broaden the understanding of students and researchers about biogeography and encourage new research on the regional environment.

**Keywords:** geocology of landscapes; morphostructural mapping; phytoecological units; caatinga; Seridó river basin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma simplificado das etapas metodológicas adotadas na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó – BHRS.....	44
Figura 2 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	59
Figura 3 - Mapa de Localização das sub-bacias hidrográficas e seus principais rios.....	60
Figura 4 - Área de estudo e principais estruturas geológicas em seu entorno.....	62
Figura 5 - Reconstrução Pré-Deriva da América do Sul e África. a) Reconstrução Pré-Deriva da América do Sul e África mostrando o cinturão andino, os crátons Arqueano / Proterozóico e as províncias Brasilianas / Pan-Africanas da Gondwana ocidental. b) Esboço mostrando a divisão da Província Borborema nas sub províncias Norte (NS), Central (CS) e Sul (SS). Zona de cisalhamento (Z.C): PaZC, Patos; EPSZ, leste de Pernambuco; WPSZ, Oeste de Pernambuco. c) Mapa esquemático apresentando a localização da BHRS (Área de estudo da pesquisa).....	65
Figura 6 - Mapa com a classificação climática de Köppen do Brasil.....	67
Figura 7 - Mapa com a distribuição dos postos pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	68
Figura 8 - Diagrama Climático de Walter para a sede de municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. A) Caicó; B) Florânia; C) São João do Sabugí; D) São Mamede; E) Cruzeta; F) Parelhas; G) Equador; H) Pedra Lavrada; I) Picuí; J) Lagoa Nova.....	69
Figura 9 - Determinantes da seca em alguns períodos no Nordeste do Brasil. Um anômalo gradiente norte-sul na superfície do oceano, onde temperaturas próximas ao Equador (não mostrado), com condições mais quentes no Norte, massas de circulação atmosférica de baixo nível, mostrada por flechas fortalece os ventos alísios no sul do Atlântico e os enfraquece no Norte. O resultado impede a migração para o sul do Atlântico a Zona de Convergência Intertropical, que aumenta chuvas no atlântico tropical do Norte (azul) e reduz no Atlântico tropical do sul e Nordeste do Brasil (vermelho). O conjunto oposto de condições, persistindo por vários séculos, o que possivelmente caracteriza os episódios de cheias identificado por (WANG et al., 2004a).....	71
Figura 10 - Mapa pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	73

Figura 11 - Distribuição da vegetação sazonalmente seca na América do Sul. CS – Caatinga Semiárida; FIB – Floresta do interior da Bahia; FAP – Floresta Alto Paraná; FSC – Floresta seca de Chiquitano; VSAB - Vale seco andino boliviano; VSAN - Vale seco andino do norte; FCVC- Floresta costeira seca venezuelana e colombiana.....	76
Figura 12 - Mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	84
Figura 13 - Escala do tempo geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	85
Figura 14 - Perfil Geológico geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. DS – Depressão Sertaneja; PS – Planalto Sertanejo; MB – Maciço da Borborema; I – Inselbergs; MRCD – Maciço Residual com Cimeira Dissecada; ES – Escarpa Serrana; MRCT – Maciço Residual com Cimeira Tabular.....	86
Figura 15 - Exemplos de rochas do complexo Caicó. (A) paragnaisse na região de São Vicente; (B) ortognaisse na região de Tenente Ananias (C) Augengnaisse com biotita e anfibólio da suíte Poço da Cruz (D) rocha da formação Jucurutu: paragnaisse com intercalações de rochas calcissilicáticas da região de Jucurutu (E) Muscovita-quartzito da região de Equador; (F) biotita-xisto da região de Cruzeta.....	87
Figura 16 - Geologia simplificada da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó com ênfase nas intrusões graníticas.....	89
Figura 17 - Mapa morfoestrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	91
Figura 18 - A) Planície Aluvial do Rio Seridó B) Planície de inundação sazonal do Rio Seridó.....	93
Figura 19 - Os inselbergs destacam-se na paisagem monótona das superfícies aplainadas da depressão sertaneja.....	95
Figura 20 - A) Serra de São Bernardo; B) Serra da Formiga.....	97
Figura 21 - A) Serra de Santana vista do Município de Florânia; B) Serra de Santana vista próximo a encosta no município de Cerro Corá/RN.....	99
Figura 22 - Escarpa Serrana e Maciços Residuais com Cimeira Tabular vista das proximidades do Município de Cuité.....	101
Figura 23 - Imagem destacando o Maciço da Borborema observado a partir da depressão sertaneja.....	102
Figura 24 - Imagem destacando o Maciço da Borborema observado a partir do Planalto sertanejo.....	103

Figura 25 - Classes de cobertura da terra identificadas na BHRS: A) Floresta densa; B) Floresta Esparsa; C) Pastagens; D) Arbustos Xerófitos; E) Solo exposto; F) Corpos d'água.....	110
Figura 26 - Mapa de cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos período de 1984.....	112
Figura 27 - Mapa de cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos período de 2008.....	113
Figura 28 - Mapa de cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos período de 2018.....	114
Figura 29 - Quantificação das classes de cobertura da terra (em Km <sup>2</sup> ) da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos períodos de 1984, 2002 e 2018.....	119
Figura 30 - Comportamento de mudanças na paisagem. A – Floresta densa; B – Floresta esparsa; C – Pastagens; D – Arbustos xerófitos; E – Solo exposto; F – Corpos d'água.....	121
Figura 31 - Mapa de tipos climáticos do mundo. A distribuição observada em diferentes níveis de aridez, baseado em dados de 1981-2010. A cor do sombreado indica regiões definidas como frio (cinza), úmido (verde), subúmido seco (vermelho), semiárido (laranja escuro), árido (laranja pálido) e hiperárido (amarelo pálido).....	125
Figura 32 - Mapa de localização do Bioma das Caatingas.....	126
Figura 33 - Unidades Fitoecológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	130
Figura 34 - Vegetação xerófito da depressão sertaneja.....	132
Figura 35 - Floresta densa em Escarpas da Serra de Santana nos períodos chuvosos e de estiagem.....	134
Figura 36 - Floresta densa em Escarpas da Serra de Santana com vista para a Depressão Sertaneja.....	135
Figura 37 - Inselberg nas proximidades do município de Várzea.....	136
Figura 38 - Vegetação rupícola em Inselbergs (Serra da Formosa – Nome regional) nas proximidades do município de Várzea/PB.....	137
Figura 39 - Agricultura em pequenos platôs no município de Lagoa Nova/RN.....	138
Figura 40 - Floresta do Maciço da Borborema no município de Lagoa Nova/RN.....	140
Figura 41 - Floresta xerófito em maciços isolados nas proximidades município de Caicó/RN. (Serra da Formiga).....	142



Figura 42 - Síntese dos Domínios Fitoecológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.

DS – Depressão Sertaneja; PS – Planalto Sertanejo; MB – Maciço da Borborema; I – Inselbergs; MRCD – Maciço Residual com Cimeira Dissecada; ES – Escarpa Serrana; MRCT – Maciço Residual com Cimeira Tabular..... 144

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese da tese.....	31
Quadro 2 – Categorias analíticas da Geoecologia das paisagens.....	36
Quadro 3 – Fases de aplicação da Geoecologia das paisagens.....	40
Quadro 4 – Características das imagens de satélite utilizadas.....	49
Quadro 5 – Descrição das classes de cobertura da terra.....	51
Quadro 6 – Características da imagem de satélite utilizada.....	53
Quadro 7 – Compartimentação morfoestrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	91
Quadro 8 – Síntes das unidades da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	142

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantificação das sub-bacias hidrográficas presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	61
Tabela 2 - Quantificação dos tipos de solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	72
Tabela 3 - Quantificação dos tipos de solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.....	119
Tabela 4 - Tendências de mudanças nas classes de cobertura da terra em porcentagem (Km <sup>2</sup> ) da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos anos de 1984, 2002 e 2008.....	120
Tabela 5 - Classes de cobertura da terra quantificadas em porcentagem (%). FD – Floresta densa; FE – Floresta esparsa; P – Pastagens; AX – Arbustos xerófitos; SE – Solo exposto; CDA– Corpos d’água.....	122
Tabela 6 - Teste de significância de qui-quadrado. fo – Frequência Observada; fe – Frequência Esperada; $\chi^2$ - Qui-quadrado; DF – Grau de concordância; p value – Valor de significância do teste; $\chi^2$ crítico – Qui-Quadrado tabelado.	122

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALOS	Advanced Land Observing Satellite
AP	Antes do presente
APP	Agricultura em pequenos platôs
BHRS	Bacia Hidrográfica do Rio Seridó
CCD	Convenção de Combate à Desertificação
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DOS	Dark Object Subtraction
DRGN	Domínio Rio Grande do Norte
DS	Depressão Sertaneja
E	Leste
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FDES	Floresta densa em escarpas serranas
FMB	Floresta do Maciço da Borborema
FSM	Formação Serra do Martins
FXMI	Floresta Xerófitas em Maciços isolados
FTSS	Florestas tropicais sazonalmente secas
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
IVDN	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
LABESA	Laboratório de Ecologia do Semiárido
LAGECO	Laboratório de Geomorfologia Costeira Continental e Ambiental
LR	Levantamento Rápido
MB	Maciço da Borborema
MME	Modelo Digital de Elevação
MRCO	Maciços residuais com cimeira dissecada
MRCT	Maciços residuais com cimeira tabular
NE	Nordeste
OLI	Operational Land Image
ONU	Organizações das Nações Unidas
PALSAR	Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar

PB	Paraíba
PPG	Programa de Pós-graduação em Geografia
PS	Planalto Sertanejo
RN	Rio Grande do Norte
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index
SIG	Sistema de Informação geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
SW	Sudoeste
TM	Tematic Mapper
UFC	Universidade Federal do Ceará
VAXDS	Vegetação Arbustiva xerófito da Depressão Sertaneja.
VRI	Vegetação Rúpícula em Inselbergs
W	Oeste
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	25
<b>CAPITULO 01:</b> .....	35
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA TESE</b> .....	35
1.1 GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS - CONCEITOS FUNDANTES .....	36
1.2 APLICAÇÕES DA GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS: BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	38
1.3 SEQUÊNCIA METODOLÓGICA DE ESTUDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. ....	40
<b>CAPITULO 02 – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> ....	43
2.1 RELEVO E GEOLOGIA.....	45
2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS .....	45
2.3 TIPOS DE SOLO.....	46
2.4 COBERTURA VEGETAL.....	46
2.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
<b>2.5.1 Descrição e mapeamento das unidades físico/ambientais da Bacia Hidrográfica</b> .....	46
2.5.1.1 <i>Trabalho de campo</i> .....	47
<b>2.5.2 Caracterizar os aspectos morfoestruturais e realizar uma compartimentação do relevo da bacia hidrográfica do Rio Seridó</b> .....	47
2.5.2.1 <i>Materiais</i> .....	47
2.5.2.1.1 <i>Aquisição das imagens de Sensoriamento Remoto – SR</i> .....	47
2.5.2.1.2 <i>Aquisição de Mapas temáticos da área de estudo</i> .....	48
2.5.2.1.3 <i>Manuais de mapeamento geomorfológico</i> .....	48
<b>2.5.3 Procedimentos metodológicos</b> .....	49
2.5.3.1 <i>Elaboração do mapa geomorfológico</i> .....	49
2.5.3.2 <i>Trabalho de campo</i> .....	49
2.6 MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DA ÁREA DE ESTUDO PARA ANALISAR AS MUDANÇAS OCORRIDAS NA COBERTURA DA TERRA CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO E DEGRADAÇÃO DA COBERTURA DA TERRA DISPONÍVEIS NA BACIA .....	50
<b>2.6.1 Materiais</b> .....	50

2.6.1.1	<i>Aquisição de imagens e avaliação das variações da cobertura da terra</i> .....	50
<b>2.6.2</b>	<b>Procedimentos metodológicos</b> .....	51
2.6.2.1	<i>Processamento Digital das imagens</i> .....	51
2.6.2.2	<i>Classificação e quantificação das categorias de cobertura da terra</i> .....	51
2.7	<b>UNIDADES FITOECOLÓGICAS E DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA EM AMBIENTES SEMIÁRIDO: EXPERIÊNCIA NO BRASIL</b> .....	53
<b>2.7.1</b>	<b>Materiais</b> .....	53
2.7.1.1	<i>Imagens de satélites</i> .....	53
2.7.1.2	<i>Sistema de classificação da vegetação</i> .....	54
2.7.1.3	<i>Uso de mapas temáticos</i> .....	54
<b>2.7.2</b>	<b>Procedimentos metodológicos</b> .....	54
<b>CAPÍTULO 03: LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FÍSICOS AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ</b> .....		
		56
3.1	A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ (PB/RN) .....	58
3.2	ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS.....	61
<b>3.2.1</b>	<b>Geomorfologia</b> .....	61
<b>3.2.2</b>	<b>Geologia</b> .....	63
<b>3.2.3</b>	<b>Aspectos climáticos</b> .....	66
<b>3.2.4</b>	<b>Características pedológicas</b> .....	72
<b>3.2.5</b>	<b>Vegetação</b> .....	75
<b>CAPÍTULO 4 - ASPECTOS MORFOESTRUTURAIS E COMPARTIMENTAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ</b> .....		
		79
4.1	ORIGEM DO ARCABOUÇO MORFOESTRUTURAL.....	82
4.2	COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL .....	90
<b>4.2.1</b>	<b>Unidades Morfoestruturais</b> .....	92
4.2.1.1	<i>Depressão sertaneja - DS</i> .....	92
4.2.1.2	<i>Planalto sertanejo - PS</i> .....	95
4.2.1.3	<i>Maciço da Borborema - MB</i> .....	100
<b>CAPÍTULO 05: COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ</b> .....		
		106
5.1	DINÂMICA DA COBERTURA DA TERRA .....	109
<b>5.1.1</b>	<b>Floresta densa e esparsa</b> .....	115
<b>5.1.2</b>	<b>Pastagens</b> .....	115

<b>5.1.3 Arbustos xerófitos e solo exposto .....</b>	<b>116</b>
<b>5.1.4 Corpos d'água .....</b>	<b>117</b>
<b>5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>118</b>
<b>CAPITULO 06 - UNIDADES FITOECOLÓGICAS DA BACIA</b>	
<b>    HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ.....</b>	<b>124</b>
<b>6.1 UNIDADES FITOECOLÓGICAS.....</b>	<b>128</b>
<b>6.1.1 Vegetação xerófito da depressão sertaneja – VXDS.....</b>	<b>131</b>
<b>6.1.2 Floresta densa em escarpas serranas - FDES.....</b>	<b>133</b>
<b>6.1.3 Vegetação Rupícola em Inselbergs - VRI .....</b>	<b>135</b>
<b>6.1.4 Agricultura em pequenos platôs - APP.....</b>	<b>137</b>
<b>6.1.5 Floresta do Maciço da Borborema - FMB .....</b>	<b>139</b>
<b>6.1.6 Floresta Xerófito em Maciços isolados - FXMI.....</b>	<b>141</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>145</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>151</b>





## INTRODUÇÃO

*“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”*

**- Bernard SHAW -**



A paisagem é um sistema formado pelo trinômio: paisagem natural, paisagem social e paisagem cultural. É uma categoria do geossistema, fruto das relações e integração dos elementos, relação homem-sociedade, biota-ambiente, dentre outras que formam esse sistema (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013; 2017).

Amparado na Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1937) o termo geossistema surgiu na escola russa, tendo como precursor Victor Sotchava (1977) que em 1963 remete a discussão em torno deste método, sendo que sua análise geossistêmica está associada aos sistemas territoriais naturais que se distinguem no contexto geográfico, constituídos de componentes naturais relacionados no tempo e no espaço, como parte de um todo, que possui sua estrutura influenciada pelos fatores social e econômico.

Desse modo, a delimitação dessas unidades de paisagem contribui para gestão de áreas, pois auxilia na compreensão do funcionamento dos sistemas, podendo apontar fragilidades e potencialidades ambientais que devem ser observadas no momento de intervenção nessas áreas.

Nesse contexto, e considerando o tema a ser tratado, pode-se afirmar que a Geografia, se insere significativamente como uma ciência que aborda tais questões, principalmente no que diz respeito a integração do homem ao chamado sistema natural, ou geossistemas. Que segundo Christofletti (1974) representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza, possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através de fluxos de energia e matéria. Já que durante muito tempo, a geografia física setorizou a análise dos componentes naturais, de maneira separadas.

No entanto, com o advento da temática ambiental e da necessidade da sociedade contemporânea de inter-relacionar sociedade e natureza emergiu, pautada no geossistema, a análise ambiental. Pois, sabe-se que as interações entre os componentes geocológicos (geologia, relevo, solo, clima e vegetação) resultam em complexas formações morfológicas, e os domínios fitogeográficos.

Nesse ínterim, o conceito de paisagem faz-se imprescindível para o desenvolvimento de pesquisas ambientais, pois, aliado aos preceitos da Geoecologia das Paisagens, representa o ponto de análise do meio natural e socioeconômico, a partir da investigação da paisagem natural e antrópica. E para que haja de fato, um planejamento ambiental é de suma importância, considerar os fatores físicos-naturais e



socioeconômicos para a avaliação das possibilidades de uso do território e/ou dos recursos naturais.

Por sua vez, os recursos naturais, em específico a água, vêm sofrendo no decorrer da história das civilizações, grandes conflitos e pressões, sendo explorados com intensidades que variam de acordo com o contexto histórico, econômico e tecnológico (FARIAS, 2020). Isso resultou, na maioria dos casos, na deterioração das condições ambientais e na perda gradual da produtividade destes espaços, cada vez mais incapazes de sustentar o estilo de vida que se apresenta na contemporaneidade (HASDENTEUFEL, et al., 2008). Já que atualmente, a sociedade encontra-se em um momento crítico, especialmente devido às mazelas socioambientais geradas através da relação contraditória entre a sociedade (capitalista) e a natureza (dominada), no que diz respeito ao uso inadequado dos recursos dos sistemas ambientais.

Vale ressaltar que, a disponibilidade de água limpa é potencialmente um dos problemas mais importantes que a comunidade mundial terá de enfrentar nos próximos anos. Essa atenção para os recursos hídricos merece importância, pois a água doce existe em pequena escala, perfazendo 2,5% do total presente no planeta (GLEICK, 2000). Ou seja, a crescente pressão sobre os recursos de água doce, causada pelo aumento da demanda, pelo desperdício e progressiva poluição em nível planetário, é tema de profunda preocupação, ao ponto de se chegar a considerá-lo como o problema-chave do século XXI.

Considerando os seus usos múltiplos, a água se enquadra como um dos recursos naturais mais importantes para garantir a sobrevivência dos seres vivos e o desenvolvimento de inúmeras atividades (FARIAS, 2020).

Frente a esse caráter vital, se destaca a importância de ações voltadas para os aspectos quantitativos e qualitativos, subsidiadas com base na adoção da bacia hidrográfica como uma unidade geográfica fundamental para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, representando um dos recortes geográficos mais utilizados em estudos de cunho ambiental para enfoques socioambientais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Diante desse contexto, a modelagem de cenários compõe ferramentas de projeção que representam as mudanças ocorridas na superfície terrestre, resultantes das derivações antropogênicas sobre os componentes naturais, retratando o funcionamento da paisagem (OLIVEIRA et al, 2013). Visando auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim, determinar como que eles



evoluem diante de diferentes cenários que se traduzem por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais.

Desse modo, a opção por considerar as bacias hidrográficas como uma categoria de análise, planejamento e gestão ambiental, têm propiciado resultados bastante efetivos na organização do espaço geográfico estabelecendo modelos de gestão, a partir de zoneamentos geoecológicos e funcionais previamente estabelecidos (SILVA; RODRIGUES, 2014). Além disso, é uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização (SANTOS, 2004), para a gestão das distintas formas de atividade e uso das potencialidades ambientais, tem como finalidade projetar, interceder, executar e manusear as melhores formas de apropriação e exploração de seus recursos naturais (BORDALLO, 1995).

Dada a importância que a água tem na vida da sociedade moderna (ROSS; PRETTE, 1998) e tendo a bacia hidrográfica do rio Seridó como área de estudo, tem-se como pergunta central da tese, os seguintes questionamentos:

- Quais são os componentes físicos que configuram a paisagem da bacia hidrográfica do rio Seridó?
- Qual configuração morfoestrutural da bacia hidrográfica? É possível a utilização desses dados nos estudos fitoecológicos?
- Qual o nível de degradação, estado ambiental e grau de sustentabilidade da cobertura da terra que compõem a bacia?
- Quais as unidades fitoecológicas existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó?

Ressalta-se que não se vislumbra respostas absolutas e prontas, mas sim, entender as possibilidades diante das dinâmicas atuantes na área de estudo, que é processual e susceptível a mudanças.

Desse modo, a hipótese adotada nesse trabalho é que, a dinâmica dos recursos naturais, em específico a água, vem sofrendo no decorrer da história das civilizações, grandes conflitos e pressões, sendo explorados com intensidades que variam de acordo com o contexto histórico, econômico e tecnológico. Ou seja, as mudanças ambientais na paisagem se deram em período muito recente, que podem ter ocorrido com influência humana como também mudanças climáticas. Resultando, na maioria dos casos, na



deterioração das condições ambientais e na perda gradual da produtividade destes espaços, cada vez mais incapazes de sustentar o estilo de vida que se apresenta na contemporaneidade.

Por esse ângulo, tornam-se cada vez mais relevante e significativo tais estudos, com o objetivo de garantir a preservação e a conservação do ambiente, principalmente os recursos hídricos, que vêm passando por constantes degradações advindas de ações antrópicas.

Essas respostas, resultarão em material contribuinte para o planejamento e ordenamento territorial, principalmente no que concerne ao uso e ocupação do semiárido. Pois esse quadro geral de características do ambiente pode facilitar na tomada decisões nos territórios de atuação do poder público, bem como na forma de apropriação para produção por parte da população local, se configurando em desenvolvimento local.

No momento em que os novos recursos tecnológicos permitiram enfatizar a riqueza de informações sobre a conservação dos ecossistemas a partir de diferentes abordagens, torna-se relevante, avaliar os paradigmas que orientam elaborar e aplicar uma estratégia de metodologias a serem empregadas de maneira integrada na avaliação geoecológica dos ecossistemas.

Dessa forma, a fim de elucidar as questões apontadas acima, com foco em contribuir com a conservação dos ecossistemas frente às mudanças climáticas tem-se como objetivo geral, *compreender a fitoecologia de bacias hidrográficas em ambientes semiáridos a partir da cobertura da terra e da morfoestrutura do relevo.*

Para tanto, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

1. Realizar um levantamento dos aspectos físico-ambiental da bacia espacializando em mapas temáticos;
2. Caracterizar os aspectos morfoestruturais e realizar uma compartimentação do relevo da bacia hidrográfica do rio Seridó;
3. Realizar um mapeamento multitemporal da cobertura da terra a fim de analisar as mudanças ocorridas na paisagem considerando as condições de preservação, conservação e degradação dos recursos naturais disponíveis na bacia;
4. Realizar uma análise fitoecológica da área de estudo a fim de atualizar o sistema fitogeográfico por meio de mapas temáticos da bacia hidrográfica.



Considerando o cumprimento dos objetivos específicos anteriormente apresentados para o desenvolvimento da pesquisa, a tese está estruturada da seguinte forma, a saber:

A princípio, se fez uma **introdução** do manuscrito abordando aspectos gerais como, localização, e uma breve caracterização da bacia, em que são esclarecidos o objeto de estudo, os objetivos, os questionamentos e a problemática/justificativa pertinentes a tese e logo após a descrição dos capítulos.

O **primeiro capítulo** contempla o **referencial teórico** da pesquisa, onde foram realizadas discussões teóricas sobre temas do manuscrito, tais como: ambientes semiáridos em seu contexto regional, estudos ambientais integrados e geografia física de bacias hidrográficas.

O **segundo capítulo**, irá abordar os **procedimentos técnico-operacionais** utilizados na execução da pesquisa, fundamental para os estudos ambientais integrados.

O **terceiro capítulo**, refere-se a uma **caracterização geográfica da área de estudo**, onde serão descritos aspectos naturais bem como sua localização.

O **quarto capítulo** concerne no **mapeamento morfoestrutural da área de estudo**. Apresentando uma revisão geral sobre as unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Seridó. De modo que, os resultados obtidos possam auxiliar na gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas. Fornecendo um importante documento de compreensão da geomorfologia local. Pois, estes se constituem como ferramentas que oferecem subsídios, com base nos elementos físicos, uma resolução dos problemas socioambientais. Além de servir como resultado para entendimento das unidades fitoecológicas.

O **quinto capítulo** é pertinente a **dinâmica espacial da cobertura da terra**. Contudo, os mapas de cobertura da terra, podem ser utilizados como “material de entrada” para a tomada de decisão. Já que o estudo da cobertura da terra é essencial para o entendimento da dinâmica ambiental e para a compreensão das possíveis implicações decorrentes da ação antrópica

O **sexto capítulo** aborda as **unidades fitoecológicas da bacia hidrográfica**. No qual, objetivou-se descrever uma das principais vegetações do Brasil e especialmente mostrar a correlação que há entre as unidades morfoestruturais e a vegetação da Caatinga do semiárido brasileiro.



E por fim, as **considerações finais** do trabalho, onde serão apresentadas a dinâmica contemporânea da bacia hidrográfica do rio Seridó relacionando as transformações e características geocológicas da Bacia

Para melhor compreensão um “quadro síntese” foi elaborado (**Quadro 1**).



Quadro 1 - Síntese da tese

QUADRO SÍNTESE DA PESQUISA						
TÍTULO: FITOECOLOGIA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS: EXPERIÊNCIA A PARTIR DA COBERTURA DA TERRA E MORFOESTRUTURA DO RELEVO						
ÁREA: BACIA HIDROGRÁFICA SEMIÁRIDA NO BRASIL (RIO SERIDÓ - PB/RN).		OBJETIVO GERAL: Realizar uma análise da fitoecologia da Bacia Hidrográfica do Rio Seidó a partir do estudo da cobertura da terra e unidades morfoestruturais.				
Capítulos	Descrições	Fundamentação teórica	Autores	Procedimentos técnicos utilizados	Etapa da pesquisa	Resultados
Introdução	São esclarecidos o objeto de estudo, os objetivos, os questionamentos, hipótese e a problemática/justificativa pertinentes a tese.	-	-	*Revisão de Literatura	Apresentação do trabalho	-
01	Contempla o referencial teórico da pesquisa. Realiza uma descrição dos estudos geoecológicos até então realizados, destacando os mesmos para os ambientes semiáridos em seu contexto local e regional, além de apresentar a área de estudo escolhida para a pesquisa.	*Geoecologia das Paisagens  *Estudos em ambientes semiáridos.  *Bacias Hidrográficas	(CARDOSO-SILVA et al., 2018)  (RODRIGUEZ et al, 2013; 2017)  (CHRISTOFOLETTI, 1979; 1999)	*Revisão de Literatura	Referencial teórico	-
02	Aborda os procedimentos técnico-operacionais	-	-	*Revisão de literatura	Materiais e métodos	-





	utilizados na execução da pesquisa.			*Trabalho de campo e laboratório		
03	Nessa etapa, será realizado um mapeamento e caracterização dos aspectos naturais da área de estudo e sua localização.	*Sistemas Ambientais	(CHRISTOFOLETTI, 1979; 1999) (SOTCHAVA, 1977)	*Revisão de literatura  *Construção de mapas temáticos;	Caracterização Geográfica da área de estudo.	Produtos cartográficos
04	Caracterizar as unidades morfoestruturais da área de estudo.	*Dinâmica da paisagem;  *Cartografia Geomorfológica	(BISHOP, M. P. et al, 2012)  (JAMES, L. A. et al; 2012)	*Aquisição das imagens de SR; *Construção de mapas temáticos; *Uso de manuais de mapeamento geomorfológico; *Vetorização dos dados; *Trabalho de campo;	*Mapeamento base da área de estudo.	*Mapa geomorfológico morfoestrutural
05	Realizar um mapeamento multitemporal da área de estudo para analisar as mudanças ocorridas na cobertura da terra no contexto atual.	*Dinâmica multitemporal de cobertura da terra	(CARDOSO-SILVA et al., 2018)  (LEAL et al., 2013)  (PRADO, 2000)	*Aquisição das imagens de SR; *Construção de mapas temáticos; *Uso de manuais de mapeamento da vegetação; *Vetorização dos dados; *Trabalho de campo;	*Mapeamento base da área de estudo.	*Mapa de cobertura da terra em escala multitemporal.



06	Esse capítulo tem como finalidade, descrever as unidades fitoecológicas e diversidade paisagística da Bacia Hidrográfica. Assim, objetivamos “atualizar” o sistema fitogeográfico e traçar uma síntese que permita, por meio de explicações e mapas didáticos, a compreensão do “quadro ecorregional” da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.	*Unidades Fitoecológicas	(MORO et al., 2015) (VELOSO et al, 1991; 2002)	*Aquisição das imagens de SR; *Construção de mapas temáticos; *Vetorização dos dados; *Trabalho de campo;	*Mapeamento base da área de estudo.	*Mapa das unidades fitoecológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.
Conclusões	Apresenta as considerações finais da tese, no qual disserta sobre a dinâmica contemporânea da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó relacionando as transformações do padrão e características geoecológicas.	–	–	* Revisão do manuscrito	*Apresentação de maneira sucinta os resultados obtidos na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.	*Considerações finais da pesquisa.

Fonte - Elaborado pelo autor.



**CAPITULO 01:**  
**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA TESE**

*“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino. ”*

**-LEONARDO DA VINCI-**



## 1.1 GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS - CONCEITOS FUNDANTES

Os estudos da paisagem e seus diferentes aspectos, tendo como base a Geoecologia das Paisagens, se tornaram mais frequentes a partir de 1990, quando as discussões foram se enriquecendo com os aportes do pensamento dialético na análise espacial e ambiental (RODRIGUEZ; SILVA, 2006).

Apoiada na visão sistêmica, a Geoecologia das Paisagens oferece contribuição para a compreensão do quadro natural, socioeconômico e cultural, bem como as inter-relações desses elementos na transformação da paisagem. Uma vez que, o enfoque sistêmico corresponde à abordagem interdisciplinar, uma concepção metodológica e um meio para o estudo de objetos integrados e das dependências e interações integrais (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Essa metodologia propicia as bases teóricas e metodológicas para a análise ambiental, servindo como aporte conceitual e procedimental ao planejamento e gestão ambiental (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Vale destacar que Carl Troll, teve enorme contribuição ao estudo da paisagem, pois incorporou as abordagens recentes da ecologia (desenvolvidas na época) ao conceito de paisagem e assim definiu a ecologia da paisagem, que posteriormente foi denominada de Geoecologia (PASSOS, 2003; TRUEBA, 2012). Além disso, Troll representa um marco nas reflexões acerca da paisagem natural e cultural, nas interações entre os modelos espaciais e ecológicos e na questão da escala no estudo da paisagem (GUERRA; MARÇAL, 2015; PASSOS, 2003).

Dessa forma, a evolução no estudo da paisagem passa a refletir, cada vez mais, as modificações provocadas pela ação antrópica sobre a superfície terrestre, tornando esse um fato motivador para a mudança do termo, em alguns autores, de uma abordagem mais ecológica e naturalista à sua concepção mais geográfica e social, a Geoecológica (CHAVES, 2021). Interpretada como uma conexão harmônica de componentes e processos, intrinsecamente integrados (SILVA; RODRIGUEZ, 2011).

Para tanto, a Geoecologia das paisagens dispõe de um sistema de métodos, procedimentos e técnicas que possibilitarão o conhecimento sobre o ambiente, o que permitirá estabelecer diagnóstico operacional direcionado à gestão ambiental sustentável do território (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTE, 2017). E dessa forma fundamenta-se em três momentos: **I**) como se formou e se ordenou a natureza; **II**) como, a partir das atividades humanas, construíram-se sistemas de uso e de objetos que articulam

e determinam a natureza de acordo com suas necessidades e, **III**) como a sociedade entende a natureza e as transformações derivadas das atividades humanas (RODRIGUEZ; SILVA; LEAL, 2011).

Em outras palavras, essa metodologia permite entender: **I**) em que grau as sociedades humanas transformam a natureza e a veem no espaço; **II**) como a sociedade concebe a natureza, o natural e o espaço derivado da natureza e **III**) como a sociedade percebe a natureza, usa o espaço, a paisagem e o território.

Para compreender os itens listados, a Geoeologia das Paisagens utiliza categorias analíticas: espaço, paisagem e território (**Quadro 02**) que não são exercidas de maneira isolada, mas interagem entre si e formam à análise geocológica.

**Quadro 2** - Categorias analíticas da Geoeologia das paisagens.

<b>CATEGORIAS ANALÍTICAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Espaço ou Paisagem Natural	Sistema espaço-temporal, uma organização complexa e aberta, formada pela interação entre os componentes biofísicos que podem ser transformados pela atividade antrópica, corresponde ao meio natural de uma vida sistêmica.
Espaço Geográfico	Conjunto indissociável, solidário e contraditório de sistemas e objetos e de ações na superfície do globo terrestre. O espaço geográfico é formado por objetos naturais, fabricados, técnicos, mecânicos e cibernéticos submetidos à constituição da sociedade (SANTOS, 1994, 1996).
Paisagem Cultural	Fisionomia, morfologia e a expressão formal do espaço e dos territórios, situada no plano de contato entre os fatos naturais e os fenômenos da ocupação humana, entre os objetos e os sujeitos que os percebem e agem sobre eles.
Território	Conjunto de espaços, paisagens geográficas e sistemas naturais, econômicos, de habitat e sociais em uma determinada área delimitada pelo poder econômico e político, submetido a um determinado modelo e processo de gestão.

**Fonte** - Adaptado de Rodrigues et al. (2011).

Essas propostas de estudos geocológicos apresentam, como finalidade, a divisão de paisagens em unidades locais, o que compreende a diferenciação em espaços menores e de uma escala maior, ou seja, apresentam maior nível de detalhamento em que predomina as diferenciações topográficas e morfológicas (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017).

Em essência, a geoeologia é focada na análise da dinâmica da paisagem (SAHDEV; SINGH; KUMAR, 2020), o que possibilitou que ao longo de seu



desenvolvimento e de sua sistematização se tornasse um campo científico abrangente de aplicação interdisciplinar, seja na geografia, seja em áreas afins como a Ecologia, a Biologia, o Urbanismo, entre outras de igual relevância.

Desse modo, o estudo da Geoecologia se aplica a diversas áreas do conhecimento, apresentando como uma das principais finalidades cartografar essas unidades (geocomplexos) da paisagem, bem como promover a integração dos componentes geocológicos por meio de perfis geocológicos e quadros sínteses (FARIAS, 2015; MOTA; MELO; SOUZA, 2017). Permitindo assim a elaboração de planos para a gestão ambiental do território de modo mais democrático, o qual pode ser alcançado com a realização de zoneamento geocológico de precisão, ou seja, em uma escala grande, destacando-se os detalhes presentes na paisagem por meio de suas unidades (SILVA; RODRIGUEZ, 2011).

Em outras palavras, esses enfoques possibilitam a realização de pesquisas baseadas na relação paisagem natural e ação antrópica (FARIAS, 2015; MOTA; MELO; SOUZA, 2017; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017).

Assim, é possível desenvolver um diagnóstico operacional a partir dos aspectos geocológicos, uma vez que o pesquisador estará embasado no conhecimento prévio de todos os elementos que interagem dinamicamente para formação das paisagens (CHAVES, 2021). Visto que se centra no entendimento das modificações estruturais e funcionais associadas face às ações antrópicas no sistema como um todo, tendo em conta relações espaciais dos elementos (METZGER, 2001), sendo que o mapeamento e regionalização físico geográfica resulta das interações locais e regionais, para além das diferenças das condições locais à luz das necessidades práticas de gestão natural (GVOZDETSKIY et al., 1976).

## 1.2 APLICAÇÕES DA GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS: BACIAS HIDROGRÁFICAS

Enquanto aporte teórico-metodológico, a Geoecologia possibilita a aplicação dessas concepções em diversos estudos, tais como: planejamento de unidades de conservação (CUNHA, 2019; FARIA, 2021; OLIVEIRA, 2015), zona costeira (GORAYEB et al., 2020; SILVA et al., 2011), auxílio na elaboração de plano diretor (MORAES; ZACHARIAS, 2022; SILVA et al., 2010), bacias hidrográficas (ARRONE; AMORIM, 2022; FARIAS, 2020; SILVA; RODRIGUES, 2014), compartimentação e



classificação de unidades das paisagens (MORESCO, 2007; RODRIGUEZ et al., 1995; SOUSA, 2019; VIDAL; MASCARENHAS, 2020), entre outras possibilidades.

Desse modo, o diagnóstico dos componentes geocológicos permite pensar e construir um planejamento ambiental do território, sendo essa finalidade um dos principais objetivos da geocologia, como também a busca de propor uma gestão pautada na governança ambiental, sustentabilidade das paisagens e equidade social (CHAVES, 2021).

Nesse entendimento, torna-se essencial conhecer os componentes que configuram a paisagem, os quais na literatura são apresentados como caracterização geocológica, ambiental, geoambiental ou do meio físico (BARBOSA, et al. 2016; BELTRAME, 1994; BOTELHO, 2015; GUEDES; MEDEIROS; COSTA, 2016; MEZZUMO, 2013; MEZZUMO; GHISSO; CAMPOS, 2014).

Logo, observa-se ser fundamental o conhecimento do meio físico e socioambiental das bacias ou outros ambientes estudados com a finalidade de propor um planejamento ambiental.

A bacia hidrográfica é denominada como uma unidade territorial de análise, planejamento e gerenciamento mais eficaz para caracterizar os recursos hídricos, minimizar os impactos e recuperar os transtornos ambientais, tais como poluição de afluentes de rio ou diminuição da mata ciliar (SANTOS, 2004).

Nesse contexto, a bacia hidrográfica deve ser compreendida como uma unidade de planejamento e gestão, a qual comporta as interações do quadro natural e relações complexas que envolvem os aspectos sociais, econômicos, culturais e políticos, logo se faz necessário a realização de uma análise integrada desses elementos. Destacando o estado ambiental da paisagem, seguido da proposta de planejamento (FARIAS, 2015; 2020; FARIAS et al., 2015; NASCIMENTO; FARIAS, 2016).

Para tanto, ressalta-se ainda que, bacia hidrográfica é uma área topograficamente definida pela drenagem de um canal fluvial ou por um sistema de canais fluviais conectados, de tal forma que toda água drenada nesse espaço tenha uma única saída (ROSA et al., 2004). Cada bacia hidrográfica pode ser subdividida em bacias menores, o que significa dizer que uma bacia hidrográfica é formada por um conjunto de pequenas bacias. Em outras palavras, é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório (TUCCI, 1997).

Para Cavalcanti et al. (1997), o planejamento ambiental de bacias hidrográficas, baseada na concepção geocológica deverá dar resposta às seguintes questões: identificar,



classificar e delimitar as unidades espaciais, das quais está composta a bacia; estabelecer as relações entre os espaços e paisagens naturais, com os restantes tipos de espaços e paisagens; determinar as potencialidades de recursos naturais e serviços ambientais das diferentes unidades, e da bacia como um todo; estabelecer as funções ecológicas e sociais; determinar o estado ambiental, os problemas ambientais; esclarecer os fatores e as causas que conduziram à “ordem ou desordem” espacial e ambiental existente; ordenar ambiental, espacial e territorialmente a bacia hidrográfica.

Em vista disso, a Geoecologia das Paisagens, a partir da sua abordagem integrada é possível realizar investigações que consideram a bacia como um sistema dinâmico e integrado pela ação de diversos componentes. E com isso, a mesma se insere como uma perspectiva de análise multidisciplinar estando associada às questões ambientais e socioeconômicas (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

### 1.3 SEQUÊNCIA METODOLÓGICA DE ESTUDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.

A compreensão de bacia hidrográfica como unidade de análise, planejamento e gerenciamento, se consolidou a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992 (NOVAES et al., 2000). As discussões nesta Conferência resultaram na aprovação da Agenda 21, documento que consagra os mais elevados princípios de defesa da biodiversidade e dos recursos naturais da Terra.

Mas mesmo antes da conferência, alguns autores já consideravam a bacia hidrográfica como unidade de análise e realizavam estudos sobre esta temática, dentre eles, Christofolletti (1980) no qual afirma que os estudos relacionados com as drenagens fluviais sempre possuem função relevante e a análise da rede hidrográfica pode levar ao esclarecimento de questões geomorfológicas, visto que os cursos d’água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem.

Para Botelho (2011), os estudos que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental, vêm crescendo bastante nos últimos anos. Pois nesta unidade é possível se avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desenvolvimentos frente ao equilíbrio hidrológico, representado pela bacia de drenagem (GUERRA; CUNHA, 2003).



Assim, compreender a situação dos recursos hídricos é essencial para o planejamento e a tomada de decisão. Que de acordo com Benetti e Bidone (2004), essa ação de planejar exige cada vez mais uma visão ampla onde seja possível compatibilizar o uso racional dos recursos em vista da demanda e capacidade de suporte natural.

A Geoecologia das Paisagens por sua vez, fornece subsídios fundamentais para o desenvolvimento de trabalhos relacionados à dinâmica dos sistemas ambientais, mais especificamente voltados para o estudo de bacias hidrográficas, pois é necessário pensar a bacia como um sistema ambiental que deve ser analisado por uma concepção articuladora e integradora dos momentos fundamentais de sua formação e organização (RODRIGUEZ; SILVA; LEAL, 2011).

Grosso modo, a aplicação da Geoecologia em bacias pode seguir as seguintes etapas: 1. Levantamento dos condicionantes ambientais; 2. Caracterização dos aspectos socioeconômicos; 3. Compartimentação ambiental; 4. Identificação de impactos ambientais; 5. Caracterização do estado ambiental; e 6. Proposições de planejamento (**Quadro 3**).

**Quadro 3** - Fases de aplicação da Geoecologia das paisagens

<b>FASES</b>	<b>ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS</b>
Organização e inventário	<ul style="list-style-type: none"><li>– Tarefas gerais preparatórias</li><li>– Inventários de condições naturais</li><li>– Inventários de condições socioeconômicas</li></ul>
Análise	<ul style="list-style-type: none"><li>– Análise das propriedades das unidades espaciais</li></ul>
Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"><li>– Diagnóstico geoecológico integrado</li></ul>
Propositiva	<ul style="list-style-type: none"><li>– Desenho de modelo de zoneamento</li><li>– Elaboração de propostas.</li></ul>

**Fonte** - Adaptado de (RODRIGUES; SILVA, 2013).

A primeira fase refere-se à de **organização e inventário** onde são reunidos e organizados os materiais bibliográficos e cartográficos dos diferentes temas abordados na pesquisa e que envolvem a bacia. Ainda nessa fase da pesquisa devem ser realizados os primeiros trabalhos de campo na área de estudo. Nesse caso, a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. Direcionados a um reconhecimento preliminar da área para registrar aspectos socioeconômicos e ambientais.

A **fase de análise**. Etapa densa da elaboração do material cartográfico. Essa fase viabilizou a contextualização das temáticas teóricas, biofísicas e socioeconômicas. Como produtos oriundos desses dados foram elaborados tabelas, quadros, gráficos e mosaico de imagens.



Dando sequência as etapas da Geoecologia se iniciam a **fase de diagnóstico**, que objetiva interpretar o material produzido na fase anterior (textual e cartográfico) e descrever os principais problemas, potencialidades e limitações da bacia, tendo como base, o uso e cobertura da terra e caracterização dos recursos naturais com auxílio dos mapas temáticos.

Em outras palavras, trata-se do Diagnóstico das unidades da paisagem e da situação ambiental da Área de estudo escolhida. Essa fase é caracterizada como um período complexo do trabalho, pois se utiliza da observação, percepção, interpretação e sistematização dos mais variados processos sociais e naturais identificados na área, que requerem um conhecimento interdisciplinar para sua compreensão e solução (LEAL, 1995).

A **fase propositiva** é a última dos estudos geoecológicos, onde são organizadas ações voltadas para o objetivo inicial do trabalho: desenvolver ações de planejamento ambiental tendo como instrumento o zoneamento da área. Os quais possibilitam um conhecimento detalhado do funcionamento e dinâmicas atuantes.

Com isso, a Geoecologia das Paisagens, inserida na vertente dos estudos ambientais possibilitou uma maior articulação entre os diferentes aspectos de formação e funcionamento da paisagem, direcionados a investigação e análises em bacias hidrográficas. Em outras palavras, a Geoecologia apresenta fundamentos para a elaboração das bases teóricas e metodológicas do planejamento e gestão ambiental, assim como para a construção de modelos teóricos para incorporar a sustentabilidade ao processo de desenvolvimento (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).



## CAPITULO 02 – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

*“O método científico é comprovado e verdadeiro. Não é perfeito, é apenas o melhor que temos. Abandoná-lo, junto com seus protocolos céticos, é o caminho para uma idade das trevas. ”*

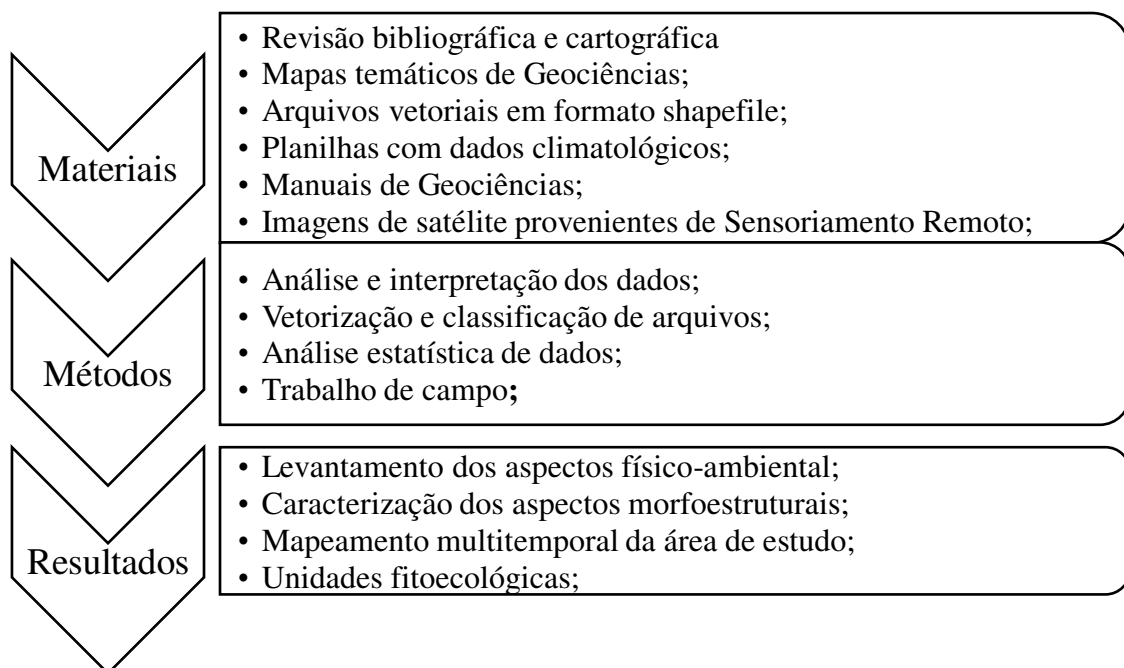
**-Carl SAGAN-**

No estudo da paisagem, faz-se necessária a integração dos elementos naturais com os elementos antrópicos. Assim, tendo em vista a bacia hidrográfica como um sistema processo-resposta e que os inputs e outputs ao longo dela são responsáveis por gerar diversos ambientes em que os processos pedogenéticos e morfogenéticos predominam entre si em níveis distintos, será utilizada a orientação metodológica de análise sistêmica da paisagem (SOUZA, 2000).

Desse modo, com o objetivo de elaborar um levantamento dos aspectos físico-ambiental da Bacia do Rio Seridó, construiu-se uma base cartográfica e uma análise de informações sobre o clima, a geologia e o solo, o relevo e a hidrografia e a cobertura vegetal.

Em síntese, os procedimentos metodológicos da presente pesquisa científica foram divididos em três etapas (**Figura 1**). As etapas a serem abordadas incluem a aquisição de **materiais**, os **métodos** que serão trabalhados (em campo e gabinete) para a obtenção dos respectivos **resultados**, com a descrição detalhada logo a seguir.

**Figura 1** - Fluxograma simplificado das etapas metodológicas adotadas na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó – BHRS.



**Fonte** - Elaborado pelo autor.



## 2.1 RELEVO E GEOLOGIA

Foram utilizados os mapas temáticos de geociências do Rio Grande do Norte e Paraíba (geomorfologia, geologia e o geoambiental) elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM na escala de 1:250.000 (PFALTZGRAFF et al., 2010; TORRES et al., 2016). Os mesmos serviram de direcionamento para os primeiros níveis de mapeamento, evitando-se conflitos de legenda, já que serviram de referência para a análise prévia da região.

Em uma análise macrorregional, e com base no mapeamento Geológico/geomorfológico elaborado através do projeto RADAMBRASIL, Folhas SB 24/25 Jaguaribe/Natal, na escala de 1:1.000.000, juntamente com o Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte, elaborado em 2006 pelo Serviço Geológico do Brasil (ANGELIM et al., 2006).

Utilizou-se também de imagens de radar do satélite **ALOS** (*Advanced Land Observing Satellite*) do sensor **PALSAR** (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*) com resolução refinada para 12,5 metros para a obtenção de dados altimétricos e de declividade.

## 2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS

As condições climáticas foram estimadas a partir de dados quantitativos e qualitativos que caracterizam o clima da Bacia do Rio Seridó. Esses dados possibilitam identificar as médias de precipitação e a temperatura ao longo de um recorte temporal.

Dessa forma, foram utilizados os dados mensais de temperatura e precipitação pluviométrica da série histórica da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – Sudene (1990) que tiveram suas médias mensais e anuais calculadas pelo Departamento de Ciências Atmosféricas – DCA da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (DCA/UFCG, on-line) disponíveis gratuitamente no seguinte endereço <<http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/dadosrn.htm>> nas quais foram utilizados a fim de evidenciar a variação climática da área.



## 2.3 TIPOS DE SOLO

Para a caracterização dos tipos de solo, realizou-se uma leitura e análise conforme definições de trabalhos de (JACOMINE, 1971; RADAMBRASIL, 1981), juntamente com o manual técnico de Pedologia do IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015) e o Sistema de Classificação Brasileira de Classes de Solos (SANTOS, 2017).

## 2.4 COBERTURA VEGETAL

A identificação dos diferentes tipos de vegetação da área e agrupamento das diferentes espécies será utilizado o Manual Técnico de Vegetação Brasileira do IBGE (2012).

Entretanto, vale destacar que, de acordo com o IBGE, (2012), para se dissertar sobre a vegetação da Caatinga, é necessário estudar a vasta bibliografia do botânico Dárdano de Andrade-Lima, complementada por Luetzelburg (1922-1923), Ducke (1953) e Rizzini (1963), para então se concluir sobre a origem e a dispersão da flora nordestina atual.

Desse modo, para fins de levantamento preliminar dos aspectos vegetacionais da área de estudo, uma revisão bibliográfica descrevendo de maneira geral a fitogeografia da Bacia Hidrográfica.

## 2.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### **2.5.1 Descrição e mapeamento das unidades físico/ambientais da Bacia Hidrográfica**

A descrição e mapeamento das unidades físicos/ambiental da área de estudo, bem como quantificação dos polígonos foram efetuados com o auxílio do software ArcGis v. 10.6 ©ESRI (license nº 0cca8e7c4a620601a0e5423e82a3ab81). Bem como a leitura bibliográfica dos respectivos mapas elaborados.



### 2.5.1.1 Trabalho de campo

Em campo, foram observados e examinados os aspectos ambientais como: geológicos, estruturais (foliações, lineamentos e drenagem), geomorfológicos, pedológicos e a cobertura vegetal.

As pesquisas de campo também foram fundamentais para corrigir e confirmar as informações obtidas por meio das geotecnologias.

Durante os trabalhos de campo foram utilizados diversos equipamentos fundamentais para a obtenção das informações. Dentre esses equipamentos destacam-se o GPS Map Garmin 78s, câmera fotográfica digital, martelo geológico, cadernetas de campo, mapa de pré-campo (hipsométrico e geológico), e veículos automotores. Cabe aqui destacar que os trabalhos de campo seguiram as rodovias pavimentadas e não-pavimentadas da área de estudo, de maneira a contemplar de forma satisfatória uma boa amostragem.

De todo modo, a marcação de pontos georreferenciados através de GPS foi de fundamental importância para a produção do material cartográfico final. Os pontos georreferenciados de áreas relevantes para a pesquisa, associados aos registros fotográficos, contribuíram para a caracterização dos aspectos do quadro natural da área de estudo.

## 2.5.2 Caracterizar os aspectos morfoestruturais e realizar uma compartimentação do relevo da bacia hidrográfica do Rio Seridó

O mapeamento geomorfológico foi elaborado seguindo diretrizes clássicas de mapeamento, onde a topografia é a base para a delimitação das unidades geomorfológicas, em conjunto com imagens de satélite e levantamentos de campo.

### 2.5.2.1 Materiais

#### 2.5.2.1.1 Aquisição das imagens de Sensoriamento Remoto – SR.

De modo a cumprir os objetivos propostos, utilizou-se de imagens de radar do satélite **ALOS** (*Advanced Land Observing Satellite*) do sensor **PALSAR** (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*) com resolução refinada para 12,5 metros.



As informações fornecidas pelas imagens de radar do satélite ALOS, que contêm registros altimétricos, viabilizou a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) da BHRS, fundamental para delimitação da bacia e sub-bacias, na extração da drenagem, lineamentos estruturais, compartimentos geomorfológicos, elaboração das curvas de nível, extração e orientação da drenagem, sombreamento, declividade e altimetria da área de estudo.

#### *2.5.2.1.2 Aquisição de Mapas temáticos da área de estudo*

Também foram utilizados os mapas temáticos de geociências do Rio Grande do Norte e Paraíba (geomorfologia, geologia e o geoambiental) elaborados pela CPRM na escala de 1:250.000 (PFALTZGRAFF et al., 2010; TORRES et al., 2016). Os mesmos serviram de direcionamento para os primeiros níveis de mapeamento, evitando-se conflitos de legenda, já que serviram de referência para a análise prévia do relevo da região.

#### *2.5.2.1.3 Manuais de mapeamento geomorfológico*

O mapeamento geomorfológico da BHRS resultou da interpretação e interação de toda a base cartográfica disponível da área de estudo, relacionadas aos dados orbitais e cartográficos, sobretudo, os dados morfométricos.

Portanto, para a delimitação dos diferentes compartimentos geomorfológicos da BHRS, a presente pesquisa buscou suporte no Manual Técnico de Geomorfologia, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), associada ao tratamento e interpretação de dados extraídos das imagens de radar do satélite ALOS, sensor PALSAR, além de consultas a produtos cartográficos pré-existentes e realização de trabalhos de campo, buscando realizar correlações entre os limites das unidades litológicas e sua relação com as formas de relevo.

Por sua vez, o núcleo da metodologia geomorfológica brasileira inclui (IBGE, 2009) (a) substrato geológico, (b) identificação precisa do relevo e delineação, (c) domínios morfoestruturais e morfoclimáticos, (d) processos morfogenéticos e (e) depósitos superficiais recentes. O que segundo (PARON; CLAESSENS, 2011), a sistemática do mapeamento de todo o território nacional levou à criação de uma estrutura



hierárquica de legenda composta por quatro unidades hierárquicas. Sendo elas, domínio morfoestrutural, região geomorfológica, unidade geomorfológica e relevo.

A nomenclatura dessas unidades fora analisada em função de suas características geomorfológicas, e definidas de acordo com sua localização geográfica e toponímia regional.

### **2.5.3 Procedimentos metodológicos**

#### *2.5.3.1 Elaboração do mapa geomorfológico*

O tratamento dos dados das imagens de radar do satélite ALOS, sensor PALSAR, que contêm registros altimétricos, viabilizaram a geração do MDE da BHRS, fundamental na extração de lineamentos estruturais positivos, e conseqüentemente na identificação e delimitação das unidades de relevo.

#### *2.5.3.2 Trabalho de campo*

Foram realizados trabalhos de campo na área de estudo, para ajustes e eventuais dúvidas que ocorreram nas etapas anteriores por meio das geotecnologias. Nessa oportunidade, registros de fotografias foram relacionadas como amostras descritivas da paisagem junto à legenda de cada classe geomorfológica e examinados os aspectos geológicos.

Cabe aqui destacar que os trabalhos de campo seguiram as rodovias pavimentadas e não-pavimentadas da área de estudo, de maneira a contemplar de forma satisfatória uma boa amostragem.

Durante os trabalhos de campo foram utilizados diversos equipamentos fundamentais para a obtenção das informações. Dentre esses equipamentos destacam-se o GPS Map Garmin 62s, câmera fotográfica digital, martelo geológico, cadernetas de campo, mapa de pré-campo (hipsométrico, cobertura da terra e geológico), e veículos automotores.

A marcação de pontos georreferenciados através de GPS foi de fundamental importância para a produção do material cartográfico final. Os pontos georreferenciados de áreas relevantes para a pesquisa, associados aos registros fotográficos, contribuíram para a caracterização dos aspectos do quadro natural da área de estudo.

## 2.6 MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DA ÁREA DE ESTUDO PARA ANALISAR AS MUDANÇAS OCORRIDAS NA COBERTURA DA TERRA CONSIDERANDO AS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO E DEGRADAÇÃO DA COBERTURA DA TERRA DISPONÍVEIS NA BACIA

O mapeamento da cobertura vegetal foi realizado a partir de imagens dos satélites Landsat 5 e 8. Através destas, em ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas), e com o auxílio do software Arcgis (Licença do Grupo de Pesquisa em Biogeografia de Ecossistemas Tropicais), foi aplicado o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), de acordo com a fórmula desenvolvida por Huete (1988). Descritos detalhadamente a seguir.

### 2.6.1 Materiais

#### 2.6.1.1 Aquisição de imagens e avaliação das variações da cobertura da terra

As análises foram baseadas em imagens de sensoriamento remoto de períodos temporais distintos dos satélites Landsat-5, Landsat-7 e Landsat 8, disponíveis gratuitamente pelo endereço digital do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> e descritas detalhadamente no **quadro 4**.

**Quadro 4** - Características das imagens de satélite utilizadas.

Satélite	Sensor	Órbita/Pontos	Bandas Espectrais	Resolução espacial (m)	Datas de passagem
LANDSAT 5	Thematic Mapper (TM)	215/064-065	3,4	30	1984/06/17
LANDSAT 7	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	215/064-065	3,4	30	2002/07/13
LANDSAT 8	Operational Land Image (OLI)	215/064-065	4,5	30	2018/07/30

**Fonte** - Elaborado pelo autor.

A escolha dessas imagens teve como critério a data de imageamento do satélite, onde buscou-se imagens de períodos próximos nos diferentes anos analisados, bem como o fato de que elas não apresentam problemas relacionados à presença de nuvens, já que



dependendo da quantidade e distribuição, poderiam acarretar elevado comprometimento visual nos resultados para a área de estudo.

## 2.6.2 Procedimentos metodológicos

### 2.6.2.1 *Processamento Digital das imagens*

As imagens passaram por etapas de pré-processamento, onde foram aplicadas técnicas de correções atmosférica a partir do método DOS (*Dark Object Subtraction*) (CHAVEZ, 1988) para melhor aproveitamento dos dados. E posteriormente, para a delimitação das diferentes tipologias de cobertura da terra foi aplicado o Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI (*Índice de Vegetação Ajustado ao Solo*) (HUETE, 1988).

A equação 01 para o cálculo do SAVI, assume a seguinte forma:

$$\text{SAVI} = [(P_{IVP} - P_V) / (P_{IVP} + P_V + L)] \times (1 + L) \quad (01)$$

Onde:  $P_{IVP}$  - Banda do infravermelho próximo;  $P_V$  - Banda do vermelho;  $L$  - Constante que minimiza o efeito do solo e pode variar de 0 a 1. Os valores ótimos de  $L$  são:  $L = 1$  (para densidades baixas de vegetação);  $L = 0,5$  (densidades médias);  $L = 0,25$  (densidades altas).

Em outras palavras, o “ $L$ ” é uma constante empiricamente determinada para minimizar a sensibilidade do índice de vegetação às variações de reflectância dos tipos de solo.

Em geral o fator  $L = 0,5$  oferece um índice espectral superior ao NDVI, e é mais utilizado, uma vez que agrupa maior variação de vegetação (HUETE, 1988).

### 2.6.2.2 *Classificação e quantificação das categorias de cobertura da terra*

As classes de vegetação natural foram denominadas seguindo o Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) considerando o nível hierárquico primário (I) que contemplou três classes que indicaram as principais categorias da cobertura terrestre, discriminadas com base na interpretação direta dos dados dos sensores remotos, numa escala mais ampla (**Quadro 5**).

**Quadro 5** - Descrição das classes de cobertura da terra.

Classe (I)	Tipo (II)	Descrição (III)
Ecossistemas Agropastoril	Pastagens	Área com predomínio de vegetação herbácea (nativa ou exótica), utilizada para pecuária extensiva.
	Solo exposto	Área de pousio do solo para cultivo ou com ausência de vegetação.
Ecossistemas Naturais	Floresta Densa	Área com predomínio de vegetação arbórea, mais ou menos adensadas por troncos grossos em geral, com a formação vegetal de Savana Estépica Florestada.
	Floresta Esparsa	Área com predomínio de vegetação arbórea/arbustiva, com as formações vegetais e Savana Estépica Arborizada.
	Arbustos Xerófitos	Apresentam características fisionômicas com arbustos e pequenas árvores, em geral de mesma espécie, e distribuição bastante espaçada, qual fossem plantados, com as formações vegetais do tipo parque.
Ecossistemas aquáticos	Corpos hídricos	Rios de grande porte, açudes, lagoas, lagoas e represas.

**Fonte** - Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

A dinâmica multitemporal da cobertura da terra para a área de estudo, bem como a reclassificação e quantificação dos polígonos (gerados a partir dos diferentes intervalos de valores do SAVI) e layout final dos mapas foram efetuados com o auxílio do software ArcGis v. 10.6 ©ESRI.

Para medir a diferença significativa na cobertura da terra entre os períodos foi aplicado o teste de Qui-quadrado (PEARSON, 1900). Teste estatístico aplicado para verificar se a frequência com que um determinado acontecimento observado em uma amostra se desvia significativamente ou não da frequência com que ele é esperado.

Seu uso mais comum e mais importante da estatística Qui-quadrado é testar a hipótese nula ( $H_0$ ) de que não há relação entre as variáveis categóricas (MOORE, 2005). Se o valor da estatística Qui-quadrado for maior que um certo valor crítico (com nível de significância a 5%),  $H_0$  é rejeitada e  $H_1$  (hipótese de que há associação entre os atributos) é aceita.

A equação 02 para o cálculo do Qui-Quadrado, assume a seguinte forma:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

(02)



Onde:  $X^2$  - Estatística de teste cumulativa de Pearson, distribuição do Qui-Quadrado;  $O_i$  - Frequência observada;  $E_i$  - Frequência esperada;  $N$  - Número de células na tabela.

Assim, se o teste é significativo, devem-se examinar os dados para compreender a natureza da relação.

## 2.7 UNIDADES FITOECOLÓGICAS E DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA EM AMBIENTES SEMIÁRIDO: EXPERIÊNCIA NO BRASIL

Nessa etapa, consistiu em organizar um mapeamento base da área de estudo, além do mapa de localização e as principais variáveis morfométricas, como hipsometria, declividade e sombreamento das formas de relevo.

Para isso, a pesquisa contou com os seguintes dados:

### 2.7.1 Materiais

#### 2.7.1.1 *Imagens de satélites*

Imagem de radar do satélite japonês **ALOS** (*Advanced Land Observing Satellite*) do sensor **PALSAR** (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*). Um MDE (Modelo Digital de Elevação) foi elaborado a partir destas imagens, servindo de base para delimitação da bacia e sub-bacias, elaboração das curvas de nível, extração da drenagem, sombreamento, declividade e altimetria da área de estudo.

A análise da cobertura da terra, por sua vez, foi baseada em imagens de sensoriamento remoto do satélite Landsat 8, obtidas a partir do sensor *Operational Land Imager (OLI)*, cujo órbita e ponto são 215/064 e 215/065, datadas de 30 de julho de 2018. As imagens foram adquiridas no catálogo de imagens do *United States Geological Survey – USGS*, através do sítio <https://earthexplorer.usgs.gov/>, já georreferenciadas e corrigidas das interferências atmosféricas. Para melhor explicação, o **quadro 6** aborda de maneira detalhada a imagem trabalhada na pesquisa.

**Quadro 6** - Características da imagem de satélite utilizada.

Satélite	Sensor	Órbita/Pontos	Bandas Espectrais	Resolução espacial (m)	Datas de passagem
LANDSAT 8	Operational Land Image (OLI)	215/064-065	4,5	30	2018/07/30

Fonte - Elaborado pelo autor.

A escolha dessas imagens teve como critério a data de imageamento do satélite, onde buscou-se imagens que não apresentassem problemas relacionados à presença de nuvens, já que dependendo da quantidade e distribuição, poderiam acarretar elevado comprometimento visual nos resultados. Bem como o seu período temporal (30 de julho de 2018). Pois nessa época inicia-se o período de estiagem na região.

#### 2.7.1.2 Sistema de classificação da vegetação

As classes de vegetação natural foram denominadas seguindo o Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) considerando o nível hierárquico primário (I) que contemplou três classes que indicaram as principais categorias da cobertura terrestre, discriminadas com base na interpretação direta dos dados dos sensores remotos, numa escala mais ampla (**ver quadro 05**).

#### 2.7.1.3 Uso de mapas temáticos

Também foram utilizados os mapas temáticos de geociências dos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, elaborados pela CPRM (PFALTZGRAFF, 2010; TORRES, 2016), como também os mapas do PROJETO RADAMBRASIL, Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal (BRASIL, 1981). Os mesmos serviram de direcionamento para os primeiros níveis de mapeamento, evitando-se conflitos de legenda, já que serviram de referência para a análise prévia do relevo da região.

### 2.7.2 Procedimentos metodológicos

Para o referente trabalho, utilizou-se das seguintes categorias (a) substrato geológico, (b) identificação precisa do relevo e delimitação, (c) domínios morfoestruturais.



A nomenclatura dessas unidades fora dada em função de suas características geomorfológicas, e definida de acordo com a localização geográfica e toponímia regional.

Para o mapeamento fitogeográfico, as imagens de sensoriamento remoto provenientes do Satélite Landsat 8, serão trabalhadas em ambiente de SIG (Sistema de Informação geográfica), nas quais, a partir do uso do geoprocessamento, passarão por etapas de *pré-processamento*, estabelecendo assim, uma relação mais precisa e fiel com a área de estudo (MENESES; ALMEIDA, 2012; PONZONI et al., 2015).

Posteriormente, para a delimitação das diferentes tipologias fitogeográficas, aplicou-se nas imagens de satélite, o *Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – SAVI*. Com isso, um arquivo vetorial de polígono foi criado, onde foram indicadas as classes de cada feição delimitada.

O trabalho de campo para ajustes e eventuais dúvidas que ocorreram nas etapas anteriores a partir da coleta de fotografias da área de estudo, que foram relacionadas como amostras descritivas da paisagem junto à legenda de cada classe geomorfológica e fitoecológica. Com isso, pontos de controle foram obtidos em campo para comparações do mapeamento realizado e eventuais dúvidas surgidas na interpretação do terreno.

Para coleta de dados em campo referentes à fisionomia da vegetação será utilizado o “Levantamento Rápido – LR” de (WALTER; GUARINO, 2006). Onde com o auxílio de um GPS de navegação serão coletados a partir de pontos de controle, dados referentes à fisionomia da vegetação como: Tipo de formação, Regularidade da estrutura, nome das Espécies predominantes, altura, estrato, dentre outras.



**CAPÍTULO 03:**  
**LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FÍSICOS AMBIENTAIS**  
**DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ**

*“O Geossistema definiria o objeto de estudo da Geografia Física, constituído de elementos do meio natural, que podem sofrer alterações na sua funcionalidade, estrutura e organização decorrentes da ação antrópica”*

**-Victor SOTCHAVA-**





Desde a época do aparecimento do homem, o processo de interação de dois sistemas inter-relacionados (Natureza e sociedade) tem se convertido em um dos principais processos de desenvolvimento do planeta. Nos quais, fatores socioeconômicos como, adensamento populacional, desmatamento, industrialização, aumento da produção de resíduos sólidos e poluentes, têm sido responsáveis, de forma alarmante, pela crescente degradação do meio ambiente.

Em zonas semiáridas, por se tratar de um ambiente ecologicamente instável e de forte ação antrópica (AB’SABER, 1977), essa exploração dos recursos naturais, faz com que esta região seja considerada bastante susceptível à “desertificação”, termo atribuído por Aubreville (1949) para caracterizar aquelas áreas que estavam ficando parecidas com desertos ou desertos que se estavam expandindo; posteriormente, muitos estudiosos a atribuíram ora a processos naturais, ora a processos induzidos pelo homem.

Tendo em vista a definição de Christofolletti (1979), que um Sistema Ambiental corresponde a um conjunto de elementos e das relações entre si e entre os seus atributos, percebe-se então a pertinência de que as Bacias Hidrográficas podem ser estudadas e compreendidas sob a luz do conceito de Sistema Ambiental.

Desse modo, os estudos voltados para a compreensão da dinâmica dos processos que ocorrem na superfície do planeta necessitam da integração da perspectiva espacial (geográfica) e funcional (ecológica) em suas investigações (SOTCHAVA, 1978). Sendo assim, torna-se necessário a utilização do conceito de geossistemas dentro da análise da paisagem, possibilitando o estudo do espaço geográfico dentro de uma concepção geossistêmica, permitindo a interpretação do mesmo em seu todo complexo e sistêmico e, além disso, possibilitando o entendimento de suas funções, inter-relações, distribuições, formações, estruturas e funcionamentos (TROLL, 1950).

Neste sentido, podemos considerar importante a adoção da Ecologia da Paisagem como base epistemológica norteadora para estudos que integrem diferentes elementos do espaço geográfico, uma vez que, segundo Pereira et al. (2001), este ramo do conhecimento baseia-se no pressuposto de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos.

Embora as unidades da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó (BHRS) e seu entorno já tenham sido largamente estudadas a nível geoambiental (e.g. FERNANDES; BARBOSA; SILVA, 1998; PEREIRA-NETO; FERNANDES, 2015; RABELO; ARAÚJO, 2019), o presente capítulo apresenta os componentes



geoecológicos da BHRS por meio de mapas, gráficos, tabelas, fotos e diálogos teóricos sobre a geologia, o solo, o relevo, a morfometria, o clima e a vegetação.

Portanto, este capítulo apresenta uma síntese das características ambientais contendo informações sobre as características predominantes de cada uma delas, tais como geologia, geomorfologia, climatologia, solos e vegetação.

### 3.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ (PB/RN)

Com uma área de aproximadamente 9.931 Km<sup>2</sup>, a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó situa-se entre os estados da Paraíba e do Rio grande do Norte, no qual abrange totalmente ou parcialmente 38 municípios. Sendo 17 deles localizados ao norte da Paraíba, e outros 21 municípios localizados ao Sul do Estado do Rio Grande do Norte (**Figura 2**).

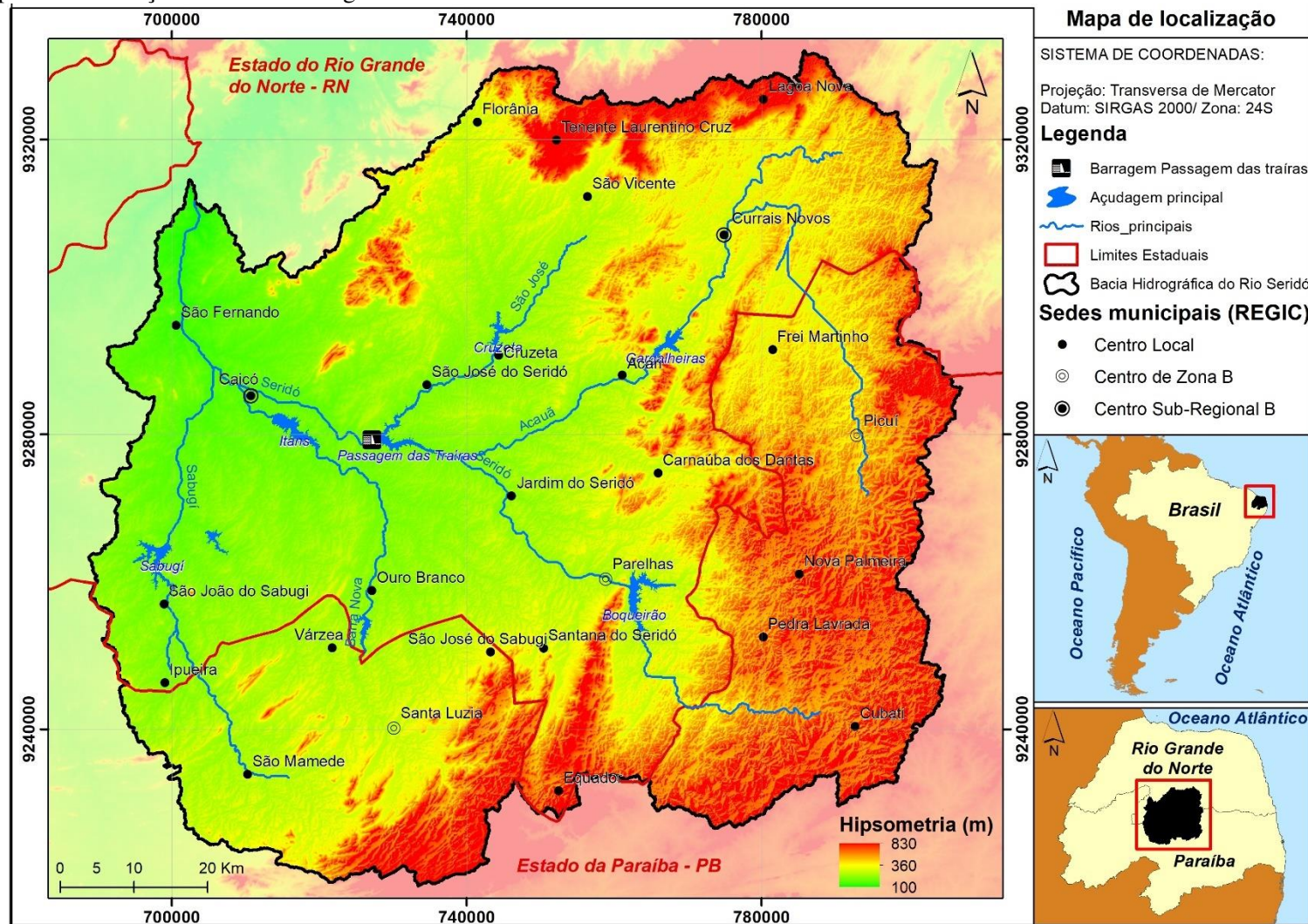
Seu principal curso fluvial, o Rio Seridó origina-se no sopé da Serra dos Cariris ou Serra do Alagamar, nas imediações do município de Cubati no estado da Paraíba, e deságua no Rio Piranhas-Açu, nas proximidades do município de São Fernando, no estado do Rio Grande do Norte (MELO, 2008).

Na área de abrangência da bacia localizam-se também outros importantes reservatórios, tais como, Boqueirão, Cruzeta, Gargalheiras, Itans e Sabugí e encontra-se subdividida em 5 sub-bacias menores. Sendo elas: Acauã, Barra Nova, Sabugí, São José e a do Rio Seridó (MELO, 2008) (**Figura 3**). Esta por sua vez, representa cerca de 31% da área total da bacia (**Tabela 1**).

Vale destacar que é no curso do Rio Seridó que se encontram importantes barragens para a região, como a Barragem das Traíras, que fica localizada entre os municípios de São José do Seridó e Jardim do Seridó, ambos municípios do estado do Rio Grande do Norte. Atualmente operada pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) e fiscalizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) (SOUZA, 2021).

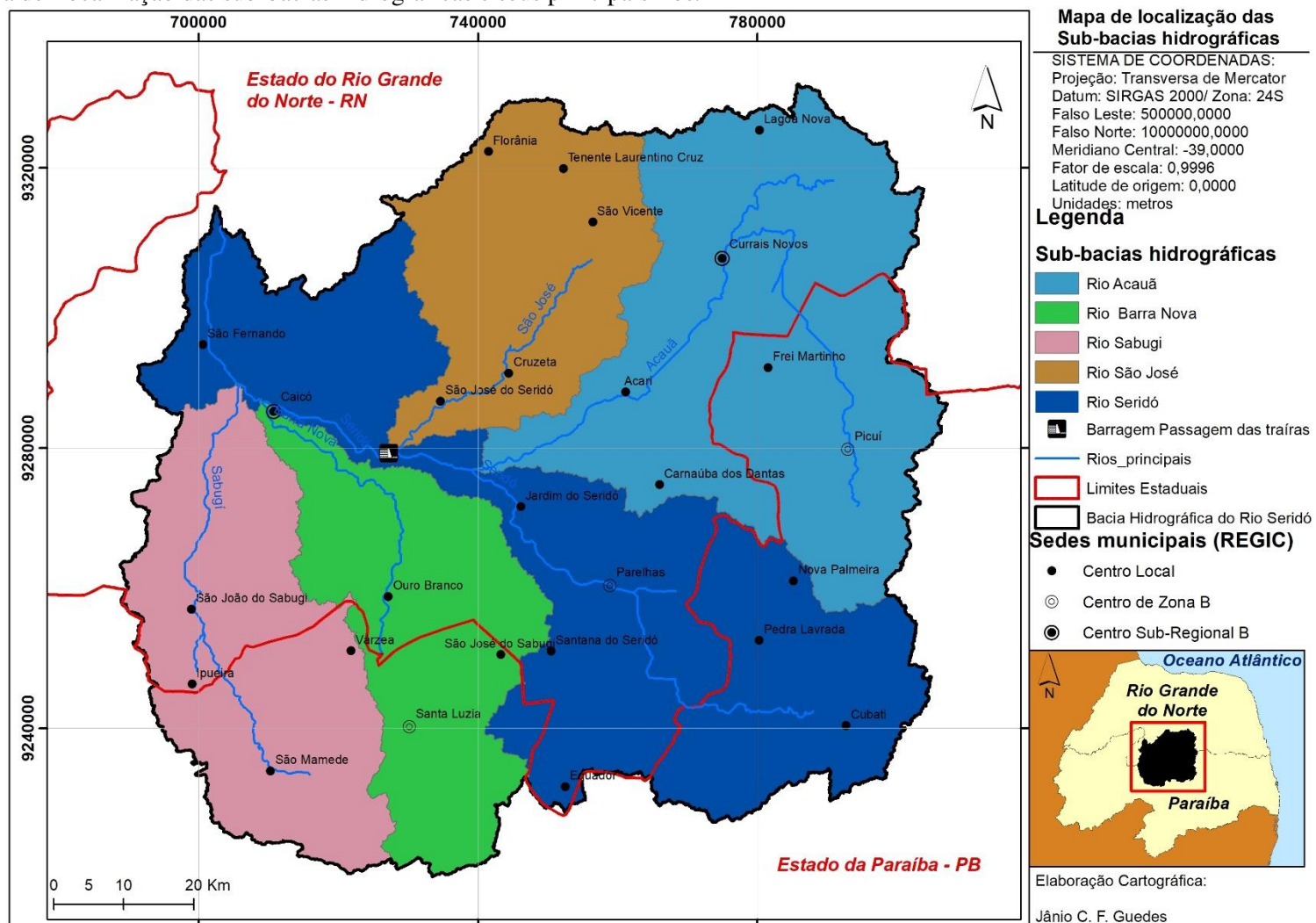
A barragem armazena 49 milhões de m<sup>3</sup> de água e é um reservatório considerado como estratégico para o sistema estadual de recursos hídricos com finalidade múltipla de uso da água, conforme a Lei das Águas - nº 3.433/97 (ANA, 2015). Configurando-se como uma bacia hidrográfica de suma importância para a região de ambos os Estados no qual a mesma se localiza.

Figura 2 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.



Fonte - Elaborado pelo autor

Figura 3 - Mapa de Localização das sub-bacias hidrográficas e seus principais rios.



Fonte - Elaborado pelo autor

**Tabela 1** - Quantificação das sub-bacias hidrográficas presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.

<b>Sub-bacia</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Acauã	2631	26,5
Barra Nova	1372	13,8
Sabugí	1595	16,1
São José	1265	12,7
Seridó	3068	30,9
<b>Total</b>	<b>9931</b>	<b>100</b>

**Fonte** - Elaborado pelo autor.

## 3.2 ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS

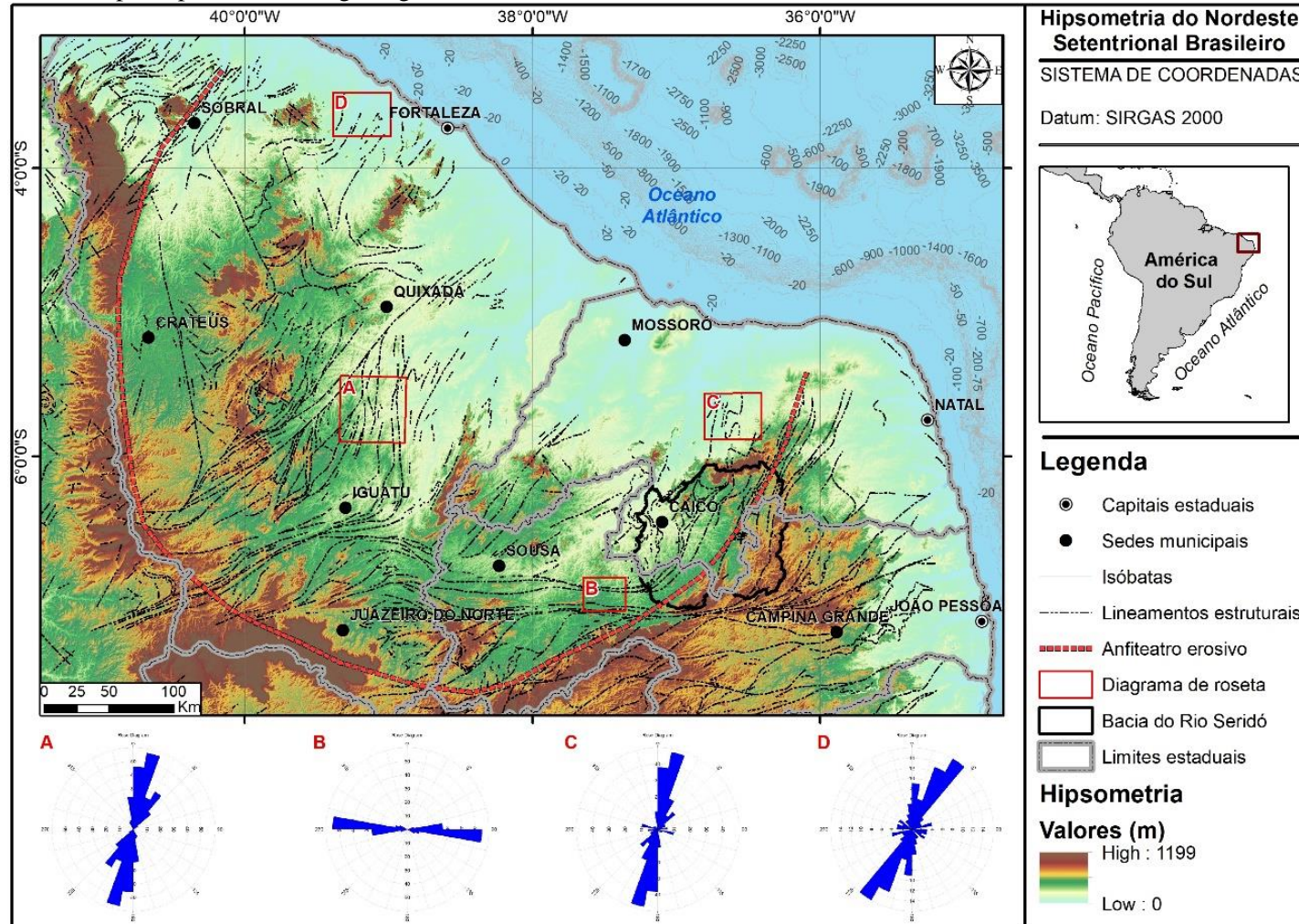
### 3.2.1 Geomorfologia

A geomorfologia da área de estudo é notadamente marcada por estruturas deformacionais dúcteis e rúpteis impressas no embasamento cristalino pré-cambriano. Essas estruturas são representadas por um conjunto de morfologias desenvolvidas em zonas de falhas herdadas da estruturação pré-cambriana (MAIA; BEZERRA, 2014; MAIA; CASTRO, 2017).

Nesta região, algumas áreas elevadas, rodeadas por uma superfície baixa, ocorrem entre a costa e a escarpa principal no interior (GURGEL et al., 2013). A visão predominante que se tem é que estas áreas elevadas foram deixadas para trás durante o recuo das principais escarpas da margem por causa da erosão diferencial. O rompimento da Pangea no Mesozóico colocou as placas sul-americanas e africanas sob extensão horizontal, que desencadeou o rifteamento e a formação de bacias intracontinentais no nordeste do Brasil (NOGUEIRA et al., 2015).

A área de estudo em questão, por sua vez, compreende parte da porção setentrional do Nordeste Brasileiro e está inserida no domínio oriental da província Borborema, apresentando diversos compartimentos geomorfológicos derivados de importantes eventos tectônicos, como o Ciclo Brasileiro e a reativação cretácea (MAIA; BEZERRA, 2014). Que segundo (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2004; BEZERRA et al., 2008) o relevo nesta área dispõe-se na forma de um vasto anfiteatro de erosão de ~450 km de diâmetro voltado para o Oceano atlântico e marcado por uma depressão central, formado a partir do recuo da maior escarpa formada durante o desmembramento da Pangea (**Figura 4**).

Figura 4 - Área de estudo e principais estruturas geológicas em seu entorno.



Fonte - Elaborado pelo autor



Estes compartimentos, impressos no relevo na forma de maciços residuais alinhados segundo diferentes zonas de cisalhamento, lineamentos estruturais de direção predominante NE-SW e E-W (CASTRO et al., 2012; VAUCHEZ et al., 1995) orientando a drenagem, a dissecação e as bacias mesozóicas (afetadas por soerguimento), compõem o complexo sistema geodinâmico Nordeste.

### 3.2.2 Geologia

As condições geológicas da bacia do Rio Seridó são bastante distintas na sua litologia, com ocorrência de rochas metamórficas relacionadas ao pré-cambriano superior, que tem influência direta sobre as formas de relevo como a depressão sertaneja e tipos de solo na região (RABELO; ARAÚJO, 2019).

A BHRS está inserida no contexto geológico e tectônico da porção setentrional da Província Borborema, Domínio Rio Grande do Norte (DRGN), onde Peulvast e Claudino Sales (2007) apontaram a presença de um vasto anfiteatro de erosão voltado para o oceano Atlântico, que se estende dos limites da Bacia do Parnaíba, a oeste, ao Cráton do São Francisco, ao sul, comportando um complexo de formas estruturais soerguidas e amplamente trabalhadas por processos erosivos.

O DRGN foi definido como um segmento litosférico formado pela colagem e amalgamento de fragmentos crustais, envolvendo núcleos arqueanos, blocos gnássico-migmatíticos de idade paleoproterozoica e sequências supracrustais paleo a neoproterozoicas, durante a Orogênese Brasileira (BRITO-NEVES; SANTOS; VAN SCHMUS, 2000; VAN SCHMUS et al., 1998). Ou seja, “o Domínio Rio Grande do Norte, como um todo, compreende um megafragmento da trama da colagem da parte média do Paleoproterozoico (por vezes chamada de “Transamazônica”), ou fração do Supercontinente Atlântica, que inclui alguns núcleos do arqueano” (BRITO-NEVES, 2001).

De acordo com Brito Neves, Santos e Van Schmus. (2000), todo o DRGN foi afetado por intrusões graníticas de idade brasileira (~750 a 540 Ma), geralmente, associadas a extensas zonas de cisalhamento transcorrentes de direção predominantemente NE-SW e E-W, reativadas de forma rúptil no início do Cretáceo, durante a ruptura do Gondwana, originando trends de falhamentos também de direção NE-SW e E-W (CASTRO et al., 2012).



As zonas de cisalhamento são os sítios mais favoráveis para a coexistência em grande escala de líquidos de composições contrastantes (SILVA; SOUZA, 2012). Magmas ocupam locais de extensão em zonas de cisalhamento e são expelidos em zonas de compressão, no mecanismo conhecido como bombeamento transcorrente dilatante (BROWN, 1994).

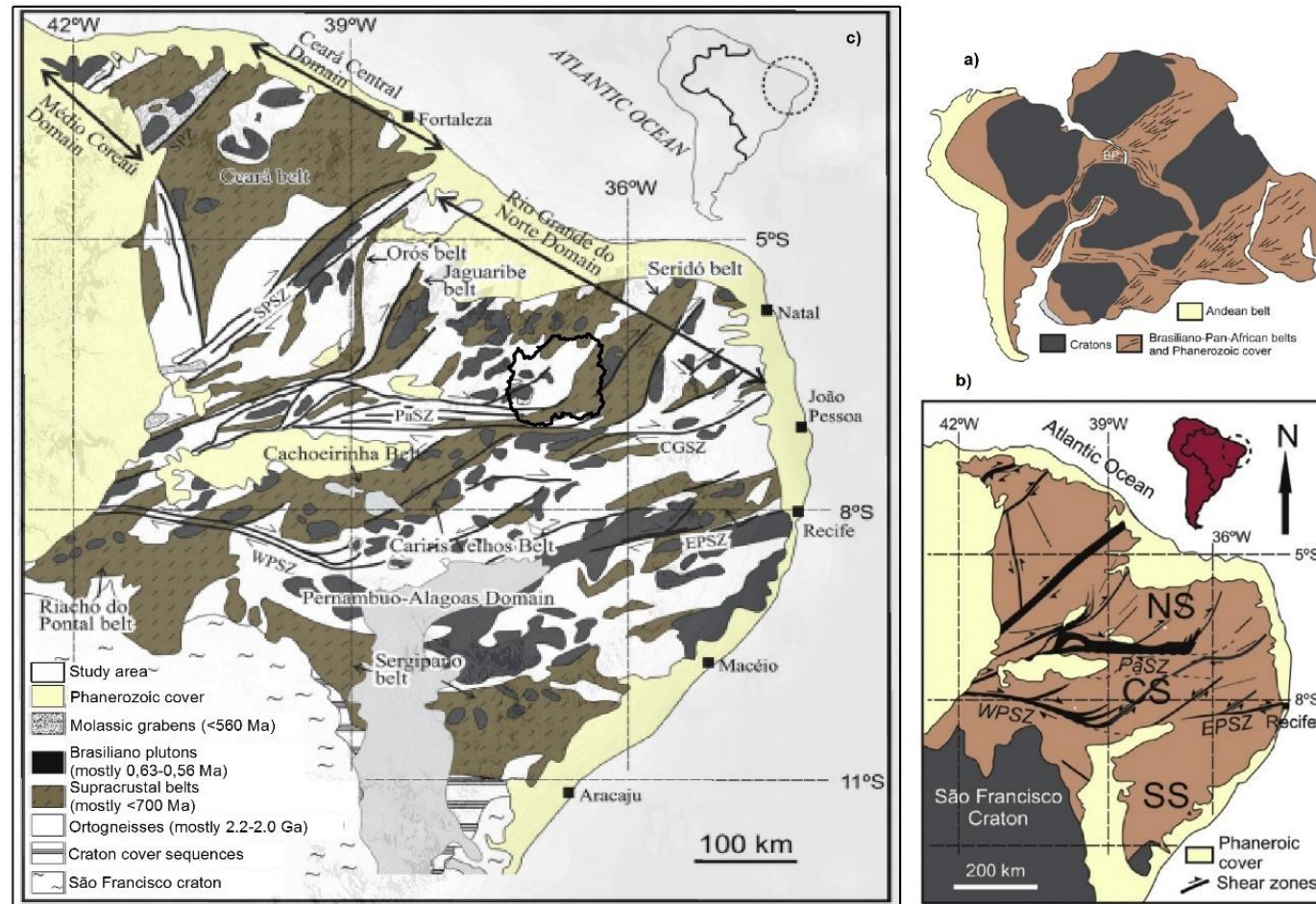
Dentre as litologias que compõem a área da BHRS, destacam-se o embasamento cristalino, caracterizado por rochas de idades pré-cambrianas a cambrianas, como principais características litoestratigráficas as do complexo Caicó e Grupo Seridó, bem como de diversas suítes intrusivas, granitoides indiscriminado e diques de pigmatitos (ARCHANJO et al., 2013; BEURLEN, 1995; CABY; ARTHAUD; ARCHANJO, 1995; NASCIMENTO; SIAL; PIMENTEL, 2004, 2007; NEVES, 2003; SA et al., 1995; SOUZA et al., 2007). É importante destacar que, a localização na porção central da província estrutural da Borborema diz respeito ao sistema de dobramentos Seridó, no qual zonas de cisalhamento, fraturas e dobras constituem os principais indícios dos esforços tectônicos desencadeados para a formação crustal que representa o planalto da Borborema (PIRES, 2006).

Além do embasamento cristalino, unidades geológicas de menor expressão, constituídas de rochas sedimentares, vulcânicas e sedimentos, com idades variando do Cretáceo ao quaternário (~130 milhões anos AP) destacando-se o capeamento sedimentar da Serra de Santana, referente a formação Serra dos Martins (ANGELIM, et al., 2006).

Ou seja, essa estruturação se inicia a partir da orogênese Brasileira no Neoproterozoico (NEVES, 2015) e na Tectônica Cretácea que culminou com a separação do Megacontinente Pangea (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2004) (**Figura 5**). Sendo então considerado, como o mais importante evento geológico que atingiu a Plataforma Sul-Americana (SHOBBENHAUS et al., 1984), tendo sido responsável pela formação de uma cadeia de montanhas em parcela do território brasileiro (CABY et al., 1995).



**Figura 5** - Reconstrução Pré-Deriva da América do Sul e África. a) Reconstrução Pré-Deriva da América do Sul e África mostrando o cinturão andino, os crátons Arqueano / Proterozóico e as províncias Brasilianas / Pan-Africanas da Gondwana ocidental. b) Esboço mostrando a divisão da Província Borborema nas sub províncias Norte (NS), Central (CS) e Sul (SS). Zona de cisalhamento (Z.C): PaZC, Patos; EPSZ, leste de Pernambuco; WPSZ, Oeste de Pernambuco. c) Mapa esquemático apresentando a localização da BHRS (Área de estudo da pesquisa).



Fonte - Adaptado de (NEVES, 2015).

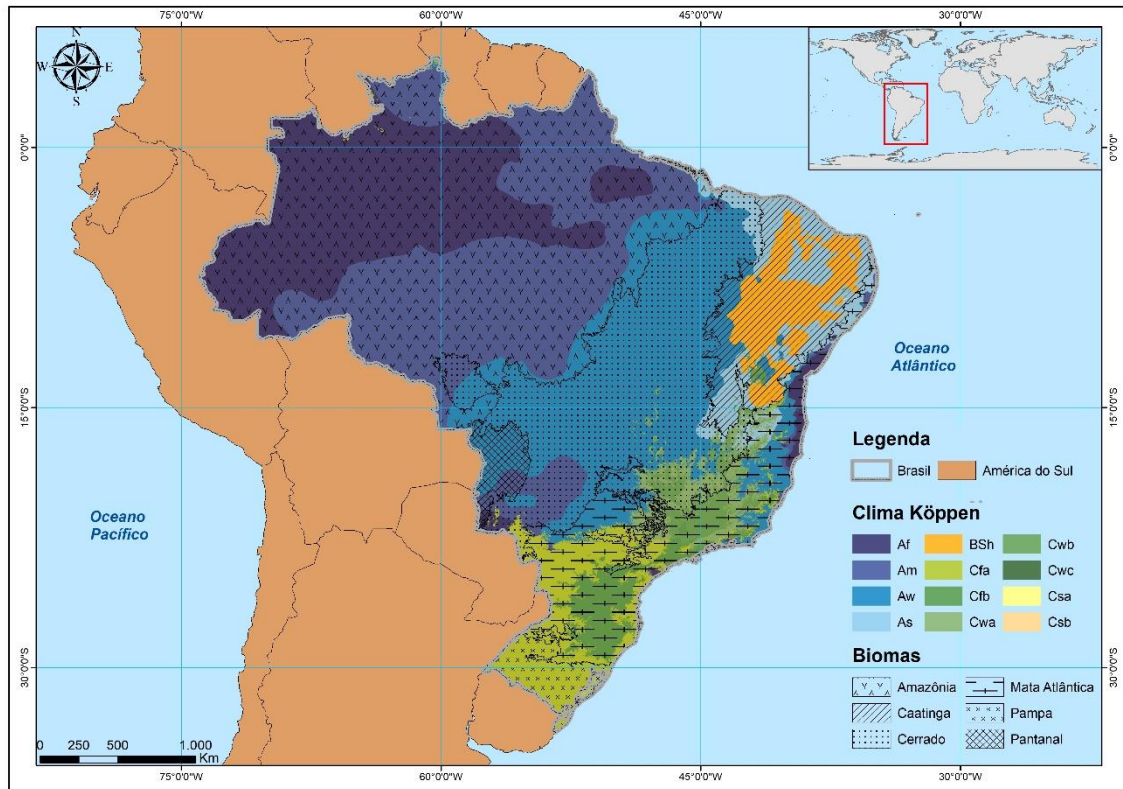


### 3.2.3 Aspectos climáticos

A área de estudo de maneira geral, está inserida na região semiárida do Nordeste brasileiro, o clima semiárido são notavelmente típico da região, sua temperatura média anual é de 26,5° C e precipitação média de aproximadamente 650 mm, que se estende de Fevereiro a Maio (ALVARES et al., 2013).

Esse período de chuvas é variável dependendo das condições da dinâmica atmosférica, como fluxos das massas de ar durante o ano, do relevo e da exposição aos ventos, etc. Onde períodos de cheias e estiagem, aparentemente, são causados por mudanças regionais na posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (CHIANG, 2004).

Em outras palavras, essa variação espaço-temporal da precipitação está diretamente condicionada à atuação de sistemas sinóticos globais que modulam os sistemas de mesoescala, responsáveis pelas chuvas. E esse conjunto de diferentes sistemas de circulação atmosférica e as características do relevo, tornam a climatologia da região, especialmente no tocante à precipitação, uma das mais complexas do mundo (NIMER, 1989). Pois, embora localizado bem dentro da faixa intertropical, a região semiárida no Nordeste do Brasil recebe consideravelmente menos precipitação do que a região vizinha, a Amazônica (DRUMOND et al., 2010) (**Figura 6**).

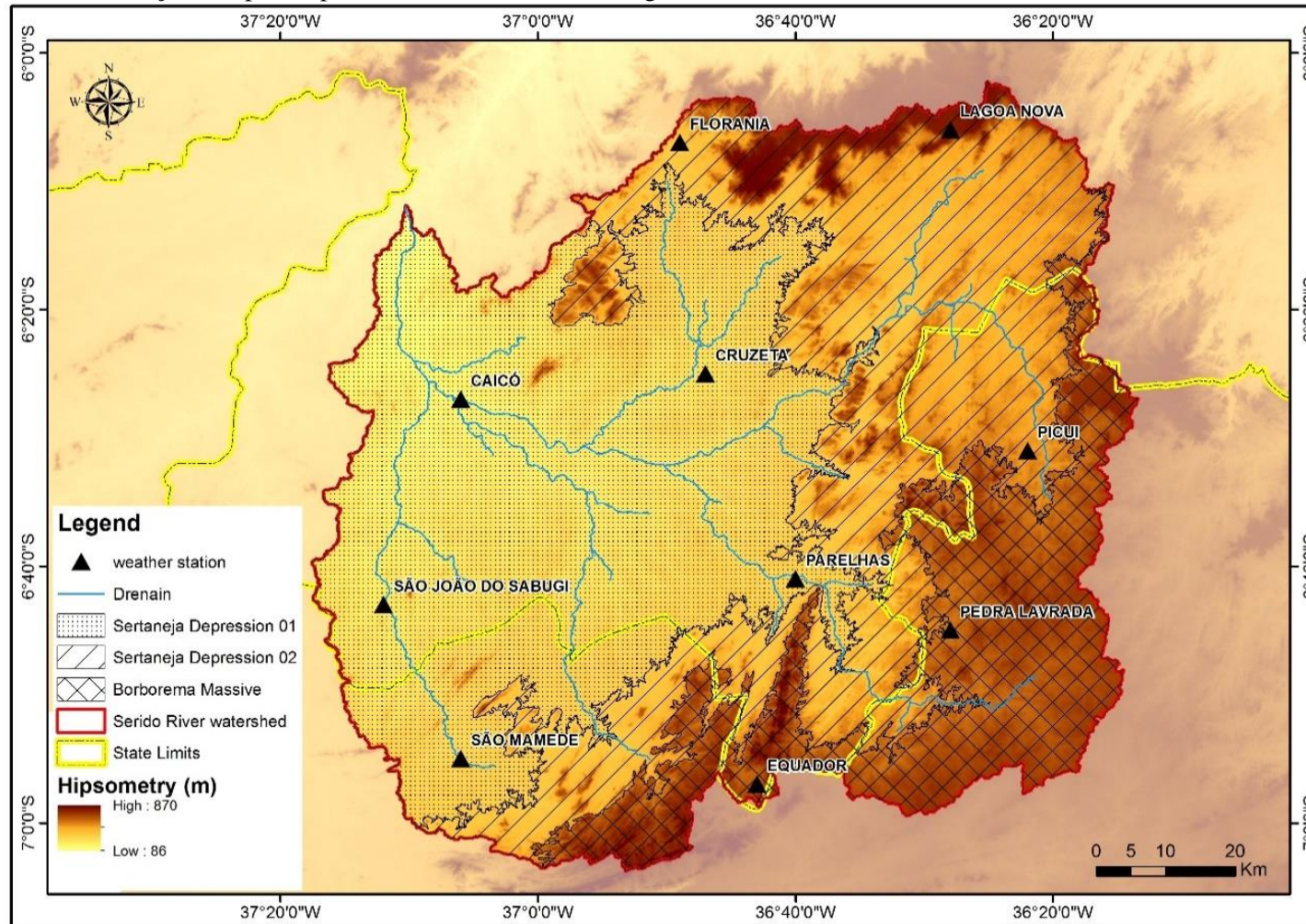
**Figura 6** - Mapa com a classificação climática de Köppen do Brasil.

**Fonte** - Elaborado pelo autor

No contexto local, a bacia hidrográfica abordada nesse trabalho apresenta um período seco, que se estende de sete a oito meses, e uma curta estação chuvosa, que se estende de Fevereiro a Abril na porção Ocidental da área de estudo (a Depressão Sertaneja).

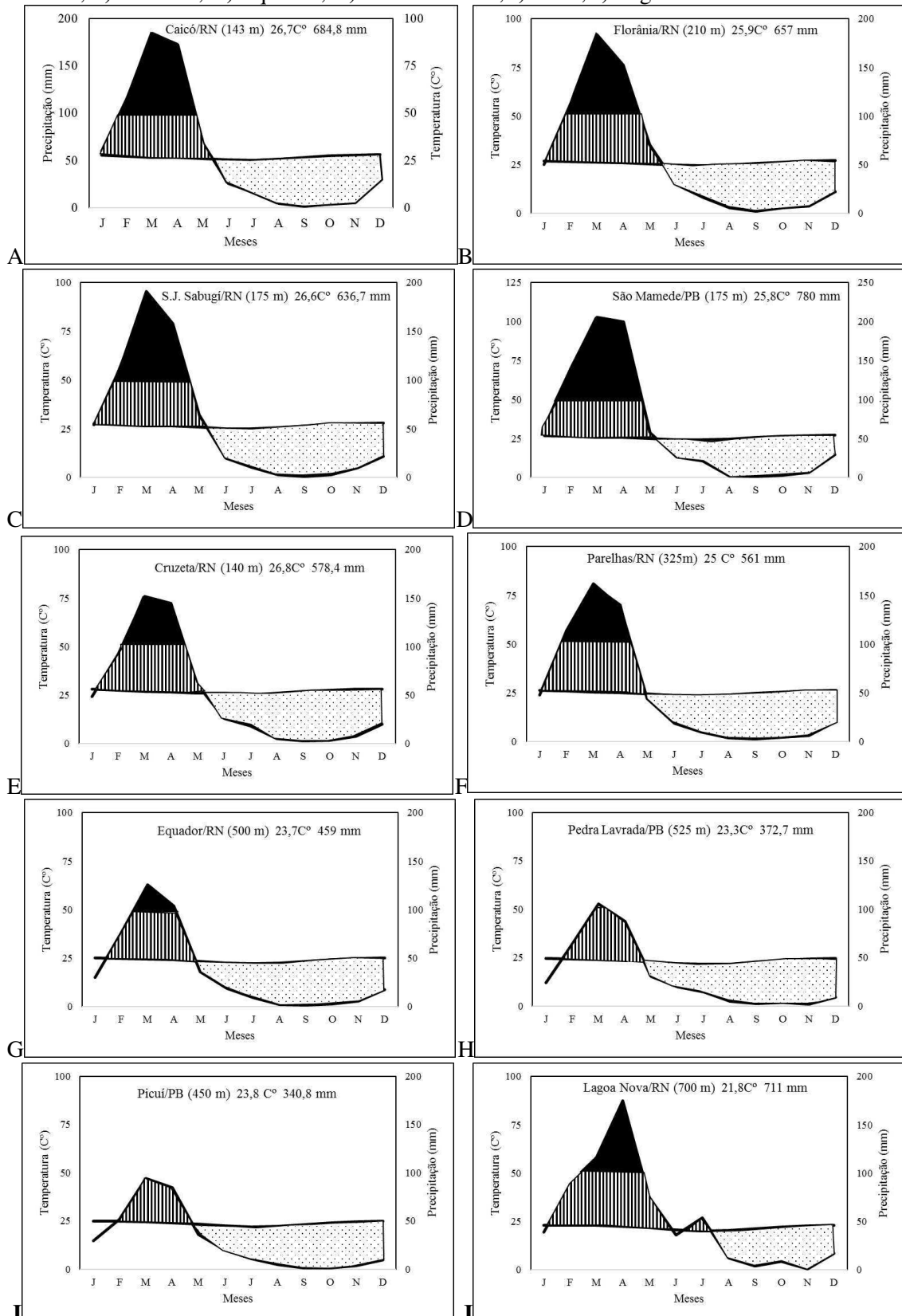
Assim, observa-se em municípios como Cruzeta e Parelhas no Rio Grande do Norte, que por se localizarem próximos a região de sotavento, as média pluviométricas são menores, característica associada ao barramento dos ventos úmidos promovido pelas terras mais elevadas que compoem o Maciço da Borborema, e municípios como Equador no Rio Grande do Norte e Pedra Lavrada e Picuí no Estado da Paraíba apresentam um periodo de estiagem de aproximadamente 9 a 10 meses, diferentemente do município de Lagoa Nova, que apresenta um período de estiagem média de 5 a 6 meses, característica que provavelmente pode estar associada por sua localização, região a barlavento da Serra de Santana, (**Figuras 7 e 8**).

Figura 7 - Mapa com a distribuição dos postos pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.



Fonte - Elaborado pelo autor

**Figura 8** - Diagrama Climático de Walter para a sede de municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. A) Caicó; B) Florânia; C) São João do Sabugí; D) São Mamede; E) Cruzeta; F) Parelhas; G) Equador; H) Pedra Lavrada; I) Picuí; J) Lagoa Nova.



**Fonte** - Elaborado pelo autor a partir de dados de temperatura média mensal e precipitação acumulada mensal 1911-1990, disponíveis em < <http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/dadosrn.htm> >.



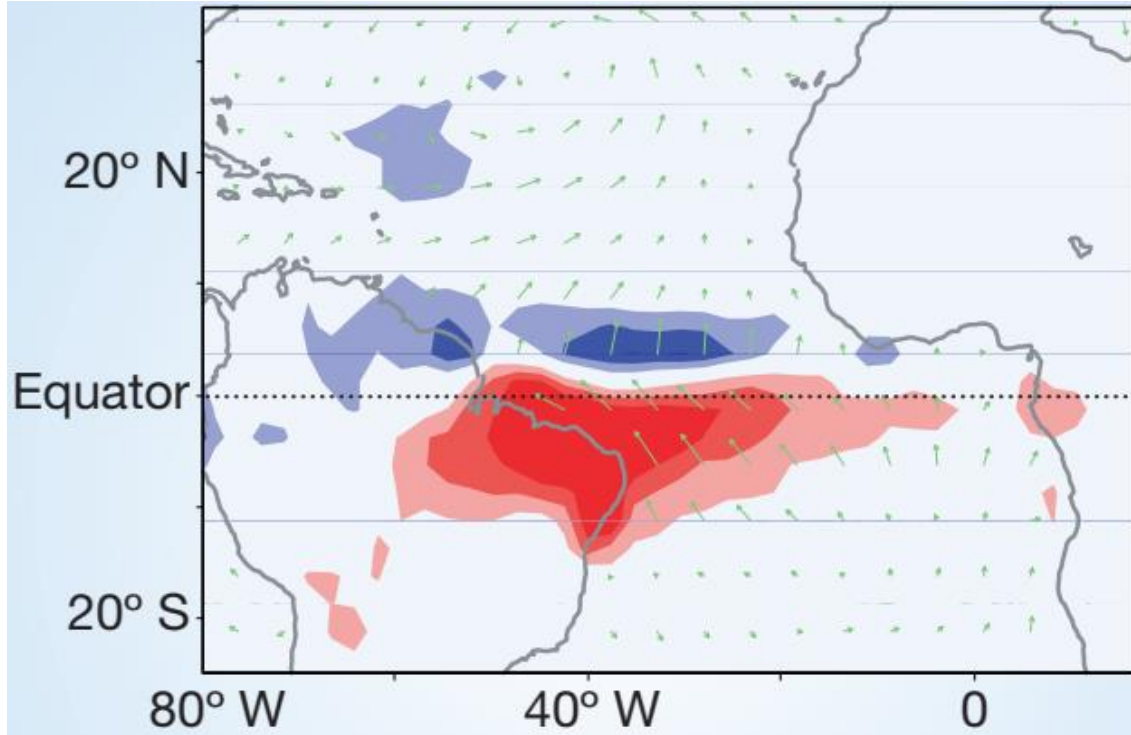
Conforme observado, as maiores concentrações de chuvas estão presentes nos meses de fevereiro, março e abril, coincidindo com a presença da ZCIT na região, que começa a se deslocar para o Hemisfério Norte no mês de maio, o que também coincide com o declínio das precipitações nesse período. No restante do ano, os níveis pluviométricos são baixos e irregulares.

Em suma, a área de estudo apresenta um regime pluviométrico marcado por irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço (PINHEIRO et al., 2016). Onde o padrão do clima na região Nordeste mantém estreita relação com o deslocamento Zona de Convergência inter-Tropical (ZCiT), do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e das ondas de leste (FERREIRA; MELLO, 2005).

Vale frisar, que a análise das condições climáticas de uma região é de suma importância, pois o clima se reflete nos processos e formas geomorfológicas, no regime dos rios e portanto, influencia na disponibilidade dos recursos hídricos (ZANELLA, 2007). Desse modo, a característica do embasamento cristalino e da semiaridez causam características de drenagens típicas dessa região, rios intermitentes e de drenagens exorréica dentritica (RABELO; ARAÚJO, 2019).

Sendo assim, fica claro então a existência de duas estações bem definidas, uma caracterizada como seca e outra estação moderadamente chuvosa, cuja a continuidade, entretetanto, como vimos, está sujeita a fortes discontinuidades ao longo dos anos. Podendo ocorrer anos muito secos e eventuais períodos de grande chuvas, com inundações catastróficas. Onde as causas destas condições não são acidentais e nem local, mas partem de uma sequência orquestrada de processos em larga escala atmosférica e oceânica em todo o Atlântico tropical (CHIANG, 2004) (**Figura 9**).

**Figura 9** - Determinantes da seca em alguns períodos no Nordeste do Brasil. Um anômalo gradiente norte-sul na superfície do oceano, onde temperaturas próximas ao Equador (não mostrado), com condições mais quentes no Norte, massas de circulação atmosférica de baixo nível, mostrada por flechas fortalece os ventos alísios no sul do Atlântico e os enfraquece no Norte. O resultado impede a migração para o sul do Atlântico a Zona de Convergência Intertropical, que aumenta chuvas no atlântico tropical do Norte (azul) e reduz no Atlântico tropical do sul e Nordeste do Brasil (vermelho). O conjunto oposto de condições, persistindo por vários séculos, o que possivelmente caracteriza os episódios de cheias identificado por (WANG et al., 2004a).



Fonte - Chiang (2004)

De todo modo, observa-se que os processos atmosféricos possuem forte influência na área de estudo, além de sua complexidade frente aos demais elementos do ambiente, uma vez que se encontram em constante e contínua transferência de matéria e energia.

Assim, com a ocorrência de secas extremas e de cheias em alguns anos, torna-se o principal fator que afeta a vida social e econômica da população local (HASTENRATH; HELLER, 1977). Entretanto, há de se considerar também que essa variação sazonal, espacial e de intensidade da precipitação, condicionam as características de intemperização das rochas e o transporte de sedimentos. Uma vez que estão relacionadas à atuação isolada e/ou combinada de sistemas sinóticos em diferentes níveis de escala: global, regional e local.

### 3.2.4 Características pedológicas

Os solos por sua vez, tratam-se do resultado entre processos climáticos, geológicos e geomorfológicos sendo uma importante categoria do sistema físico natural de qualquer área de estudo. Assim, informações do solo de boa qualidade e alta resolução espacial são essenciais apoio adequado às práticas de gestão do uso da terra e pesquisa de ecossistemas. Em outras palavras, os levantamentos pedológicos contribuem para o acervo de conhecimentos especializados na área de Ciência do Solo, bem como fornecem dados de aproveitamento imediato, sobretudo no que se relaciona à previsão de comportamento de uso dos solos em relação às práticas de manejo e conservação (IBGE, 2015). Com isso, os tipos de solo variam em sua fertilidade e podem influenciar a distribuição características da vegetação.

A bacia hidrográfica do Rio Seridó, diante desse contexto, encontra-se inserida em uma área que apresenta solos rasos e pedregosos. Provavelmente decorrentes do clima semiárido da região e pela atuação praticamente do intemperismo físico no local.

Sendo assim, a área de estudo apresenta solos do tipo Luvisolos Crômicos e Neossolos Litólicos em quase 90% (**Tabela 2**) do seu território, além de manchas menores de Argissolos Vermelho, Latossolos Amarelo, Neossolos Regolítico e Planossolos Nátrico, todos, caracterizados a seguir conforme definições de trabalhos de (JACOMINE, 1971; BRASIL, 1981), juntamente com o manual técnico de Pedologia do IBGE (2015) e o Sistema de Classificação Brasileira de Tipos de Solos (SANTOS, 2017) (**Figura 10**).

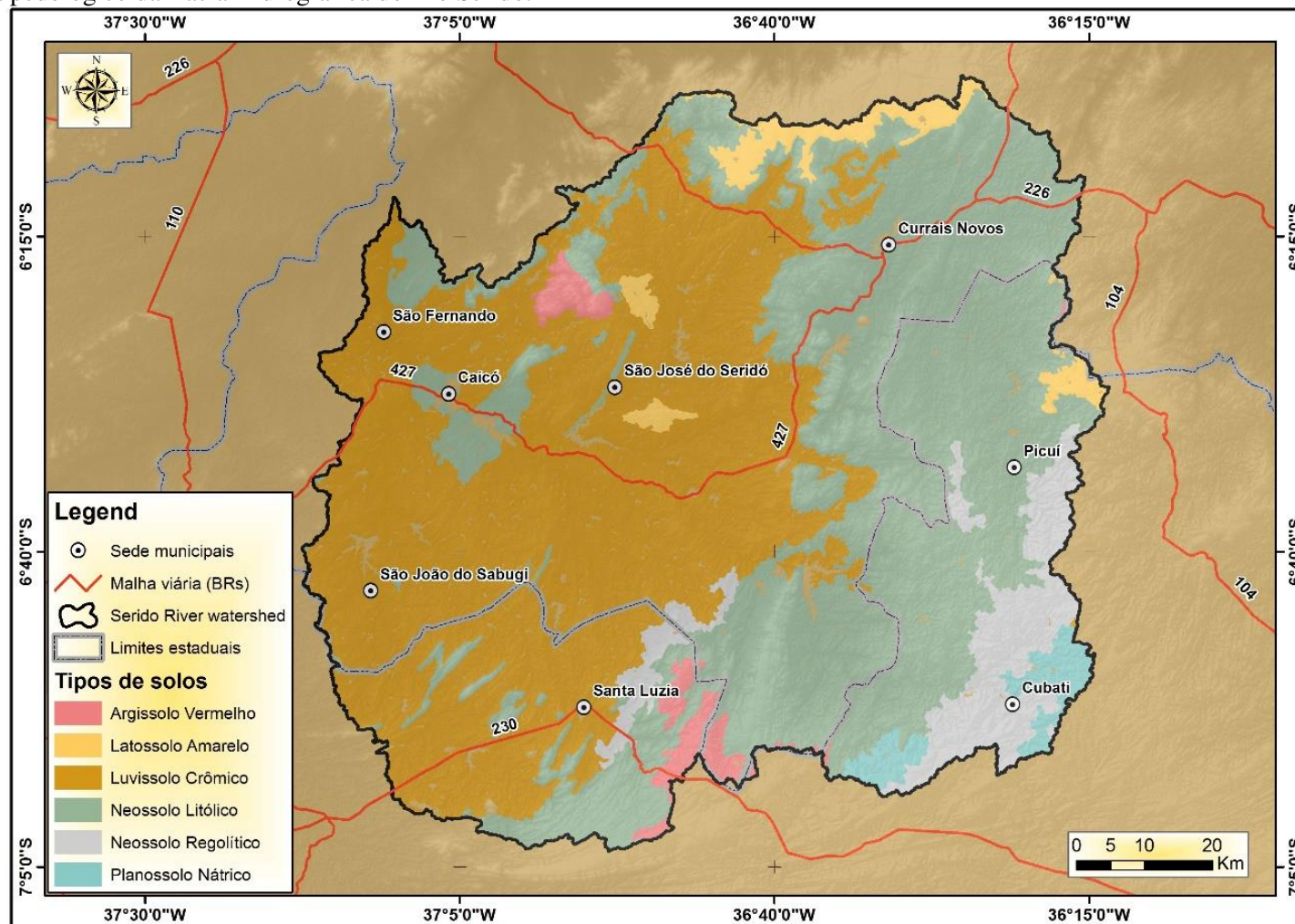
**Tabela 2** - Quantificação dos tipos de solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.

TIPO DE SOLO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Argissolo Vermelho	205,5	2,2
Luvisolo Crômico	4399,0	46,5
Neossolo Litólico	4102,1	43,4
Neossolo Regolítico	592,8	6,3
Planossolo Nátrico	161,0	1,7
Total	9460,4	100,0

**Fonte** - Elaborado pelo autor.



Figura 10 - Mapa pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.



Fonte - Elaborado pelos autores a partir de arquivo vetorial em formato shapefile da SUDENE.



Argissolo Vermelho – Os solos desta classe têm como característica marcante um aumento de argila do *horizonte superficial A* para o *subsuperficial*, geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características.

Latossolo Amarelo – Em geral são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem. Caracterizam-se por grande homogeneidade de características ao longo do perfil, mineralogia da fração argila predominantemente caulínica ou caulínica-oxídica, que se reflete em valores de *relação Ki*<sup>1</sup> (índice de intemperismo do solo) baixos, inferiores a 2,2, e praticamente ausência de minerais primários de fácil intemperização.

Esses solos profundos, de coloração amarelada, são muito homogêneos apresentam uma boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria

Luvissolo Crômico – São solos de profundidade mediana, com cores desde vermelhas a acinzentadas, *horizonte B textural* ou *nítico* abaixo do *horizonte A fraco*, *moderado* ou *horizonte E*, argila de atividade alta e alta saturação por bases.

A mineralogia das argilas condiciona certo fendilhamento em alguns perfis nos períodos secos. São moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixos ou nulos e valores da *relação Ki* elevados (de 2,4 a 4,0), denotando presença expressiva de argilominerais do tipo 2:1. Esse tipo de solo encontra-se especializado praticamente por toda a depressão sertaneja.

Neossolo Litólico – Solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de *horizonte B* diagnóstico e satisfazendo os seguintes requisitos:

- Ausência de *horizonte glei*, exceto no caso de solos com textura de areia ou areia franca, dentro de 50cm da superfície do solo, ou entre 50cm e 120cm de profundidade, se os horizontes subjacentes apresentarem mosqueados de redução em quantidade abundante;
- Ausência de *horizonte vértico* imediatamente abaixo de *horizonte A*;
- Ausência de horizonte plúntico dentro de 40cm, ou dentro de 200cm da superfície se imediatamente abaixo de *horizontes A, E* ou precedidos de horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados em quantidade abundante.

---

<sup>1</sup> O *índice ki* mede o grau de decomposição da fração argila presente no solo. Indicando a relação molar  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$  da fração argila do solo. Por exemplo, na sequência de intemperismo os valores de *ki* são mais altos para a montmorilonita (argila do tipo 2:1), mais baixos para a caulinita (argila do tipo 1:1), e



Neossolo Regolítico – A ação do intemperismo (principalmente físico) sobre a rochas ou sedimentos da região, deve-se a necessidade de equilíbrio em resposta das condições ambientes impostas pelo clima.

Pela ação do intemperismo, progressivamente forma-se sobre a rocha mãe o manto de intemperismo, também chamado de regolito. Este compreende materiais não consolidados, bem como pode conter materiais secundários cimentados, deposições colúviais ou aluviais, evaporitos ou ainda deposições eólicas. Em outras palavras, são solos com pequena expressão de atuação dos processos pedogenéticos, insuficiente para provocar modificações expressivas do material originário, em razão da sua resistência ao intemperismo, característica inerente ao próprio material de origem, além do clima, o que, isoladamente ou em conjunto, impede ou limita a evolução desses solos.

Planossolo Nátrico – Esses solos ocorrem preferencialmente em relevo plano ou suave ondulado, são imperfeitamente mal drenados, com *horizonte B plânico*, geralmente formado pela acentuada concentração de argila que resulta em permeabilidade lenta a muito lenta.

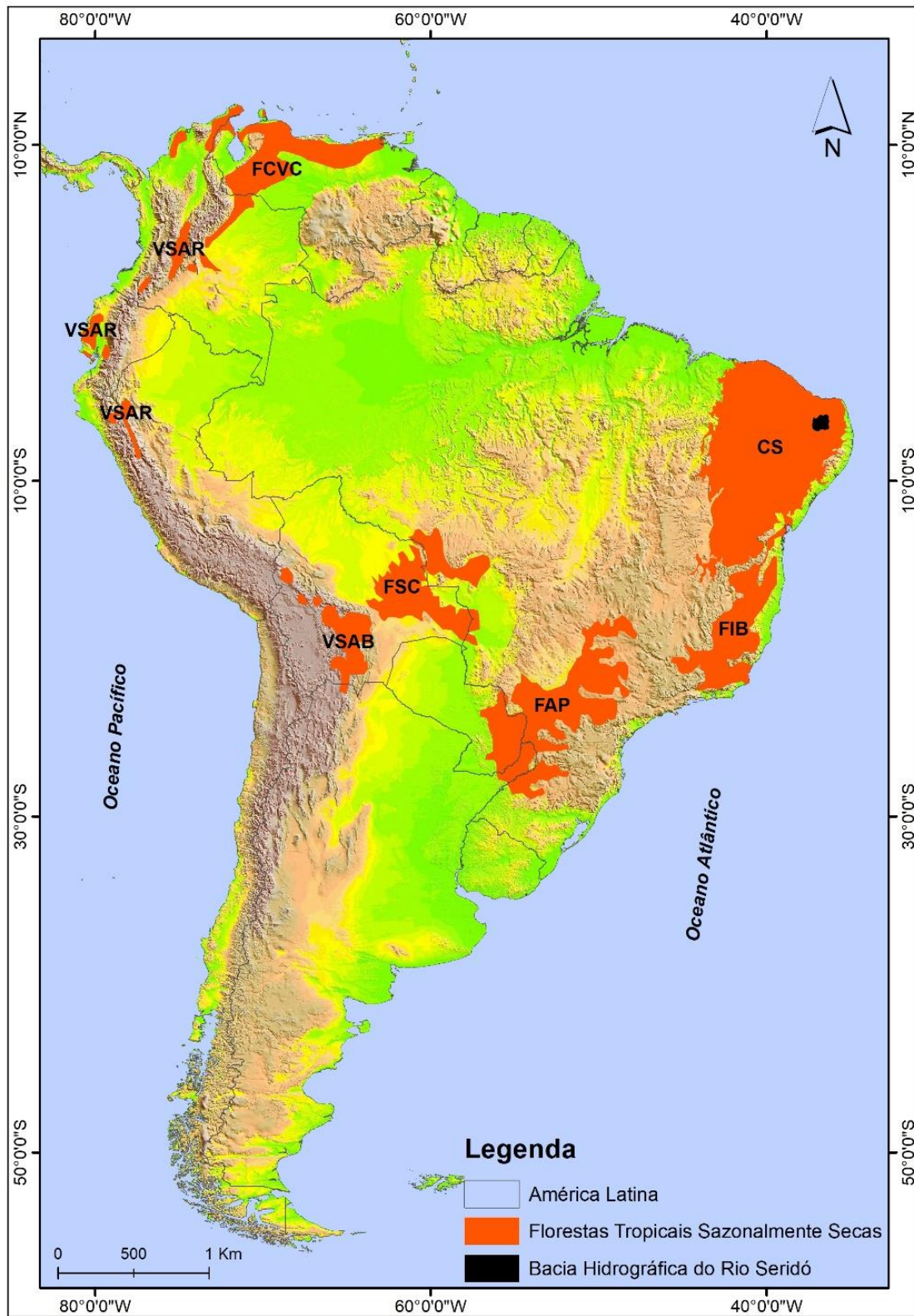
Mesmo tendo condições de fertilidade natural de razoáveis a boas, apresentam limitações consideráveis ao uso agrícola, principalmente em função das altas concentrações de sódio trocável, más condições físicas, suscetibilidade a erosão. Esses solos estão localizados nas imediações do município de Cubatí no Estado da Paraíba.

### 3.2.5 Vegetação

Formações Tropicais Sazonalmente Secas estão entre os biomas mais ameaçados do planeta e, segundo (MORO et al., 2016) são áreas que recebem menos atenção científica no estudo de sua distribuição em comparação com as Florestas Úmidas.

Essas formações tropicais por sua vez, disjuntas variam em fisionomia e localização geográfica, e apresentam algumas restrições ecológicas semelhantes (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018; MORO et al., 2016) (**Figura 11**).

**Figura 11** - Distribuição da vegetação sazonalmente seca na América do Sul. **CS** – Caatinga Semiárida; **FIB** – Floresta do interior da Bahia; **FAP** – Floresta Alto Paraná; **FSC** – Floresta seca de Chiquitano; **VSAB** - Vale seco andino boliviano; **VSAN** - Vale seco andino do norte; **FCVC**- Floresta costeira seca venezuelana e colombiana.



Fonte - Adaptado de (MORO et al., 2016).



Elas compartilham espécies e gêneros disjuntos comuns e sofrem uma longa escassez de chuvas todos os anos (MOGNI; OAKLEY; PRADO, 2015; OLIVEIRA et al., 2013; PRADO, 2000; PRADO; GIBBS, 1993; SARMIENTO, 1972; TOBY PENNINGTON; PRADO; PENDRY, 2000). Essas formações vegetais são distribuídas por muitas regiões diferentes do continente Sulamericano e variam em sua estrutura apresentando diversas fisionomias.

No que diz respeito a área de pesquisa, a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó encontra-se inserida no semiárido nordestino brasileiro, onde a maior parte de seu território é ocupado pelo bioma Caatinga, por vezes, caracterizado muitas vezes, como uma Savana Estépica sendo o único ecossistema exclusivamente brasileiro, no qual é composto por um mosaico de florestas secas e vegetação arbustiva, com enclaves de Florestas Úmidas Montanas e de Cerrados (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018; LEAL; TABARELLI; CARDOSO-SILVA, 2003). Sua vegetação na estação seca, perdem a folhagem em sua maioria, e apenas os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos permanecem na paisagem seca, muitos dos quais apresentam espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018; LEAL; TABARELLI; CARDOSO-SILVA, 2003; PRADO, 2000).

Essa característica decorre dos atributos típicos das regiões semiáridas, geralmente de origem climática e hídrica, como: baixos níveis de umidade, escassez e irregularidade de chuvas anuais limitadas a um curto período do ano (AB'SABER, 1974; REIS, 1976).

São essas variações ambientais responsáveis pela diversificação na composição e na fisionomia da vegetação, retratada principalmente na densidade e na estratificação horizontal e vertical das comunidades de plantas (RODAL, 1992), que dependendo do regime de chuvas e do tipo de solo, variam de Savanas a Florestas Altas e secas com até 15-20 m de altura (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018; LEAL; TABARELLI; CARDOSO-SILVA, 2003; RIZZINI, 1997).

As florestas tropicais são provavelmente o tipo de vegetação mais comumente associado ao sul América na mente das pessoas (MORO et al., 2016). Devido a esse foco nas florestas tropicais, outros biomas como formações semiáridas eram frequentemente negligenciadas, tanto do ponto de vista da conservação estratégias e a partir da pesquisa científica (PRADO, 2000; SANTOS et al., 2011).

Apesar de estar bastante alterada, a Caatinga é um bioma de grande biodiversidade, com relevância biológica e de beleza peculiar considerável, com destaque para a



multiplicidade de comunidades vegetais, formadas por uma gama de combinações entre tipos edáficos e variações microclimáticas, além de uma proporção expressiva de táxons raros e endêmicos (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018). Entretanto, de acordo com o IBGE (2012), para se dissertar sobre a vegetação da Caatinga, é necessário estudar a vasta bibliografia do botânico Dárdano de Andrade-Lima, complementada por Luetzelburg (1922-1923), Ducke (1953) e Rizzini (1963), para então se concluir sobre a origem e a dispersão da flora nordestina atual.

O IBGE (2012) classifica a vegetação da Caatinga como Savana-Estépica, subdividida em: Savana-Estépica Florestada (estruturado fundamentalmente em dois estratos: um, superior, com predominância de nanofanerófitas periodicamente decíduas e mais ou menos adensadas por grossos troncos em geral), Savana-Estépica Arborizada (estruturado em dois nítidos estratos: um arbustivo-arbóreo superior, esparso, geralmente de características idênticas ao da Savana-Estépica Florestada, e outro, inferior gramíneo-lenhoso, também de relevante importância fitofisionômica), Savana-Estépica Parque (apresenta características fisionômicas muito típicas, com arbustos e pequenas árvores, em geral de mesma espécie, e distribuição bastante espaçada) e Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa (apresenta características florísticas e fisionômicas bem típicas, ou seja, um extenso tapete de gramíneas e de plantas lenhosas anãs espinhosas).

E apesar da existência das classificações apresentadas, a elaboração de metodologias capazes de contemplar as inúmeras tipologias da vegetação da Caatinga, de forma satisfatória, apresenta elevada dificuldade. Isso ocorre em virtude da complexidade da vegetação em questão e também devido ao conhecimento ainda pequeno que se tem em relação a esse Bioma. Uma vez que, dos grandes tipos de vegetação do Brasil, a Caatinga sem dúvida, é o mais heterogêneo, englobando um grande número de formações e associações vegetais fisionômica e floristicamente distintas. Essa diversidade das formações herbáceas tropicais, reflexo de uma diversidade de fatores climáticos, edáficos e antrópicos, onde seu estudo é útil para se compreender a evolução de uma vegetação e a relação desta com as condições bioclimáticas locais.



**CAPÍTULO 4 - ASPECTOS MORFOESTRUTURAIS E  
COMPARTIMENTAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO SERIDÓ**

*“A classificação do relevo se baseia na ideia de que as formas da superfície terrestre são resultantes da interação entre as forças endógenas e exógenas”*

**- Walther PENCK (1924) -.**



A história da drenagem da América do Sul, a partir da abertura e da sua separação da África a aproximadamente 100 milhões de anos, demonstram um convincente e dominante controle tectônico singular (POTTER, 1997). Com isso, grandes rios tropicais em diferentes partes do mundo têm atraído atenção especial e uma variedade de estudos como cenários climáticos que variam temperatura, áreas tropicais glaciais e úmidas para regiões semiáridas e áridas foram investigados, incluindo também a geomorfologia (LATRUBESSE; STEVAUX; SINHA, 2005).

Nesse contexto, as bacias hidrográficas são comumente estudadas no seu quesito gestão, em que podemos usar como exemplo os comitês de bacias hidrográficas, e assim usam os seus limites geográficos a nível de planejamento tanto do gerenciamento da água, como o controle, qualidade e conservação, além de o uso e ocupação do solo dentro desta delimitação territorial. Já que entre os diversos marcadores morfoestruturais da paisagem, a drenagem configura-se como um dos indicadores mais importantes de movimentação tectônica. Que normalmente exerce forte influência sobre os padrões hidrográficos, controlando orientações e arranjos de riachos (GIOIA; SCHIATTARELLA, 2010).

Tratando a respeito das implicações dos fatores geológico-estruturais e de seus reflexos geomorfológicos, Tricart (1974) atenta para dois aspectos fundamentais: a tectônica que envolve, simultaneamente, as deformações recentes e as disposições tectônicas adquiridas em tempo remoto; e as litologias, que devem ser examinadas em função de suas propriedades geomorfológicas face às manifestações da dinâmica externa. Pois segundo Ross (1990) a geomorfologia é fundamental para as geociências, pois estão relacionados à caracterização do ambiente, além de descrever e diagnosticar as formas de relevo, a partir da identificação e compreensão dos processos morfogenéticos.

Com isso, a necessidade em representar a dinâmica da paisagem, com suas múltiplas formas, trouxe à cartografia geomorfológica questionamentos sobre a rigidez metodológica contida em seus manuais clássicos de orientação conceitual. Sendo assim métodos de classificação atuais possibilitam a subdivisão das formas em elementos do relevo, que são um conjunto de parcelas de um tipo de relevo relativamente homogênea em relação a curvaturas de perfil e de plano, inclinação, orientação e posicionamento na paisagem (MACMILLAN; SHARY, 2009).

As morfoestruturas por sua vez, consistem nas feições geomorfológicas correlacionadas exclusivamente às estruturas geológicas formadas durante processos de soerguimento e dobramentos, formando dobras anticlinais e sinclinais, originando respectivamente estruturas mais elevadas (montanhas, morros, chapadas, etc.) e vales





(PRESS et al., 2006). Ou seja, unidades de relevo geradas por uma combinação de atividades tectônicas e clima, obedecendo a um arranjo hierárquico abrangendo desde megaestruturas como, por exemplo, uma cadeia meso-oceânica, até microestruturas como um vale controlado por falha (GERASIMOV; MESCERJAKOV, 1968).

Assim, Saadi (1991) conceitua morfoestrutural como o compartimento morfológico cujas principais características demonstram a existência de um nítido controle exercido pelo arcabouço litoestrutural. Onde o controle é passivo, exercido por complexos litológicos envolvidos e delimitados por uma certa arquitetura tectônica. E sua forma final é resultante da elaboração do agente erosivo.

Nesse sentido, o comportamento de uma estrutura em relação à erosão depende das propriedades físicas e químicas das rochas, sob a ação de diferentes condições climáticas, logo, os fatores litológicos e estruturais comandam a erosão diferencial (PENTEADO, 1983). Para Correa et al. (2010), a erosão está subordinada ao relevo criado primordialmente pela estrutura.

Saadi (1991) ainda ressalta que, o termo morfoestrutural deve estar relacionado a compartimentos morfológicos cujas principais características demonstrariam a existência de um nítido controle exercido pelo arcabouço litológico e/ou estrutural. Pois a análise morfoestrutural está baseada no princípio de que o relevo e a drenagem tendem a desenvolver padrões específicos, em função de fatores litológicos e estruturais (SOARES et al., 1982). O desenvolvimento desses padrões de relevo e drenagem pressupõe reflexo de estruturas geológicas profundas e tais reflexos são passíveis de identificação através de produtos de sensoriamento remoto (ANDRADES-FILHO, 2010).

O relevo do Nordeste do Brasil por sua vez, é controlado por zonas de cisalhamento dúcteis e suas reativações, destacando-se dois aspectos principais: o controle exercido pela erosão diferencial, sendo as zonas de cisalhamento, geralmente, marcada por corpos graníticos, que são mais resistentes à erosão, de forma a originar sobressaltos topográficos; e a reativação frágil das zonas de cisalhamento, gerando abatimentos e soerguimentos, segundo os planos de deformação brasileira, condicionando a geração de um relevo marcado por *trends* de lineamentos estruturais (MAIA; BEZERRA, 2014).

Desse modo, Gurgel et al. (2013) assinalam que a ação construtora da tectônica está presente em todas as escalas de análise do relevo, visto que nenhuma porção da litosfera é dotada de absoluta estabilidade crustal. Ou seja, aparentemente, a nova tectônica global não permite mais conceber a existência de porções da litosfera dotada de



absoluta estabilidade crustal (BRITO-NEVES et al., 2014). Vale lembrar que, a classificação do relevo se baseia na ideia de que as formas da superfície terrestre são resultantes da interação entre as forças endógenas e exógenas (PENCK, 1924).

Em vista disto, a partir dos recentes avanços do sensoriamento remoto, novas dimensões de mapeamento dessas características geomorfológicas tem sido abordadas (BISHOP et al., 2012; WALSH; BUTLER; MALANSON, 1998) bem como no mapeamento geológico. Onde novos dados e métodos permitem aos cientistas da Terra ir além do mapeamento tradicional, para um mapeamento envolvendo a avaliação e modelagem da superfície da terra, obtendo uma melhor compreensão da escala, padrões, e processos de recursos e sistemas (JAMES; WALSH; BISHOP, 2012). Nos quais classificar e dividir áreas em geomorfologia é a base para um correto planejamento do território (MELELLI et al., 2017).

Sendo o relevo uma síntese resultante da interação entre o arcabouço litoestrutural, eventos tectônicos e ações climáticas, o conhecimento satisfatório é imprescindível para os estudos integrados, sejam no âmbito acadêmico ou técnico. Nessa perspectiva, buscando analisar os aspectos morfoestruturais da Bacia hidrográfica do Rio Seridó, esse capítulo se propõe a analisar os aspectos morfoestruturais do relevo e realizar uma compartimentação da bacia hidrográfica do rio Seridó.

#### 4.1 ORIGEM DO ARCABOUÇO MORFOESTRUTURAL

A partir de trabalhos geológicos realizados no Nordeste brasileiro (e.g. CABY; ARTHAUD; ARCHANJO, 1995; SILVA; HÖLL; BEURLEN, 1995; VAUCHEZ et al., 1995) NASCIMENTO; SIAL; PIMENTEL, 2007; HOLLANDA et al., 2010; CASTRO et al., 2012; ARCHANJO et al., 2013; GURGEL et al., 2013; MAIA; BEZERRA, 2014; NEVES, 2015; NOGUEIRA et al., 2015) a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó insere-se em uma área caracterizada pela presença de dois grandes grupos de unidades geológicas, o embasamento cristalino e as unidades geológicas de menor expressão.

O embasamento cristalino é caracterizado por rochas de idades pré-cambrianas a cambrianas (~2,25 bilhões de anos até 510 milhões de anos), como principais características litoestratigráficas as do complexo Caicó e Grupo Seridó, bem como de diversas suítes intrusivas, granitoides indiscriminado e diques de pigmatitos ( BEURLEN, 1995; CABY; ARTHAUD; ARCHANJO, 1995; SA et al., 1995; NEVES, 2003;

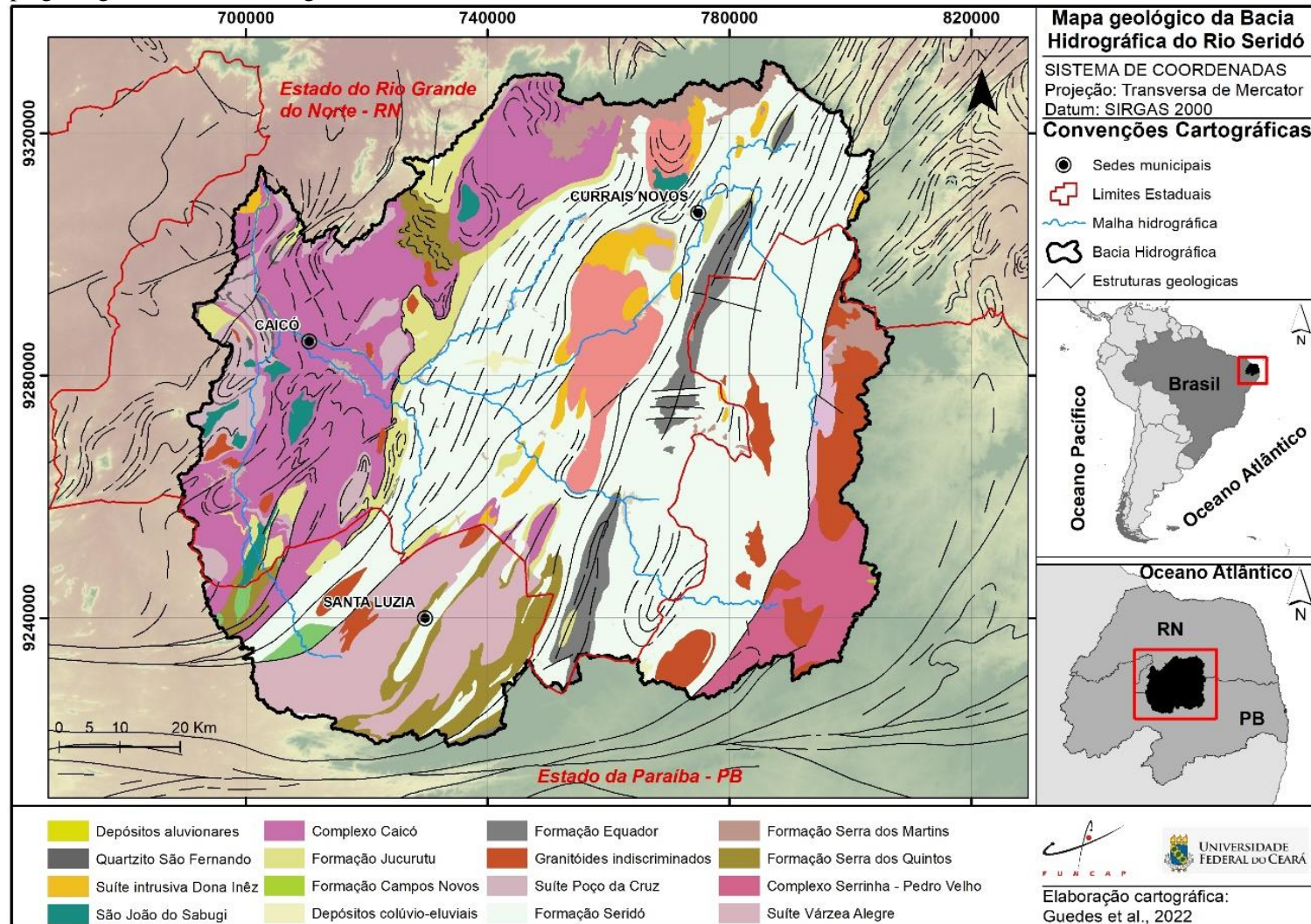


NASCIMENTO; SIAL; PIMENTEL, 2004, 2007; SOUZA et al., 2007 ARCHANJO et al., 2013).

Já o grupo das unidades geológicas de menor expressão são constituídas de rochas sedimentares, vulcânicas e sedimentos, com idades variando do Cretáceo ao quaternário (~130 milhões anos A.P) destacando-se o capeamento sedimentar da Serra de Santana, referente a formação Serra dos Martins (ANGELIM et al., 2006) (**Figuras 12, 13 e 14**).

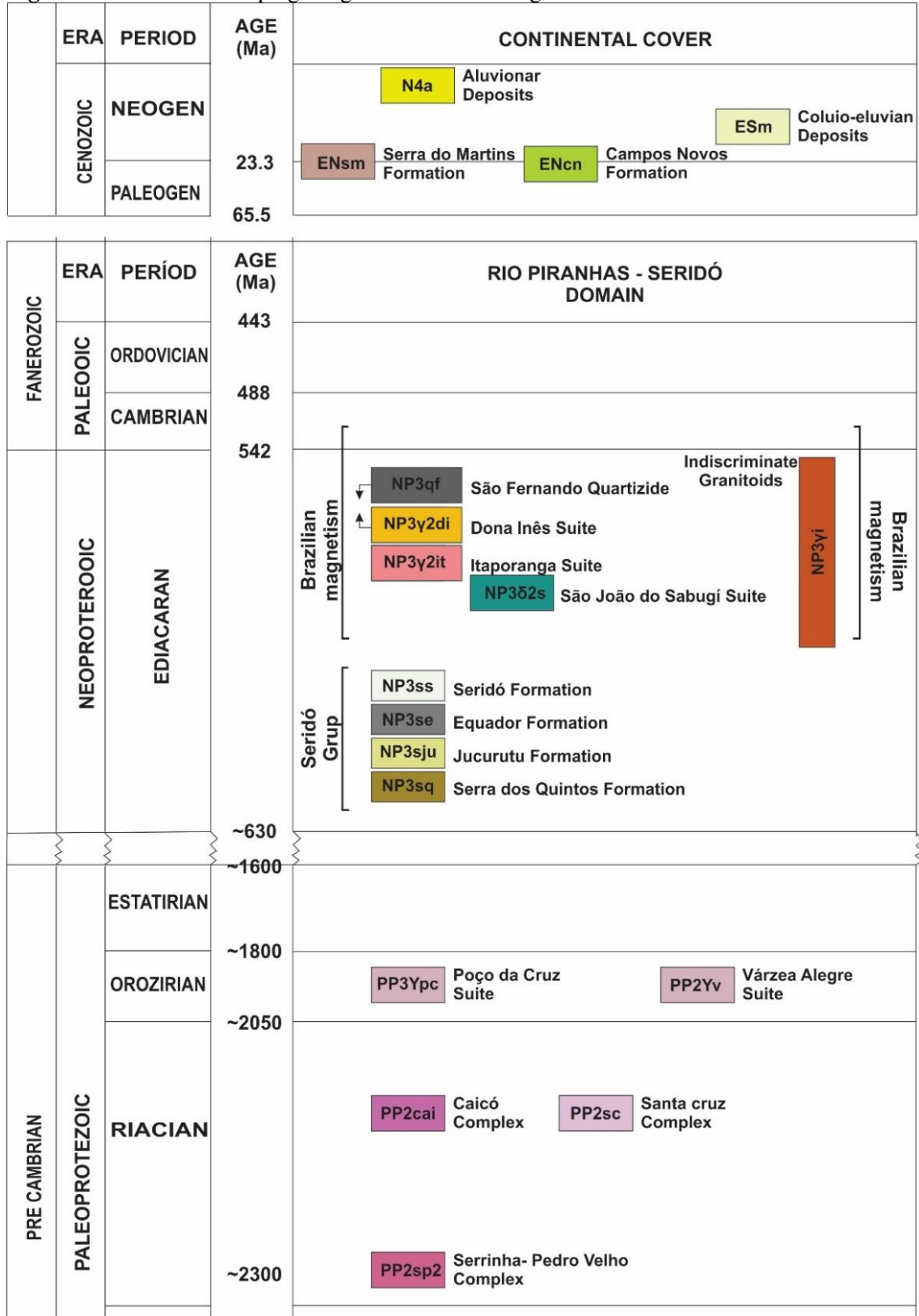
É importante destacar que, a estrutura geológica é um fator de controle determinante na evolução das formas de relevo e pode se refletir nelas (THORNBURY, 1966), tornando-se um arcabouço que se sobrepõe hierarquicamente aos sistemas morfogenéticos.

Figura 12 - Mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.



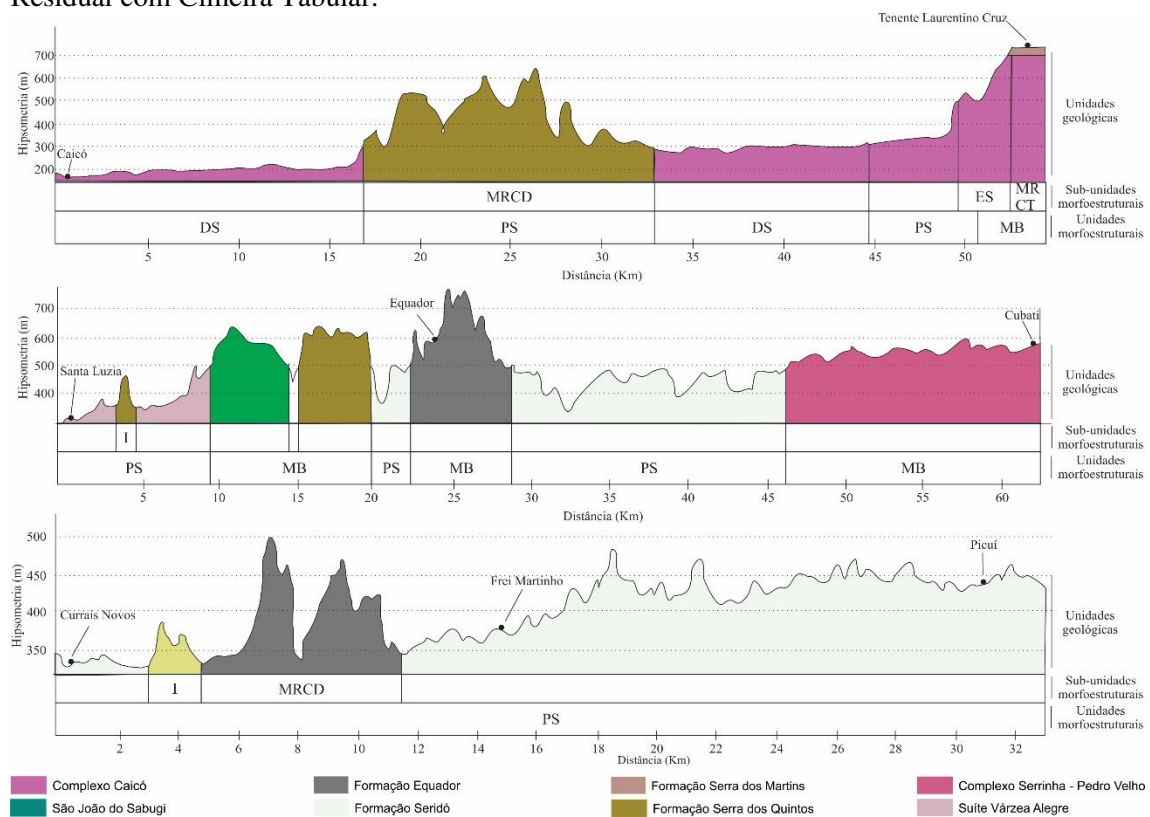
Fonte - Elaborado pelo autor.

**Figura 13** - Escala do tempo geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.



Fonte - Elaborado pelo autor

**Figura 14** - Perfil Geológico geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. **DS** – Depressão Sertaneja; **PS** – Planalto Sertanejo; **MB** – Maciço da Borborema; **I** – Inselbergs; **MRC** – Maciço Residual com Cimeira Dissecada; **ES** – Escarpa Serrana; **MRCT** – Maciço Residual com Cimeira Tabular.



**Fonte** - Elaborado pelo autor

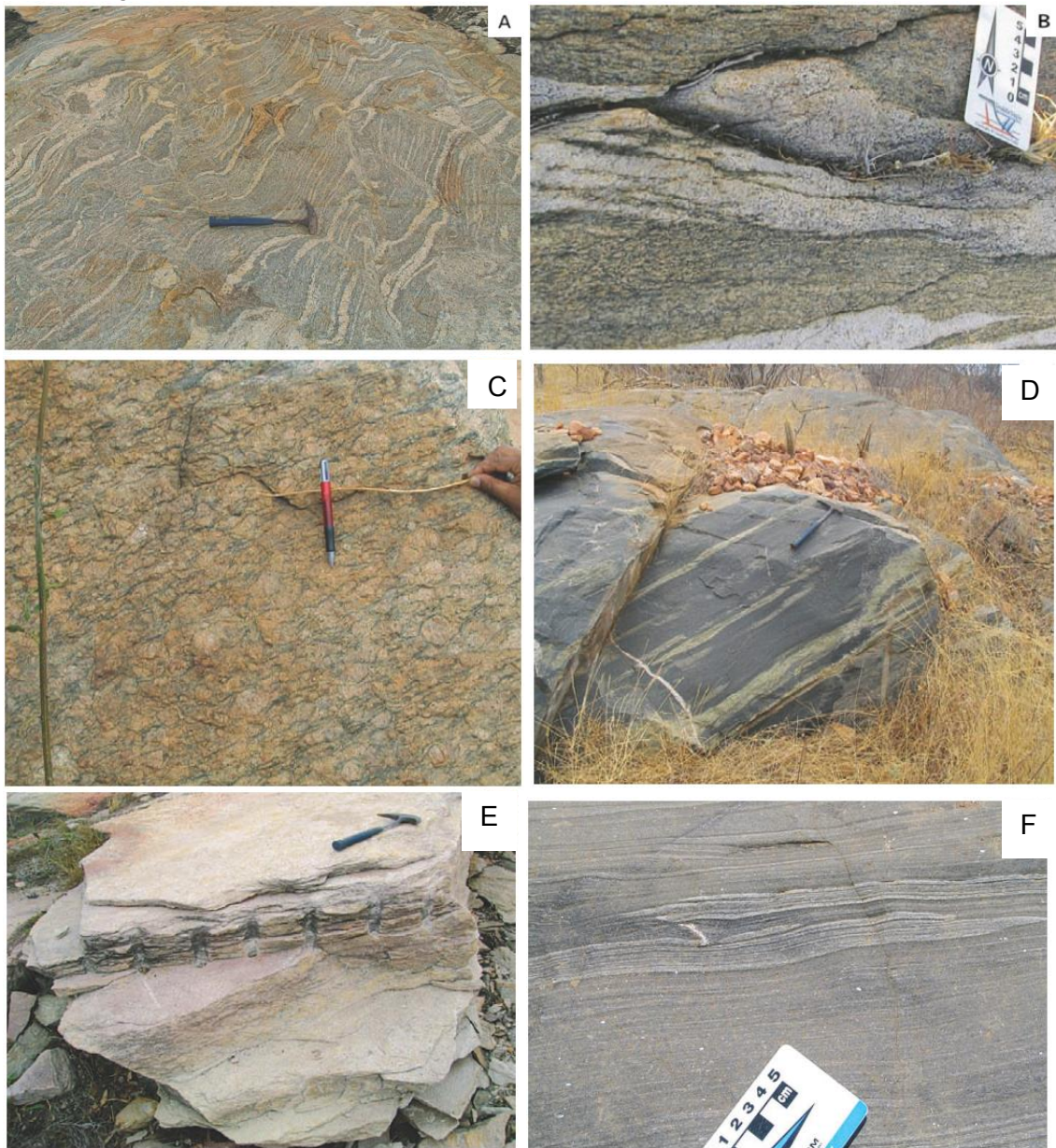
Em uma análise macrorregional, e com base no mapeamento Geológico/geomorfológico elaborado através do projeto RADAMBRASIL (1981), Folhas SB 24/25 Jaguaribe/Natal, na escala de 1:1.000.000, juntamente com o Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte (ANGELIM et al., 2006).

Dessa maneira, a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó está inserida dentro do Domínio Rio Piranhas-Seridó, constituída essencialmente por rochas paleoproterozoicas/riacianas do Complexo Caicó (HOLLANDA et al., 2010) unidade inferior (mais antiga) de natureza metavulcanossedimentar, sendo formada por gnaisses diversos além de, quartzitos, formações ferríferas (**Figura 15.A**), e outra unidade metaplutônica (mais jovem), representada por ortognaisses e migmatitos (**Figura 15.B**), intrudidas pela Suíte Poço da Cruz (ANGELIM et al., 2006) (**Figura 15.C**).

Estes são cobertos por rochas do Grupo Seridó (Neoproterozoico/Ediacarano), rochas metamórficas ediacaranas das formações Jucurutu (**Figura 15.D**), Equador e Seridó (**Figuras 15.E e 15.F**) onde estão inseridas as principais minerações do estado

para scheelita, feldspato, quartzo, micaxistos, além de gemas e pedras ornamentais associadas a pegmatitos intrusivos na região (HOLLANDA et al., 2010; SA et al., 1995).

**Figura 15** - Exemplos de rochas do complexo Caicó. (A) paragnaisse na região de São Vicente; (B) ortognaisse na região de Tenente Ananias (C) Augengnaisse com biotita e anfibólio da suíte Poço da Cruz (D) rocha da formação Jucurutu: paragnaisse com intercalações de rochas calcissilicáticas da região de Jucurutu (E) Muscovita-quartzito da região de Equador; (F) biotita-xisto da região de Cruzeta.



**Fonte** - Angelin et al. (2010)

É importante destacar que a BHRS está inserida no contexto geológico e tectônico da Província Estrutural Borborema, que constitui um cinturão orogênico proveniente da convergência dos crátons Amazônico, São Francisco/Congo e São Luís/Oeste Africano, com terrenos dobrados, deformados e amalgamados no ciclo orogênico neoproterozoico



denominado Brasileiro/Panafricano, que formou o supercontinente Gondwana (FETTER et al., 2003).

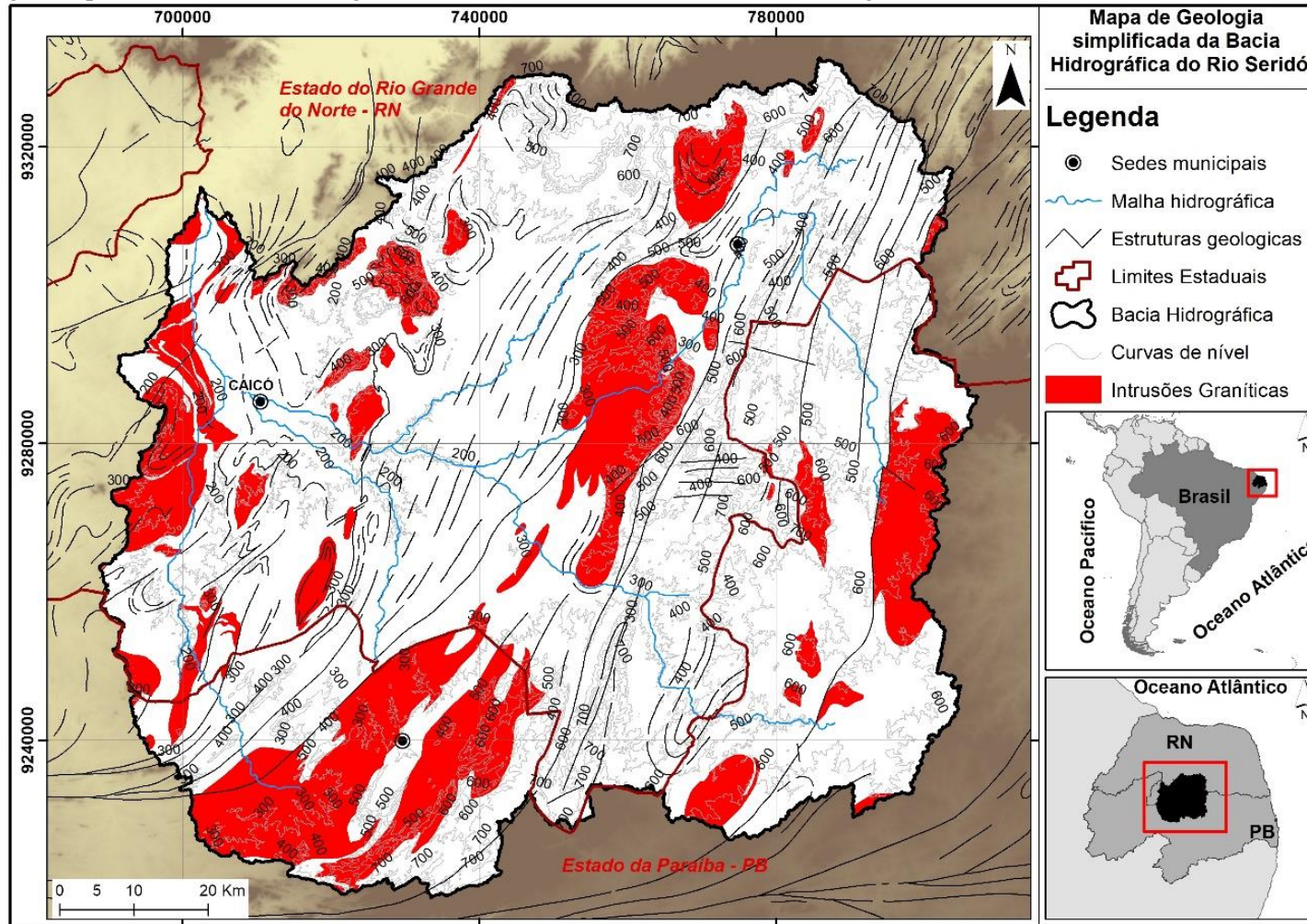
Com isso, a Província Borborema foi dividida em domínios estruturais, segmentos crustais (BRITO NEVES; SANTOS; VAN SCHMUS, 2000), cujos limites são estabelecidos por estruturas tectônicas, zonas de cisalhamento, preferencialmente transcorrentes (BEZERRA et al., 2011). A área de estudo está localizada no Domínio Rio Grande do Norte (DRGN), que aglutina os Terrenos Rio Piranhas, Seridó, São José do Campestre e parte do Granjeiro (ANGELIM et al., 2003).

O DRGN foi definido como um segmento litosférico formado pela colagem e amalgamento de fragmentos crustais, envolvendo núcleos arqueanos, blocos gnássico-migmatíticos de idade paleoproterozoica e sequências supracrustais paleo a neoproterozoicas, durante a Orogênese Brasileira (BRITO-NEVES; SANTOS; VAN SCHMUS, 2000).

De acordo com Brito-Neves, Santos e Van Schmus (200), todo o DRGN foi afetado por intrusões graníticas de idade brasileira (~750 a 540 Ma), geralmente, associadas a extensas zonas de cisalhamento transcorrentes de direção, predominante, NE-SW e E-W, reativadas de forma rúptil, no início do Cretáceo, durante a ruptura do Gondwana, originando trends de falhamentos, também de direção NE-SW e E-W (CASTRO et al., 2020) (**Figura 16**).



Figura 16 - Geologia simplificada da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó com ênfase nas intrusões graníticas.



Fonte - Elaborado pelo autor



Ainda sobre o mosaico litológico disposto sobre a BHRS, esse justifica ainda a presença de diversas jazidas e consequentemente a extração de vários minerais, que possuem elevada importância econômica para a região. Destaque para os pegmatitos da formação Equador (especialmente micas, berilos e quartzo), extração de scheelita no município de Currais Novos/RN, extração de micaxistos, quartzos, feldspatos e gemas no município de Parelhas/RN, e extração de Caulim nos municípios de Equador/RN e Junco do Seridó/PB (PEREIRA-NETO, 2013).

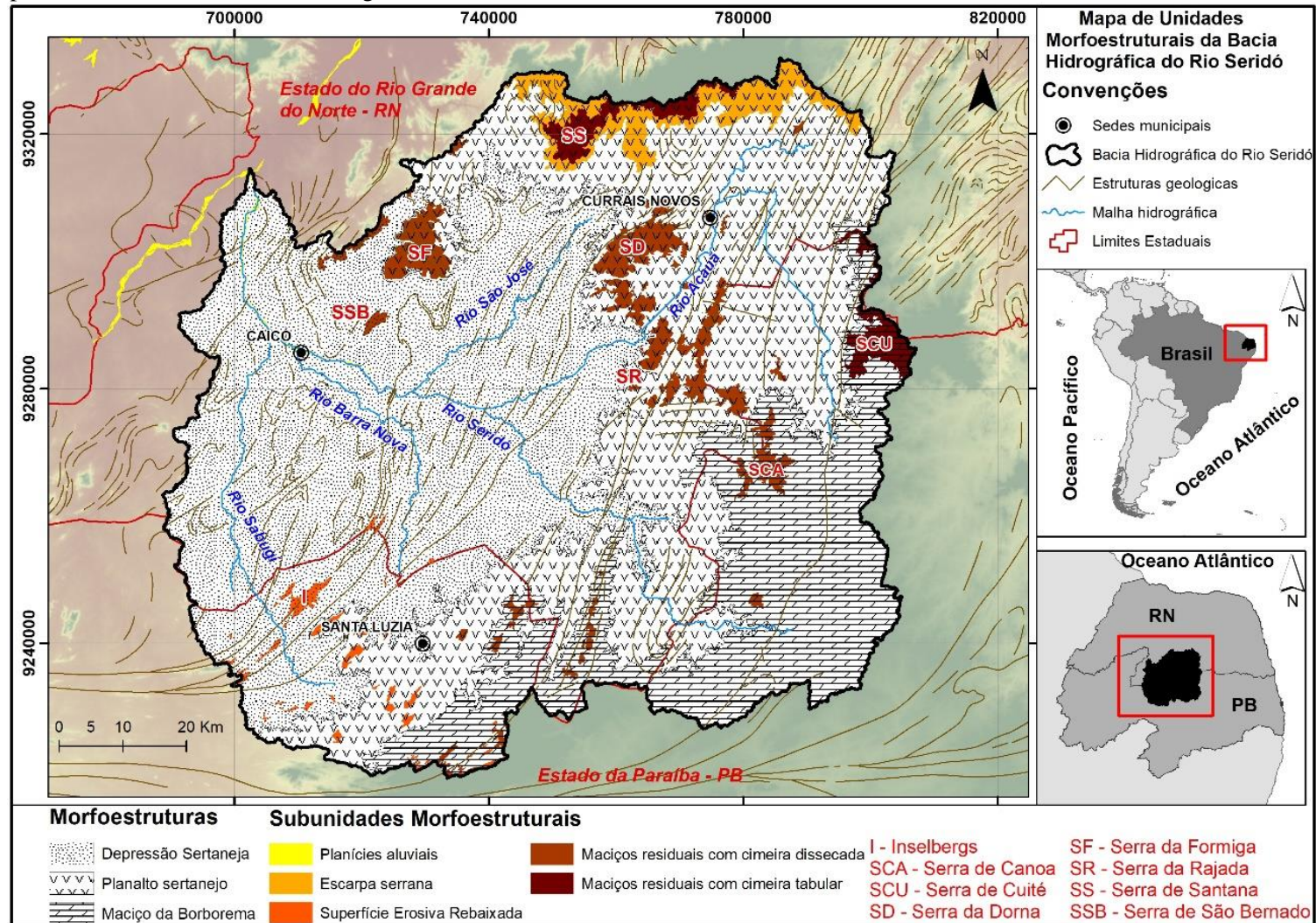
#### 4.2 COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL

As diferentes feições geomorfológicas encontradas na bacia hidrográfica tiveram como principal dinâmica a erosão diferencial, evidenciadas através de maciços residuais em plena depressão sertaneja e em vales dissecados no planalto da Borborema (RABELO; ARAÚJO, 2019). Geomorfologicamente, corresponde a um conjunto de terras altas contínuas desenvolvidas em litotipos variados, com destaque para os maciços residuais graníticos e as superfícies erosivas rebaixadas, todas com padrões de dissecação orientadas segundo as direções principais dos planos de deformação dúcteis e rúpteis.

Os compartimentos morfoestruturais correspondem às áreas contíguas, cujas principais características demonstram a existência de um nítido controle exercido pelo arcabouço litológico e/ou estrutural (SAADI, 1991; SOARES et al., 1982). Portanto, a compartimentação morfoestrutural, proposta, está baseada no princípio de que o relevo tende a desenvolver padrões específicos, em função de fatores litológicos e estruturais, sendo que os critérios para estabelecer as unidades morfoestruturais foram: similaridade litológica, morfológica, topografia predominante e, densidade ou ausência de lineamentos estruturais.

A bacia encontra-se inserida dentro do Domínio Rio Grande do Norte, que por sua vez, é individualizado em três domínios morfoestruturais, evidenciados por características estruturais e topográficas distintas, sendo eles: DS - Depressão sertaneja (porção centro oeste da Bacia, onde fica localizado a maioria dos reservatórios), o PS – Planalto sertanejo (onde fica localizado os principais afluentes do Rio Seridó, como os Rios Acauã, Barra Nova e Sabugí) e o MB - Maciço da Borborema (abrangendo a parte sudeste da área onde localizam-se as cimeiras), bem como, algumas subunidades morfoestruturais (**Figura 17; Quadro 7**).

Figura 17 - Mapa morfoestrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.



Fonte - Elaborado pelo autor

**Quadro 7** - Compartimentação morfoestrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.

UNIDADES MORFOESTRUTURAIS	SUB-UNIDADES MORFOESTRUTURAIS	UNIDADES DE RELEVO
Depressão sertaneja	Planícies Aluviais	Planície de inundação sazonal do Rio Seridó
	Superfície Erosiva Rebaixada	Cristas Residuais; Inselbergs
Planalto sertanejo	Maciços Residuais com Cimeira Dissecada	Serra da Formiga; Serra da Rajada
	Escarpa erosiva	Escarpa da serra de Santana.
Maciço da Borborema	Maciços Residuais com Cimeira Tabular	Serra de Santana; Serra de Cuité

Fonte - Elaborado pelo autor

#### 4.2.1 Unidades Morfoestruturais

##### 4.2.1.1 Depressão sertaneja - DS

A depressão sertaneja foi a maior feição identificada com características altimétricas em torno de 150 m resultante de processos denudacionais oriundas dos processos de dinâmica erosiva durante principalmente as flutuações climáticas Cenozóicas, assim como, os maciços residuais identificados na área, oriundo dos processos de erosão diferencial e resistência litológica (SOUZA, 2000).

É típica de altitude mais baixas, constituída por rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano da faixa de dobramentos do Nordeste - NE brasileiro. Tais como granitóides diversos, dioritos, granodioritos, gabros e basaltos e uma grande variedade de rochas metamórficas tais como gnaisses, micaxistos, quartzitos, metacalcários, migmatitos e outros. Esta área, está localizada entre cotas de ~100 a 300 m, o que representa a área com as menores altitudes da BHRS, onde predominam os processos os processos de aplainamento, apresenta topografias planas ou suavemente onduladas, sendo pontilhada por inselbergs e maciços residuais graníticos.

Vale frisar que, a Depressão Sertaneja, define o limite ocidental como um semicírculo de terras Aplainadas semiáridas, com níveis altimétricos  $\geq 300$ m semiáridas separada do topo do Maciço da Borborema por uma superfície erosivas dissecada, com níveis altimétricos  $\geq 300$ m, que ressalta o controle litológico e estrutural nesse setor da BHRS.

Na Depressão sertaneja, a suavização topográfica proporciona a ocorrência de pequenas *planícies fluviais* que se encontram margeando os principais cursos d'água (e.g. rio Seridó), apresentando topografia plana ou levemente inclinadas, e diferentes formas e

espessuras. Proporcionando melhores condições de solo e disponibilidade hídrica (SOUZA, 2000).

Essas Planícies distribuem-se através de trechos contínuos por aproximadamente 45 km e apresentam uma altimetria média que não ultrapassa os 150 metros abrangendo assim uma área expressiva ao longo da Bacia Hidrográfica (**Figura 18**).

No entanto, essas condições só são encontradas nas áreas da depressão sertaneja, pois o poder de dissecação e erosão da drenagem não é forte, possibilitando a deposição (RABELO; SILVA, 2016). Diferentemente dos altos cursos da bacia, que por sua vez, não são encontradas essas planícies devido ao poder de dissecação e transporte dos sedimentos (RABELO; SILVA, 2016).

**Figura 18 - A) Planície Aluvial do Rio Seridó B) Planície de inundação sazonal do Rio Seridó. A)**



**B)**

**Fonte** - Acervo do autor.

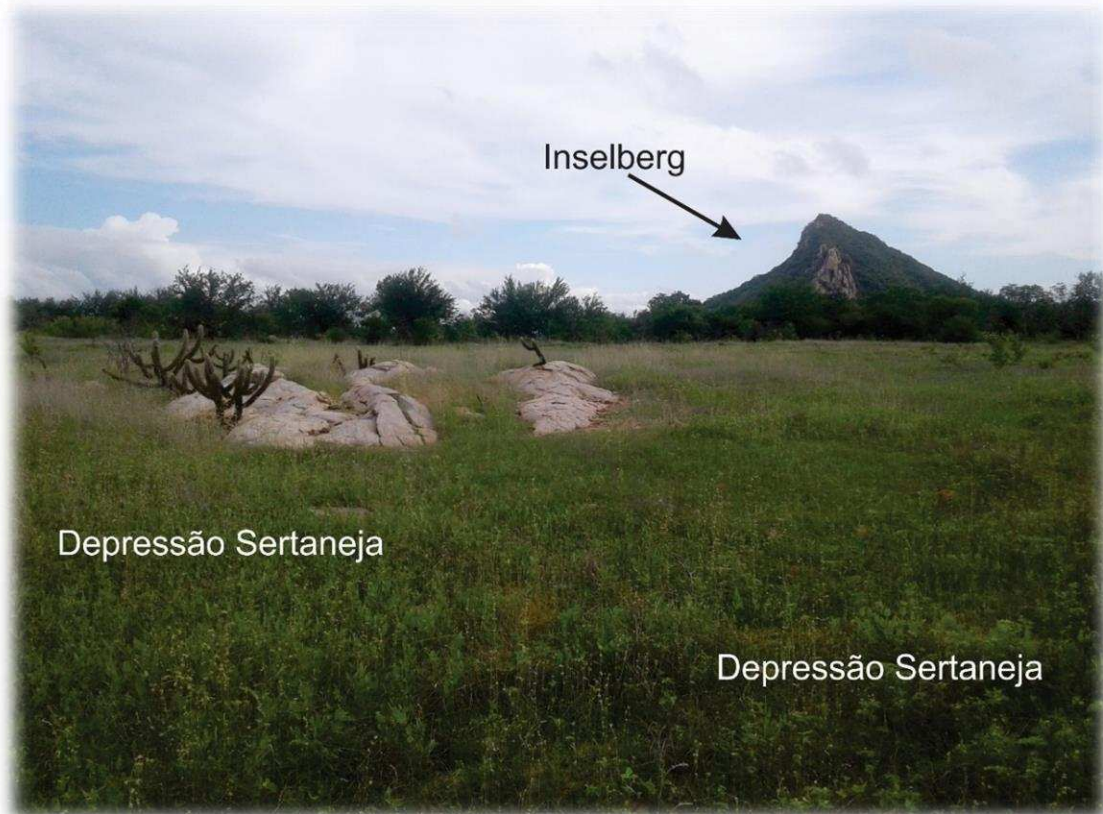
Na área de estudo, há uma predominância do intemperismo físico caracterizado pela termoclastia com a variação de temperatura ao longo dos dias e noites e de diferentes épocas do ano, com isso, causando contração e expansão dos minerais desagregando assim blocos rochosos (TOLEDO et al., 2003). Diante disso, uma das formas de resistência dos processos de aplainamento são os inselbergs e cristas residuais que diversificam a paisagem sertaneja e que foram mapeados de acordo com a escala (RABELO; SILVA, 2016).

Os *inselbergs*, são feições côncavo-convexas que caracterizam a superfície erosiva rebaixada, estando seus aspectos morfológicos associados com as características do substrato rochoso da BHRS originadas a partir da resistência diferencial ao intemperismo e à erosão de determinadas litologias (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010).

Em sua maioria são constituídas por rochas mais resistentes a erosão do que as do entorno, como intrusões plutônicas exumadas, a exemplo das rochas graníticas da Suíte Intrusiva Itaporanga e Dona Inês (DANTAS et al., 2021). Em suma, os inselbergs são relevos pouco extensos, abruptos e com ausência de sistemas de vales e cristas (BIGARELLA et al., 2009; MIGÓN, 2006c).

De acordo com Maia e Bezerra (2014), os inselbergs ocorrem principalmente em áreas de intrusões graníticas que atualmente estão sendo exumadas pela erosão diferencial. Que, invariavelmente, destacam-se na paisagem monótona das superfícies aplainadas da depressão sertaneja (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010). Constituindo-se como uma das mais interessantes formas das paisagens tropicais (PEPIT, 1990) (**Figura 19**).

**Figura 19** - Os inselbergs destacam-se na paisagem monótona das superfícies aplainadas da depressão sertaneja.



**Fonte** - Acervo do autor.

#### 4.2.1.2 Planalto sertanejo - PS

O Planalto Sertanejo, estruturado em rochas metamórficas relacionadas ao pré-cambriano superior, que tem influência direta sobre as formas de relevo como a depressão sertaneja e tipos de solo na região. Com níveis altimétricos  $> 300\text{m}$ , alcançando  $\sim 500\text{m}$ , na base dos maciços residuais, onde predominam uma morfologia mais dissecada, com formações de interflúvios colinosos, que em decorrência do maior gradiente do sistema de drenagem, apresenta-se como um patamar entre os níveis de cimeira dos maciços que



constituem o Maciço da Borborema e a Depressão Sertaneja. Essas áreas foram prontamente afetadas pelo regime extensivo durante o processo de rifteamento do jurássico/cretáceo (LUZ et al., 2015) e hoje respondem em grande parte pelos setores mais baixos que margeiam o Maciço da Borborema.

É importante frisar que, novas epirogenias podem cessar um ciclo de pediplanação e dar início a outro, criando superfícies escalonadas com cotas altimétricas diversificadas (KING, 1956). Entretanto, segundo Ab'Sáber (1969), no Nordeste Brasileiro essa ciclicidade está mais baseada na alternância climática de fases úmidas e secas. Segundo esse autor, as variações climáticas ocorridas no Quaternário foram de grande importância para a regulação dos ciclos de pediplanação nas depressões semiáridas.

Ainda nessa morfoestrutura, é possível identificar três subunidades morfoestruturais. Sendo elas: Inselbergs, Escarpas Erosivas e Maciços Residuais (relevos serranos).

Os Inselbergs, conforme já explicado em outro momento (4.2.1.1), são rochas monolíticas, também denominados afloramentos rochosos gnáissicos ou graníticos (POREMBSKI; BARTHLOTT, 2000).

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). E assim como na Depressão Sertaneja, essas elevações isoladas, em sua maioria são constituídas por rochas mais resistentes a erosão do que as do entorno, como intrusões plutônicas exumadas, a exemplo das rochas graníticas da Suíte Intrusiva Itaporanga e Dona Inês (DANTAS et al., 2021).

Por sua vez, os *Maciços residuais com cimeira dissecada - MRCD*, em geral granitos orogênicos (DANTAS et al., 2021), tratam-se de elevações, na maioria das vezes isoladas, sobressaltos topográficos do Planalto Sertanejo, com dissecação muito acentuada. Entre esses maciços graníticos estão os remanescentes dissecados de superfícies estruturais de idade desconhecida, em cuja topografia coincide com a superfície superior de uma camada sedimentar fluvial resistente (arenitos laterizados da Formação Serra do Martins) (PEULVAST et al., 2008).

Que em virtude do gradiente altimétrico de suas encostas, estas se encontram sujeitos a processos denudacionais. Apresentando-se como corpos intrusivos isolados, delimitados por encostas íngremes sob a influência, sobretudo do intemperismo físico.



Em outros termos, é estruturado em rochas cristalinas do ciclo Brasileiro com idades variando de 550 a 750 milhões de anos, apresentando um relevo bastante dissecado com formas aguçadas e vales predominantemente em “V”, drenagem encaixada concordando com as estruturas de falhas e zonas de cisalhamento. Já que se trata de uma área de grandes dobramentos e falhas, refletidos no relevo através de extensos alinhamentos de cristas, geralmente paralelas entre si, intensamente dissecadas resultando em formas predominantemente aguçadas e convexas, dispostas preferencialmente de SW-NE e S-N (MAIA; BEZERRA, 2014; RADAMBRASIL 1981).

Essa configuração geomórfica define maciços como relevos isolados com altitudes superiores à do entorno, frequentemente, apresentando vertentes íngremes e sinuosas. Tal fato lhes empresta a denominação popular de “Serras”, como é o caso das Serras do Galo, Forquilha, Formiga e São Bernardo, localizadas nas proximidades do Município de Caicó (**Figura 20**).

**Figura 20 - A)** Serra de São Bernardo; **B)** Serra da Formiga.

**A**



**B**

**Fonte - A)** Dimas Alves da Mota (2014)<sup>2</sup>; **B)** Acervo do autor.

No contexto geológico e geomorfológico, esses ambientes serranos representam um maciço residual cristalino, formado por rochas ígneas graníticas e metamórficas (e.g. gnaisses), da província da Borborema (MAIA; BEZERRA, 2014), com elevações entre 310 metros aproximadamente (cota de base) e 690 m (cota média do topo).

Cabe ressaltar que, os terrenos graníticos exibem morfologias diversificadas, não existindo uma paisagem granítica padrão (TWIDALE, 1982), cuja origem é atribuída ao intemperismo seletivo, tanto em subsuperfície quanto na superfície topográfica, seguido da remoção dos materiais soltos no processo de desintegração da rocha (MIGÓN, 2006b; TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 1994).

Já as *escarpas serranas* da BHRS encontram-se, tanto no setor norte do Planalto Sertanejo, (correspondendo a ~13% do território da BHRS), quanto no alto curso dos Rios São José e Acauã, bordejando a encosta da Serra de Santana (**Figura 21**). Contudo, ao tentar definir escarpa encontramos que o termo em geral é aplicado a uma encosta íngreme, comumente singular, com um comprimento consideravelmente grande e que domina uma seção da paisagem (GOUDIE et al., 2004).

---

<sup>2</sup> Disponível em <[https://www.flickr.com/photos/dimas\\_mota/15107579951/](https://www.flickr.com/photos/dimas_mota/15107579951/)> Acesso em: 10 de Maio de 2021.

**Figura 21 - A)** Serra de Santana vista do Município de Florânia; **B)** Serra de Santana vista próximo a encosta no município de Cerro Corá/RN.

**A**



**B**



**Fonte - A)** Alex Aramede (2013)<sup>3</sup>; **B)** Getson Luiz (2013)<sup>4</sup>.

Tratam-se de áreas em geral, com desnivelamentos extremamente elevados, ou seja, com declividade acentuada e longo comprimento de encosta com altitudes que chegam a 600m. Decorrente da atuação dos processos erosivos com o recuo das vertentes resultante das alternâncias climáticas (IBGE, 2009).

<sup>3</sup> Disponível em < <https://riograndedonortetour.openbrasil.org/2013/08/serra-de-santana-florania-rn.html>> Acesso em 10 de Maio de 2021.

<sup>4</sup> Disponível em < <https://seridoimoveis.com.br/?p=4884>> Acesso em 10 de Maio de 2021.



Na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, essa unidade de relevo compreende assim, um conjunto de escarpas montanhosas, apresentam vertentes íngremes, por vezes rochosas e colúvios alinhadas na direção SW-NE e W-E.

A encosta/escarpa da Chapada da Serra de Santana por exemplo, corresponde a áreas no município de Currais Novos, onde serras entram em contato com Planalto da Borborema (OLIVEIRA; CESTARO, 2012). Essa escarpa abrange um pequeno trecho do Planalto Sertanejo, que fica ao Norte da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó (aproximadamente 13% do território), junto ao Alto curso dos Rios São José e Acauã bordejando a encosta da Serra de Santana.

Esta corresponde aos arenitos conglomeráticos da Formação Serra do Martins (FSM), datada do intervalo paleógeno-neógeno (MORAIS-NETO et al., 2008; LIMA, 2008). Sendo caracterizada por uma superfície de topo plano e tabular, se constituindo em superfície tabular erosiva, podendo atingir uma altitude média que ultrapassam os 700 metros. Em outros termos, são conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas (IBGE, 2009), e seu topo forma uma pequena cornija de aproximadamente 2m de espessura.

Porém, é importante frisar que, essas configurações morfológicas dos escarpamentos são bastante diversificadas, causadas principalmente por condicionantes litoestruturais (DANTAS et al., 2012). Assim sendo, pode-se observar tanto uma muralha montanhosa imponente quanto um degrau escarpado mais degradado, devido à ação diferencial dos processos tectônicos e erosivos durante todo o Cenozóico. Em outras palavras, ocorrem de forma indistinta em diversos tipos de modelados e litologias.

#### 4.2.1.3 *Maciço da Borborema - MB*

O Maciço da Borborema corresponde ao conjunto de terras altas que se distribuem ao longo da fachada do Nordeste (NE) oriental do Brasil, ao norte do rio São Francisco, acima da cota de 200 m, cujos limites são marcados por uma série de desnivelamentos topográficos (CORREA et al., 2010), sendo sua gênese epirogênica associada à tectônica cretácea que culminou com a separação do megacontinente Pangea e ao magmatismo intraplaca, atuante ao longo do Cenozoico (MAIA; BEZERRA, 2014).

No setor setentrional do Maciço da Borborema, na área da BHRS, relevos residuais graníticos de orientação predominante NE-SW compõem um conjunto de maciços que se distinguem da superfície erosiva aplainada (*Depressão sertaneja*),

emergindo como sobressaltos topográficos com média altimétrica variando entre 400 e 750 m de altitude.

No geral, apresenta-se como uma área de relevo bastante movimentado, com superfícies onduladas e inclinadas, com escarpas íngremes. Tendo seu topo caracterizado pela ocorrência de extensas áreas aplainadas, marcadas por um relevo de colinas suaves (DINIZ et al., 2017).

Zonas de cisalhamento assim como na Depressão Sertaneja e no Planalto sertanejo apresentam lineamentos com orientações de relevo variando entre E-W e NE–SW (MAIA; BEZERRA, 2014; MORAIS-NETO et al., 2009). Em termos geomorfológicos, lineamentos representam comumente variações na elevação dos terrenos, alinhamento de cristas, segmentos de escarpas, trechos de drenagem e vales (JORDAN; SCHOTT, 2005), que por refletirem as principais linhas de fraqueza regionais, podem assim, indicar locais de ocorrência de estruturas geológicas importantes no relevo para comprovar a influência estrutural e/ou tectônica de sua evolução.

Ainda no Maciço da Borborema, foram identificadas as seguintes subunidades morfoestruturais: *Maciços residuais com cimeira tabular (MRCT)* – localizados em uma altitude superior a 600 metros, como é o caso da Serra de Santana (**Figura 21**) e da Serra de Cuité (**Figura 22**). Bem como *Maciços Residuais com Cimeira Dissecada (MRCD)* (e.g. Serra de Canoa), apresentando uma altimetria superior a 300 metros.

**Figura 22** - Escarpa Serrana e Maciços Residuais com Cimeira Tabular vista das proximidades do Município de Cuité.

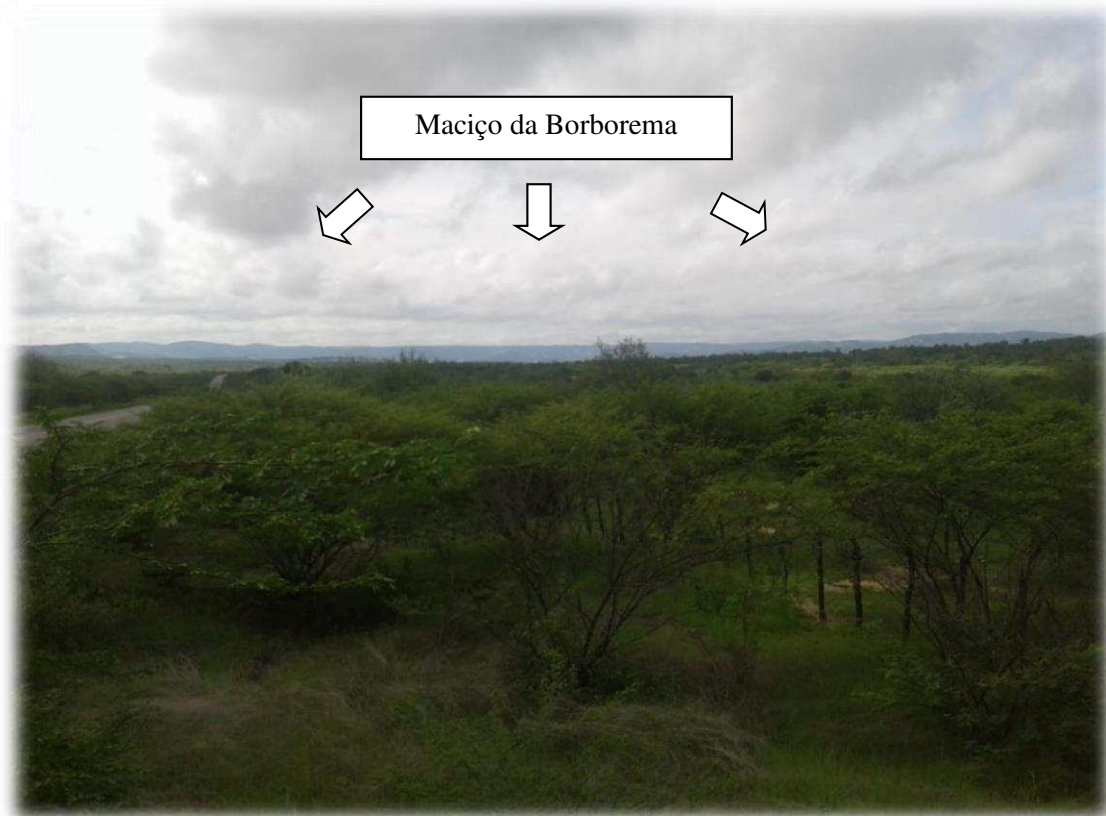


**Fonte** - Acervo do autor.

Ainda sobre essa unidade morfoestrutural, é importante destacar, que geralmente, nessa cota, há uma morfologia mais dissecada, com a formação de interflúvios mais destacados e colinosos (SOUZA, 1988). Com isso, os planos de deformação brasileira condicionam em escala regional diversas morfologias, principalmente aquelas associadas as zonas de cisalhamento dúcteis onde o relevo é caracterizado por cristas simétricas com vertentes de declividade acentuadas dispostas de forma contínua (MAIA; BEZERRA, 2014).

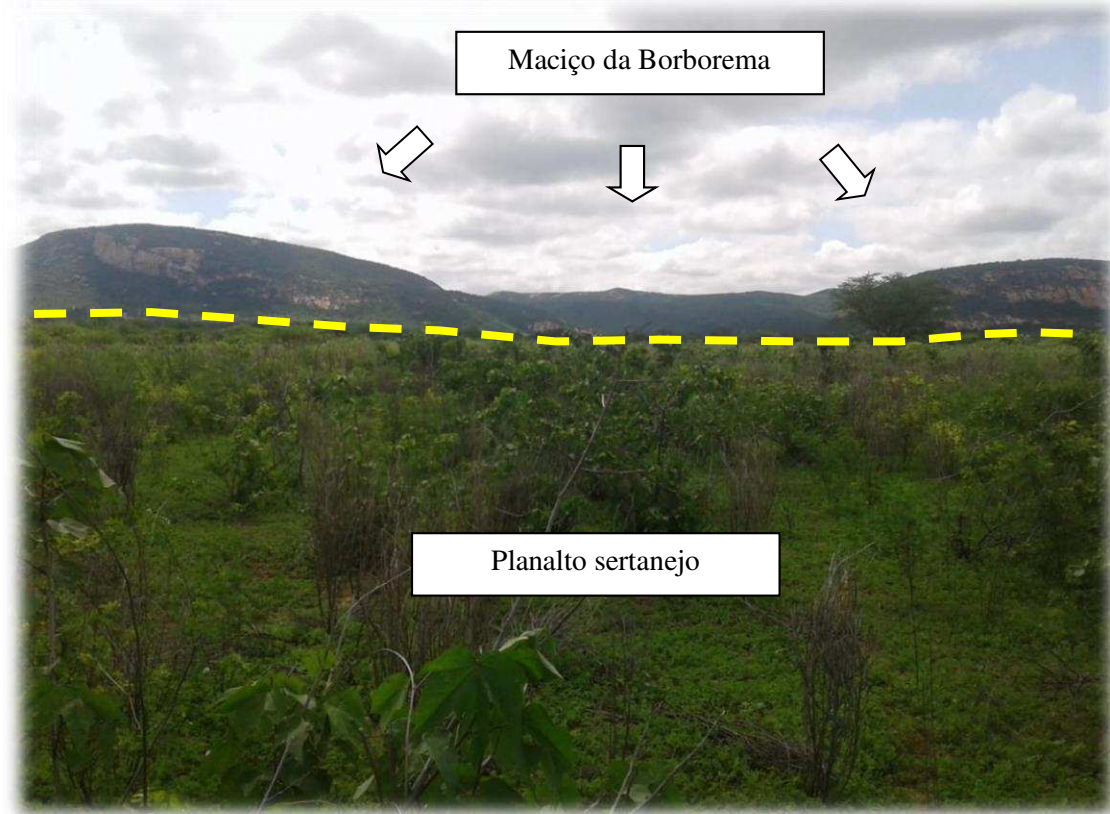
A título de descrição da paisagem, a **Figura 23** representa observação do relevo na Depressão Sertaneja nas proximidades do Município de Santa Luzia (PB), com vista para o compartimento morfoestrutural do Planalto Sertanejo, e a **Figura 24** com vista para o Maciço da Borborema.

**Figura 23** - Imagem destacando o Maciço da Borborema observado a partir da depressão sertaneja.



Fonte - Acervo do autor

**Figura 24** - Imagem destacando o Maciço da Borborema observado a partir do Planalto sertanejo.



**Fonte:** Acervo do autor

Contudo observa-se que o relevo documenta eventos importantes de evolução morfotectônica (MAIA; BEZERRA., 2019), onde as linhas mestras do relevo condicionantes da evolução geomorfológica atual no Nordeste setentrional brasileiro, no qual está inserido a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó são resultantes de uma sequência de três eventos tectônicos principais: a Orogênese Brasileira, a fragmentação do Megacontinente Gondwana e as reativações tectônicas cenozoicas (MAIA; BEZERRA., 2014; 2019).

Esses eventos, impressos no relevo sobre o contato com a morfologia do tipo montanha alinhadas de acordo com diferentes zonas de cisalhamento, lineamentos e dissecação estrutural, bem como bacias de drenagem, foram afetados por Elevação mesozoica, que produziu um complexo sistema de morfoestruturas na área (MAIA; BEZERRA., 2019). Como resposta ao soerguimento uniforme e concomitante, com o desenvolvimento de superfícies de erosão (AB' SÁBER; BIGARELLA, 1961; ANDRADE; LINS, 1965; AB'SABER, 1969; MABESOONE; CASTRO, 1975; BIGARELLA, 2003).



Tais ligações de processo são evidentes principalmente nos altos cursos das sub-bacias hidrográficas do Rios Barra Nova e Seridó, tipicamente na Unidade Morfoescultural do Maciço da Borborema. Já que a gênese deste Maciço está associada aos processos de fragmentação do Megacontinente Gondwana e ao magmatismo cenozoico intraplaca (CORRÊA et al., 2010; OLIVEIRA; MEDEIROS, 2012). Pois no geral, apresenta-se como uma área de relevo bastante movimentado, com superfícies onduladas e inclinadas, com escarpas íngremes.

Em outros termos, consiste em um gigantesco sistema de leque de zonas de cisalhamento lateral, justapondo maciços arqueanos a cristalinos mesoproterozóicos contra cinturões de metassedimentos neoproterozóicos (DANTAS et al., 1998). Com isso, essas áreas soerguidas e cedidas são responsáveis pela formação de grandes domínios morfoestruturais, no Maciço da Borborema e seus remanescentes, que juntos constituem o escudo nordeste (SAADI, 1993). Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Santos Vital (2020) referente os riscos geomorfológicos do Município de Caicó. Esse por sua vez encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.

A partir do mapa geomorfológico elaborado, foram identificados no município de Caicó: uma unidade morfoestrutural (1º táxon), que corresponde ao Cinturão Orogênico Brasileiro; duas unidades morfoesculturais, representadas pelo Planalto da Borborema e a Depressão Sertaneja (2º táxon); uma subunidade morfoescultural (3º táxon), que corresponde à Depressão Interplanáltica do Piranhas-Açu; e cinco modelados, desde Pedimentos em diferentes níveis altimétricos, Maciços Residuais, Inselbergs e o Planície Aluvial (SANTOS; VITAL, 2020). Corroborando assim com os resultados obtidos para a Bacia Hidrográfica em análise.

Que em uma análise em pequena escala, no qual considerou-se toda a região Nordeste do Brasil outros trabalhos envolvendo o uso de imagens de Radar para Mapeamento Geomorfológico de Bacias Hidrográficas (e.g. SOUSA et al., 2016) foram utilizados em seus trabalhos.

Além de Bacias Hidrográficas, trabalhos como os de Santos et al. (2015) por sua vez, utilizaram de imagens de Radar bem como de cartas topográficas para mapeamento do relevo de outras áreas do Nordeste Brasileiro. Tendo como perspectiva de mapear geomorfológicamente a área englobada pelas folhas Alhandra e Pitimbu, adotou-se a metodologia taxonômica do relevo.

Além de Santos et al. (2015), outros trabalhos como o de Lima & Furrier (2020), teve por objetivo aplicar uma metodologia de mapeamento geomorfológico de detalhe





em relevo tabular para auxiliar o entendimento do quadro geomorfológico atual do alto e médio curso do rio Mamuaba, localizado na área de abrangência da carta topográfica Rio Mamuaba, no estado da Paraíba.



**CAPITULO 05: COBERTURA DA TERRA DA BACIA**  
**HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ**

*“Há quem passe por um bosque e só veja lenha para a fogueira. ”*

**- Leon TOLSTÓI -**



Durante as últimas décadas, a comunidade científica tem dedicado esforços para avaliar os impactos climáticos resultantes de mudanças antropogênicas e naturais da cobertura da terra (FINDELL et al., 2007; SY; QUESADA, 2020). Sendo considerada atualmente, como uma mudança ambiental importante tanto em as escalas espaciais e temporais (ADEPOJU; MILLINGTON; TANSEY, 2006; JAHANIFAR et al., 2018; WIJESIRI; DEILAMI; GOONETILLEKE, 2018). Estando assim, cada vez mais reconhecidas como importantes ferramentas no que concerne o monitoramento das mudanças ambientais globais, (TURNER; MEYER; SKOLE, 1994), onde as características da cobertura da terra e seus diferentes usos são variáveis-chave na análise dessas mudanças (SINGH et al., 2011).

Nesse cenário, observa-se que a maioria dos esforços científicos para o estudo e conservação da vegetação tropical tem se concentrado nas florestas tropicais, sendo que pouca atenção tem sido dada às florestas tropicais secas (MOONEY; BULLOCK; MEDINA, 1995; SIYUM, 2020), que por sua vez, vem sendo considerado entre os ecossistemas mais ameaçados na Terra (PRADO, 2000; OLSON et al., 2001; HOEKSTRA et al., 2004; CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018), com altas taxas de desmatamento, fazendo-se necessárias ações que busquem a conservação dessas florestas (MILES et al., 2006).

Essas florestas tropicais secas (FTS), cobrem cerca de 20% da superfície terrestre global (LEHMANN et al., 2011; BEZERRA et al., 2020), ocorrendo em zonas climáticas tropicais e subtropicais em todos os continentes (exceto Antártida), mas são particularmente prevalentes na Austrália, África e nas Américas (SOLBRIG; MEDINA; SILVA, 1996). Neste último, têm-se a existência do bioma Caatinga na região Nordeste semiárida do Brasil, cobrindo aproximadamente 13% do território brasileiro com mais de 2.000 espécies de plantas e animais (PRADO, 2000; CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018).

Estimativas recentes indicam da existência potencial de aproximadamente 1,6 milhões de km<sup>2</sup> de Florestas Tropicais Secas nas Américas, dos quais aproximadamente 1 milhão de km<sup>2</sup> já foram desmatados (PORTILLO-QUINTERO; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010).

É importante mencionar que, nos países em desenvolvimento, os meios de subsistência da maioria da população humana depende quase inteiramente de recursos naturais (SYOMBUA, 2013). E em zonas semiáridas, por se tratar de um ambiente ecologicamente instável e de forte ação antrópica (AB'SABER, 1977), esses fatores



socioambientais fazem com que estas regiões sejam consideradas bastante susceptíveis à “desertificação”. Termo atribuído por Aubreville (1949) para caracterizar aquelas áreas que estavam ficando parecidas com desertos ou desertos que se estavam expandindo, onde estudiosos a atribuíram ora a processos naturais, ora a processos induzidos pelo homem (SOUZA; SILANS; SANTOS, 2004).

Para compreender e prever os processos de mudança, é necessário monitorar e caracterizar os padrões espaciais de mudanças no uso e/ou cobertura da terra, onde estudos baseados em análise de campo e monitoramento por sensoriamento remoto permitem a observação e descrição dos processos de mudanças de forma detalhada (PETIT; SCUDDER; LAMBIN, 2001).

Dessa forma, resultados obtidos a partir de imagens de satélites provenientes do sensoriamento remoto têm contribuído e se apresentado como uma importante ferramenta para monitoramento e caracterização da superfície terrestre a partir do uso de série de registros multitemporais provenientes de índices de vegetação, (JAVZANDULAM; TATEISHI; SANJAA, 2005; JIANG et al., 2008; SCHULZ et al., 2017; SILVEIRA et al., 2018; BEZERRA et al., 2020).

Tendo em vista que a desertificação está definida na Convenção de Combate à Desertificação (CCD, 1994) como um tipo de degradação ambiental que pode ocorrer nas regiões de clima árido, semiárido e subúmido seco, em decorrência das variações climáticas e por meio do desenvolvimento das atividades produzidas pelo homem, a quantificação do comportamento espacial no momento específico é um passo inicial para monitorar o progresso da desertificação (JAVZANDULAM; TATEISHI; SANJAA, 2005).

Entretanto, vale reforçar, que os padrões de modificação da paisagem são resultados de interações complexas entre forças físicas, biológicas e sociais (TURNER, 1987). E com isso, essas informações sobre as mudanças no uso e cobertura da terra são úteis para abordar questões relacionadas à gestão de terras áridas, bem como apoiar a tomada de decisões relacionadas ao uso sustentável da mesma (TOMASELLA et al., 2018).

Frente a esse cenário, imagens de satélites provenientes do sensoriamento remoto, obtidos por plataformas orbitais e os sistemas de informações geográficas são de suma importância para se detectar e mapear estas mudanças. Tornando-se assim, uma importante ferramenta para monitorar os recursos naturais da Terra nas últimas décadas, devido à possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas,



possibilitando a partir desses monitoramentos uma melhor compreensão dos processos que ocorrem nestas áreas.

É neste contexto que se torna importante ressaltar a necessidade do desenvolvimento concomitante as ações que conservem a natureza e que tenham como foco buscar estratégias capazes de levantar, ponderar e integrar dados dos componentes dos ecossistemas. E essa detecção das mudanças da cobertura da terra podem proporcionar um melhor entendimento das interações entre os fenômenos naturais e humanos, assim como, auxiliar ou compor os estudos e modelos climáticos.

De modo que, mudanças na cobertura da terra são o resultado de interações entre processos e fatores biofísicos e socioeconômicos, e com foco em contribuir com a conservação dos ecossistemas frente as mudanças climáticas, esse capítulo tem como objetivo específico analisar as mudanças ocorridas na cobertura da terra considerando as condições de preservação, conservação e degradação dos recursos naturais disponíveis na bacia.

## 5.1 DINÂMICA DA COBERTURA DA TERRA

É importante destacar aqui que, oficialmente, o IBGE considera a Caatinga como savana estépica, o que a colocaria junto aos cerrados e outros tipos de vegetação aberta (VELOSO *et al.*, 1991).

Desse modo, o IBGE, (2012) classifica a vegetação da Caatinga como Savana-Estépica, subdividida em: Savana- Estépica Florestada (estruturado fundamentalmente em dois estratos: um, superior, com predominância de nanofanerófitas periodicamente decíduas e mais ou menos adensadas por grossos troncos em geral), Savana-Estépica Arborizada (estruturado em dois nítidos estratos: um arbustivo-arbóreo superior, esparsos, geralmente de características idênticas ao da Savana- Estépica Florestada, e outro, inferior gramíneo-lenhoso, também de relevante importância fitofisionômica), Savana-Estépica Parque (apresenta características fisionômicas muito típicas, com arbustos e pequenas árvores, em geral de mesma espécie, e distribuição bastante espaçada) e Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa (apresenta características florísticas e fisionômicas bem típicas, ou seja, um extenso tapete de gramíneas e de plantas lenhosas anãs espinhosas).

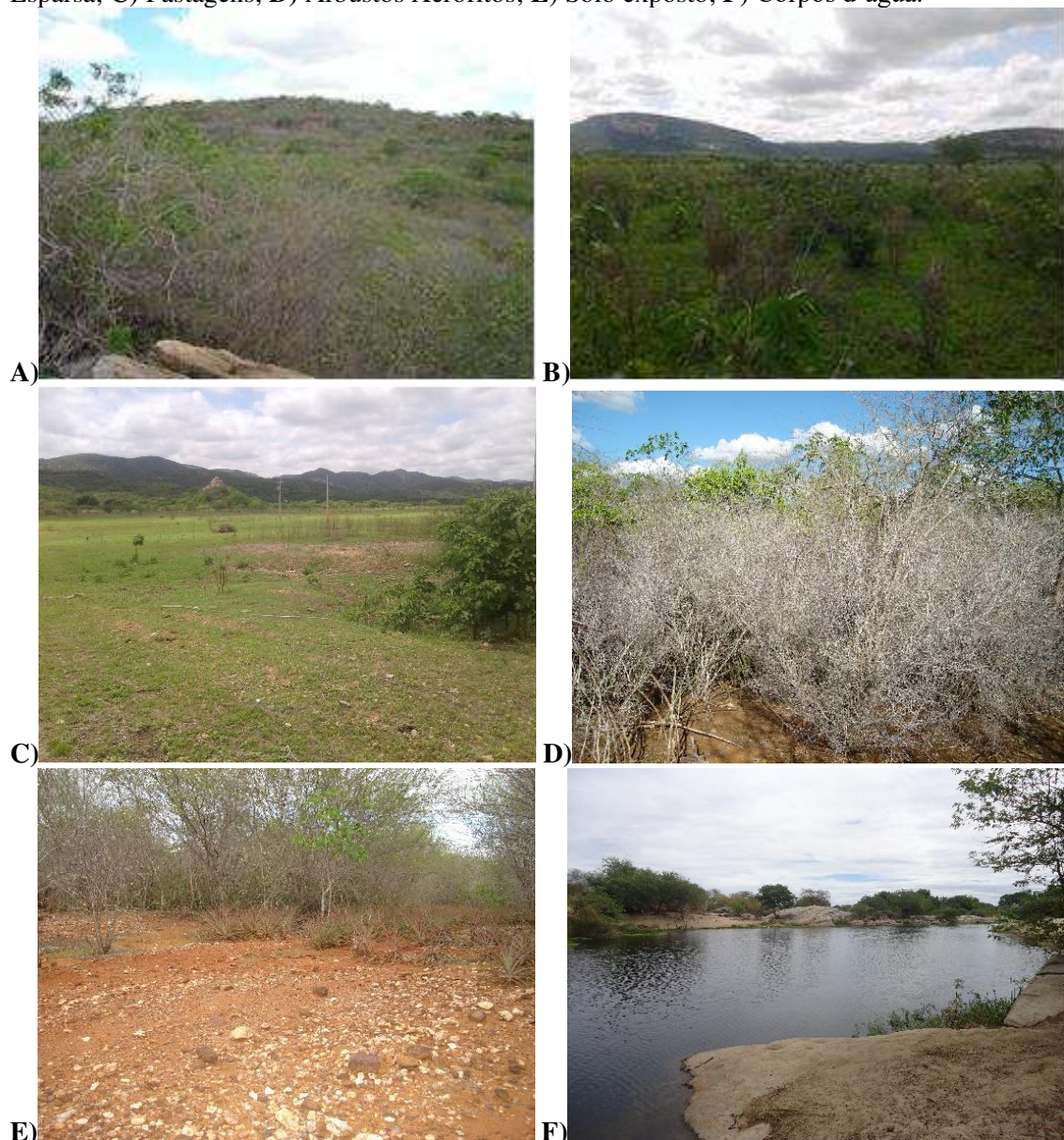
Porém apesar da existência das classificações apresentadas, a elaboração de metodologias capazes de contemplar as inúmeras tipologias da vegetação da Caatinga, de forma satisfatória, apresenta elevada dificuldade. Isso ocorre em virtude da complexidade

da vegetação em questão e também devido ao conhecimento ainda pequeno que se tem em relação a esse Bioma

Com isso, a vegetação das Caatingas no nordeste do Brasil estendem-se sobre pediplanos ondulados de origem erosiva, sendo caracterizada pelo seu alto grau de endemismo florístico e particularidades dos diferentes tipos de vegetação (PRADO, 2003).

Sendo assim, para essa pesquisa, foram observadas em campo seis classes de cobertura da terra na Bacia Hidrográfica, sendo elas: floresta densa, floresta esparsa, pastagens, vegetação xerófila, solo exposto e corpo d'água (**Figura 25**).

**Figura 25** - Classes de cobertura da terra identificadas na BHRS: **A)** Floresta densa; **B)** Floresta Esparsa; **C)** Pastagens; **D)** Arbustos Xerófitos; **E)** Solo exposto; **F)** Corpos d'água.

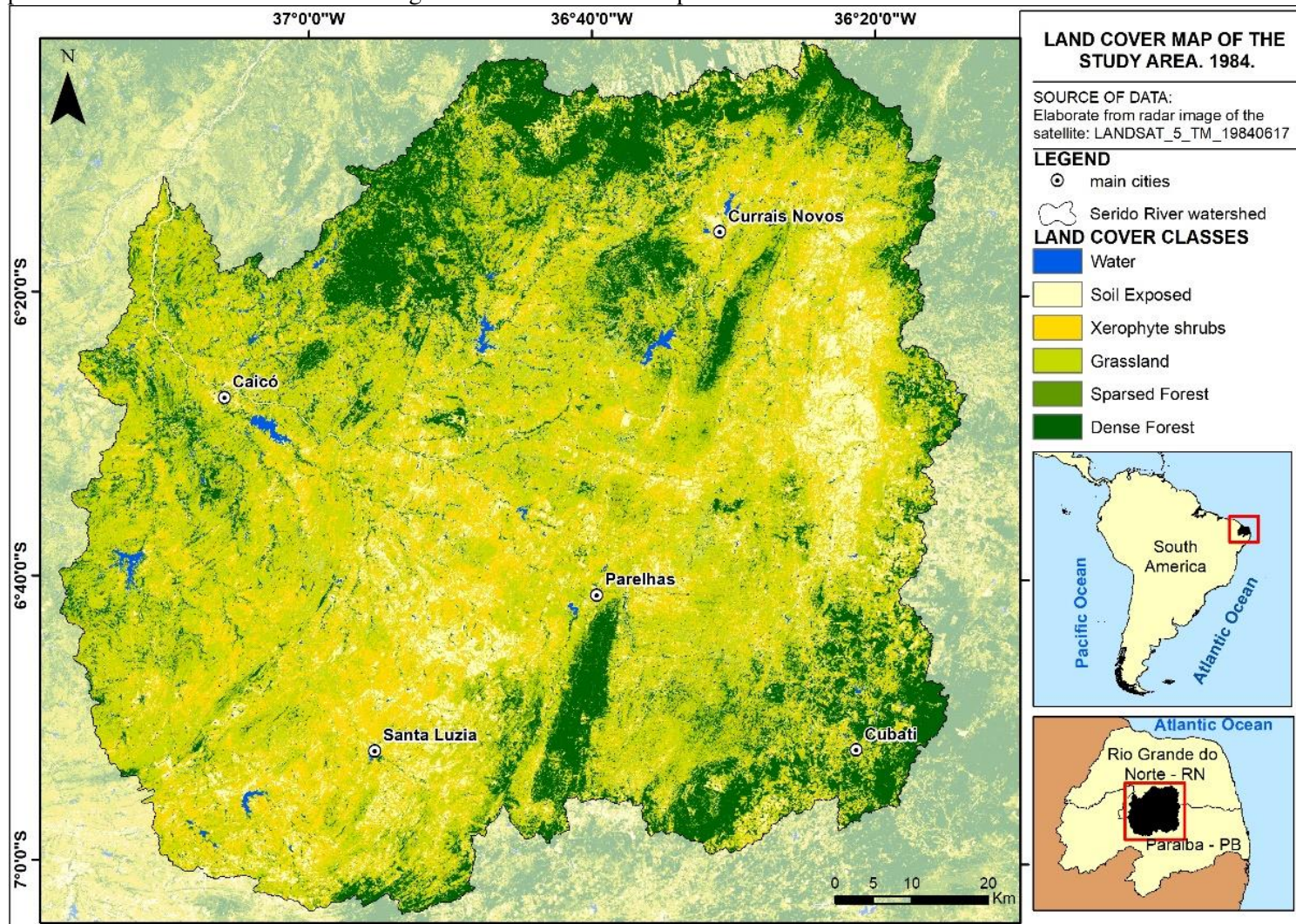


Fonte - Acervo do autor.



Estando inserida em ambiente semiárido, foi possível observar na área de estudo, uma diminuição significativa nas classes de floresta densa e floresta esparsa, seguido de um pequeno aumento nas classes de pastagens, solo exposto e arbusos xerófitos, bem como de uma diminuição mínima na classe de corpos d'água (**Figuras 26, 27 e 28**).

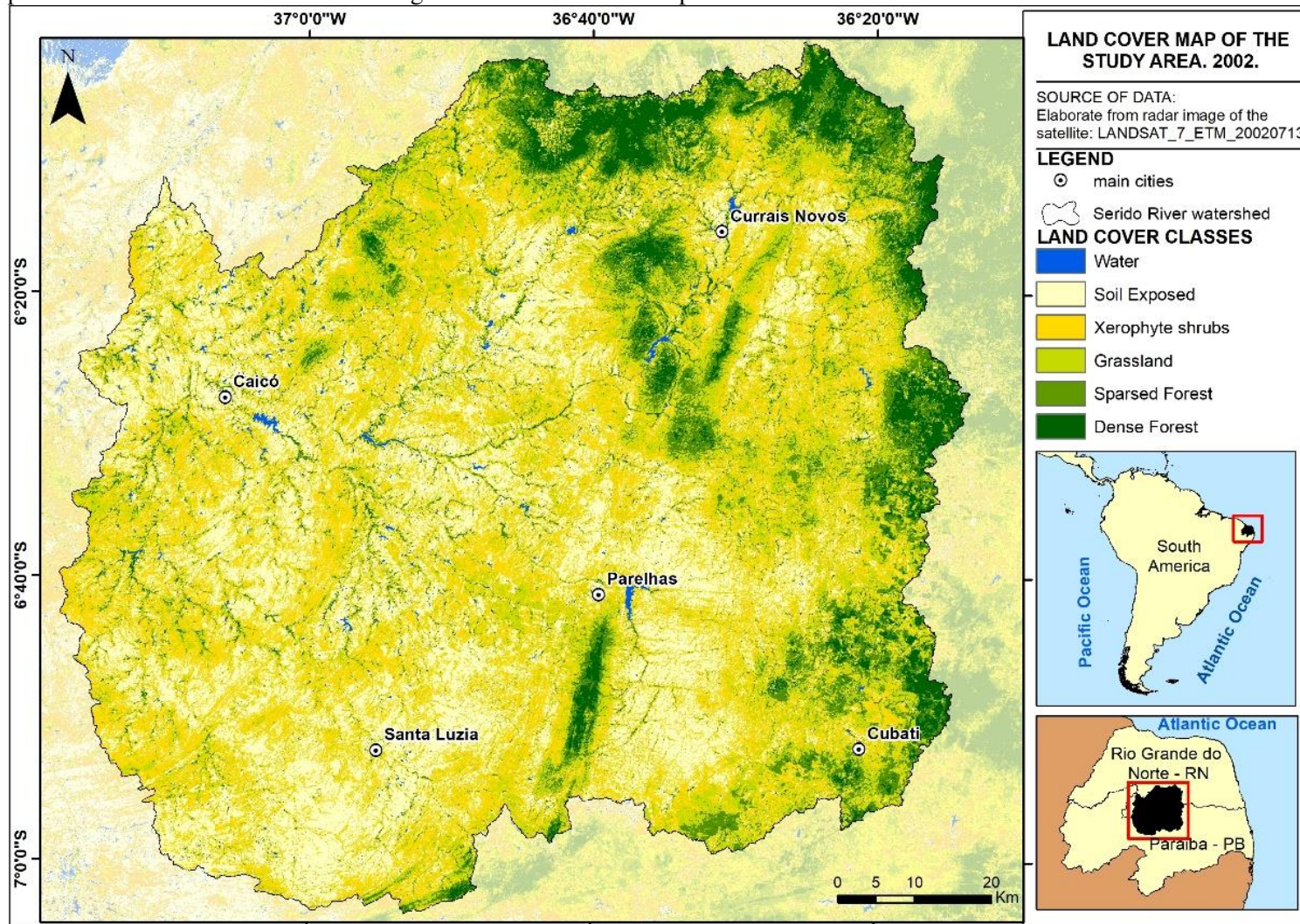
Figura 26 - Mapa de cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos período de 1984.



Fonte - Elaborado pelo autor.

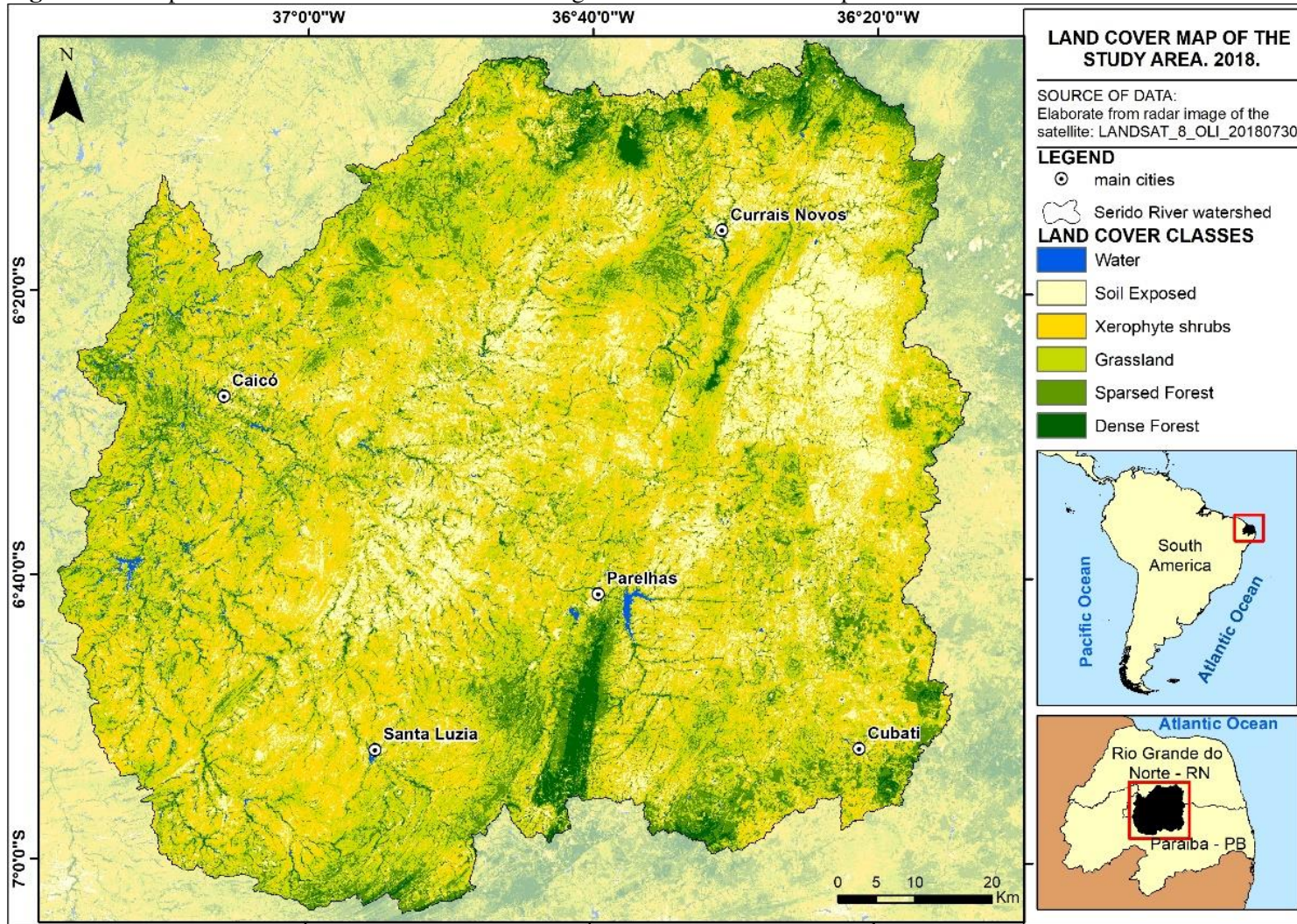


Figura 27 - Mapa de cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos período de 2008.



Fonte - Elaborado pelo autor.

Figura 28 - Mapa de cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos período de 2018.



Fonte - Elaborado pelo autor



### 5.1.1 Floresta densa e esparsa

Observa-se também que no ano de 1984, **41,7%** da área mapeada apresentava sua vegetação natural conservada (Floresta densa e Floresta esparsa), ocorrendo uma redução significativa no cenário para o ano de 2002, com um total de **16,4%** da área conservada com vegetação natural, mantendo-se praticamente estável na imagem de satélite para o ano de 2018, apresentando valores em torno de **16,3%**. Tal fato, pode estar associado a retirada da vegetação para abastecer os fornos não só das cerâmicas, como também das indústrias de panificação, caieiras, carvoarias, queijeiras, entre outros, o que contribui para o avanço da degradação na região, haja vista que “o conjunto dessas atividades explora da natureza a sua principal fonte energética – lenha, de maneira indiscriminada” (ADESE, 2008).

Em uma análise em pequena escala, no qual considerou-se toda a região Nordeste do Brasil outros trabalhos (e.g. VIEIRA et al., 2013; SCHULZ et al., 2017) detectaram que o uso e cobertura da terra no semiárido do Brasil para modelos meteorológicos e climáticos, apresentaram redução da vegetação nativa no território Nordestino por atividades antrópicas, áreas essas que antes eram ocupadas principalmente pela Caatinga.

Estudos como os de Coelho et al. (2014), elaborado no semiárido paraibano, e Oliveira et al. (2021) elaborado no semiárido potiguar concluíram que a classe de Caatinga densa apresenta declínio em função da degradação, fazendo com que esta converta-se em classes menos densas, o que possivelmente pode ter sido a explicação também para BHRS.

E como já sabido, é provável que tal contração da vegetação nativa (Floresta densa e esparsa) podem levar posteriormente a uma redução na biodiversidade de plantas endêmicas regionalmente (ELDRIDGE et al., 2011; RATAJCZAK; NIPPERT; COLLINS, 2012; MAESTRE; ELDRIDGE; SOLIVERES, 2016; ESHETE et al., 2020).

### 5.1.2 Pastagens

Em 1984, **26%** da área total da bacia era ocupada por pastagens, mantendo um percentual de mudanças para o ano de 2002 de **19,4%**, que embora sendo negativa, em comparação com a imagem anterior, esse percentual em 2018 foi bem maior, ocupando uma área de aproximadamente **28,9%** da Bacia. Indicando assim um avanço dessas áreas de pastagens na área de estudo em questão.



Vale ainda ressaltar que, perante a instabilidade climática do clima semiárido onde as temperaturas elevadas e as irregularidades pluviométricas, são marcantes na região. E assim, a falta de cuidado para manter essas áreas de pastagens reflete na baixa longevidade produtiva da mesma com a formação de vastas áreas degradadas, incentivando o desmatamento para a formação de novas áreas ou, ainda, a expansão das áreas de pastagem extensiva nas áreas de vegetação natural.

A partir da substituição da Caatinga mais densa, de porte mais elevado e de maior densidade de indivíduos, por cenários em que dominam vegetação de aspecto mais aberto, com maiores contingentes de solos expostos, aliados a outros fatores socio-econômico-ambientais, o super pastoreio provoca uma tendência de redução de biomassa vegetal. Já que de acordo com Prado et al. (2012), no geral as pastagens tendem a prevalecer, já que se trata de uma atividade mais independente do que a agricultura. Corroborando com a importância de trabalhos visando práticas de manejo e conservação do solo nas áreas de pastagem que cobrem a bacia, uma vez que estas atividades ocupam áreas extensas.

### **5.1.3 Arbustos xerófitos e solo exposto**

Destaque para as classes de Arbustos Xerófitos e Solo exposto, quando somados no ano de 1984, ocupavam uma área de aproximadamente **33,1%**, em 2002, ambas praticamente dobraram sua área de ocupação, com resultados em torno de **63,4%**, e uma pequena redução em 2018, com valores em torno de **54,1%** da área total de estudo. Que também pode estar associada à degradação do solo pela agricultura.

Pois de acordo com Sampaio et al. (2005) a degradação no Nordeste quase sempre se inicia com o desmatamento e a substituição da vegetação nativa por outra cultivada. Com isso, o descobrimento do solo favorece o processo de erosão e o cultivo continuado sem reposição dos nutrientes retirados leva à perda da fertilidade. Corroborando assim com o trabalho de Guedes et al. (2016), que por sua vez, já trazem em pesquisas a importância do planejamento ambiental para bacias hidrográficas a partir de um zoneamento ambiental na Sub-bacia do Rio Barra Nova. Eles identificaram que “a atual conjuntura paisagística da ocupação da sub-bacia do Rio Barra Nova requer uma imediata realização de ações voltadas à recuperação ambiental das áreas degradadas, assim como o adensamento da vegetação nas áreas de solo exposto” (GUEDES et al., 2016, p. 1020).



Sendo assim, a região semiárida da BHRS possui uma cobertura vegetal predominante do bioma Caatinga - mata espinhosa, arbórea e arbustiva. Que por se tratar de um Ecossistema altamente dinâmico que responde rapidamente às condições climáticas do semiárido brasileiro, fator dominante e controlador da resiliência da Caatinga natural (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018; TOMASELLA et al., 2018).

#### 5.1.4 Corpos d'água

A categoria de corpos d'água, embora que em valores mínimos em comparação com as outras classes já citadas, apresentou mudanças negativas em sua área de ocupação, com valores em torno de **0,9%** para os anos de 1984 e 2002, e de **0,7%** para 2018. Tal redução pode estar associada as condições hidrológicas adversas, relacionadas diretamente aos eventos climáticos que regem a dinâmica da região geográfica onde a área de estudo está inserida, bem como os seus usos múltiplos pela população. Estes resultados, corroboram com os trabalhos realizados por Bezerra-Silva et al., (2020) e Medeiros et al., (2016) no Nordeste, sendo observado também, uma mudança mínima dessa classe nas áreas de estudo dos mesmos.

É importante destacar que, a compatibilidade entre a disponibilidade e a demanda hídrica, além dos parâmetros climáticos (precipitação, evaporação e evapotranspiração) e hidrológicos são fatores essenciais para o conhecimento de um corpo d'água, principalmente, para monitoramento hídrico de bacias hidrográficas, principalmente nos reservatórios utilizados para abastecimento público de diversas cidades da Bacia como política de convivência com a seca (MAMEDE et al., 2012; MEDEIROS et al., 2016).

É importante destacar que, no semiárido brasileiro, as redes de abastecimento público de água são supridas em sua maioria, por mananciais superficiais (açudes), onde a oferta de água depende quase que unicamente da reposição dos acúmulos hídricos que escoam nos rios durante as curtas épocas chuvosas, suprindo assim, as demandas nos períodos de estiagem (MEDEIROS, 2017).

Frente a esse contexto, reservatórios como a Barragem das Traíras no município de São José do Seridó e o Açude Boqueirão no Município de Parelhas foram construídos com a finalidade de combater efeitos climáticos da seca, que em determinados períodos assolam a região. Mesmo assim, observa-se que ainda não é suficiente para atender a demanda da população em períodos de estiagem.



Em termos climáticos, esse período mais seco em 1984 pode estar associado ao fenômeno La Niña que ocorreu naquele ano (ARAÚJO et al., 2013; OLIVEIRA; SILVA; LIMA, 2014; RODRIGUES; MCPHADEN, 2014). Diferentemente dos anos que antecederam 2008 (2006-2007), onde verificou-se um período fraco de atuação do El Niño na região (RODRIGUES et al., 2017; RODRIGUES-SILVA et al., 2017), fenômeno esse responsável pelo aquecimento das águas do Oceano Pacífico, causando períodos de maior precipitação na Região Nordeste (ARAÚJO et al., 2013; OLIVEIRA; SILVA; LIMA, 2014) o que pode ter influenciado na resposta espectral das imagens de satélite utilizadas no trabalho.

Contudo, resultados semelhantes também foram encontrados no trabalho de Bezerra-Silva et al. (2020), onde os resultados mostraram redução das áreas abrangidas por corpos d'água entre os anos de 2013 a 2015. Neste mesmo período, houve também um crescimento anual do setor agropecuário, bem como redução da mata nativa da Caatinga.

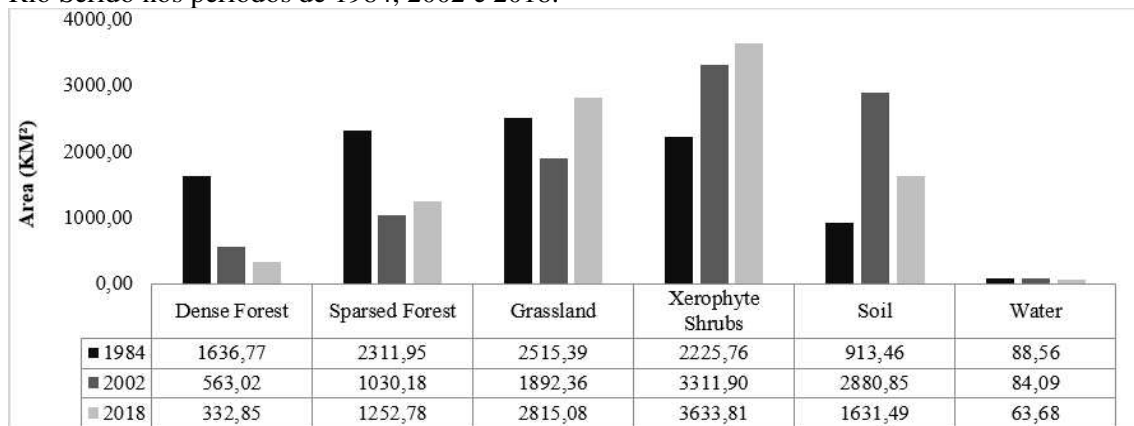
Dessa forma, percebe-se a necessidade de um melhor gerenciamento desta bacia, pois o desenvolvimento de algumas atividades, se em excesso, podem gerar grandes impactos.

## 5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para (KENNEDY et al., 2009), em trabalhos que envolvam detecção de mudanças na paisagem, com o objetivo de monitoramento de recursos naturais, é importante que exista (m) mapa (s) de cobertura da terra que possam servir como instrument de apoio para a interpretação e tomada de decisão. Entretanto, como o próprio autor menciona, os mapas de cobertura da terra são alterados em função do tempo e, muitas vezes, em função dos anos necessários nas avaliações, não é possível possuir esta informação preliminar, seja pela ausência de mapas já confeccionados ou pela impossibilidade de apoio em campo.

Sendo assim, além da espacialização dos dados nos mapas, a **Figura 29** apresenta a quantificação das diferentes classes de cobertura da terra na Bacia Hidrográfica em estudo, nos anos de 1984, 2002 e 2018 como já mencionados anteriormente, para melhor compreensão desses resultados.

**Figura 29** - Quantificação das classes de cobertura da terra (em Km<sup>2</sup>) da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos períodos de 1984, 2002 e 2018.



Fonte - Elaborado pelo autor

Observa-se que, com o passar do tempo, a dinâmica da cobertura da terra na região trouxe uma série de modificações nos padrões originais dessas unidades de paisagens, fazendo com que algumas se expandissem e outras regredissem, além de proporcionar o aumento de outras unidades anteriormente em menor proporção, como por exemplo a classe de vegetação xerófito e solo exposto, este último, decorrente provavelmente por desmatamento. E esses possíveis desmatamentos na área de estudo proporcionaram o surgimento de condições ambientais mais severas, substituindo parcialmente a vegetação original, necessitando assim de uma intervenção extrema nessas áreas.

Para melhor entendimento evolutivo ao longo dos anos das unidades da paisagem mapeados, os dados seguem descritos detalhadamente na **tabela 3** para melhor compreensão, no qual apresentam os anos estudados e quais foram os ganhos e perdas das unidades de paisagens em porcentagem na área estudada.

**Tabela 3** - Quantificação dos tipos de solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.

Classes de cobertura da terra	1984		2002		2018	
	Area (km <sup>2</sup> )	Area (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Area (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Area (%)
Floresta densa	1636,77	17,3	563,02	5,8	332,85	3,4
Floresta esparsa	2311,95	24,4	1030,18	10,6	1252,78	12,9
Pastagens	2515,39	26	1892,36	19,4	2815,08	28,9
Arbustos xerófitos	2225,76	23,5	3311,90	33,9	3633,81	37,3
Solo exposto	913,46	9,6	2880,85	29,5	1631,49	16,8
Corpos d'água	88,56	0,9	84,09	0,9	63,68	0,7

Fonte - Elaborado pelo autor

Para além desses resultados, comparando as unidades de paisagens originalmente encontradas na BHRS percebemos que ocorreram modificações profundas nas áreas

ocupadas por Floresta Densa e Floresta Esparsa, melhor visualizado na tabela a seguir  
(Tabela 4):

**Tabela 4** - Tendências de mudanças nas classes de cobertura da terra em porcentagem (Km<sup>2</sup>) da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó nos anos de 1984, 2002 e 2008.

Land cover class	Tendências de Mudanças		
	1984 - 2002	2002-2018	1984-2018
	Area (km <sup>2</sup> )	Area (km <sup>2</sup> )	Area (km <sup>2</sup> )
Floresta densa	-1073,75	-230,17	-1303,92
Floresta esparsa	-1281,76	222,59	-1059,17
Pastagens	-623,03	922,72	299,69
Arbustos xerófitos	1086,13	321,92	1408,05
Solo exposto	1967,39	-1249,36	718,03
Corpos d'água	-4,46	-20,41	-24,87

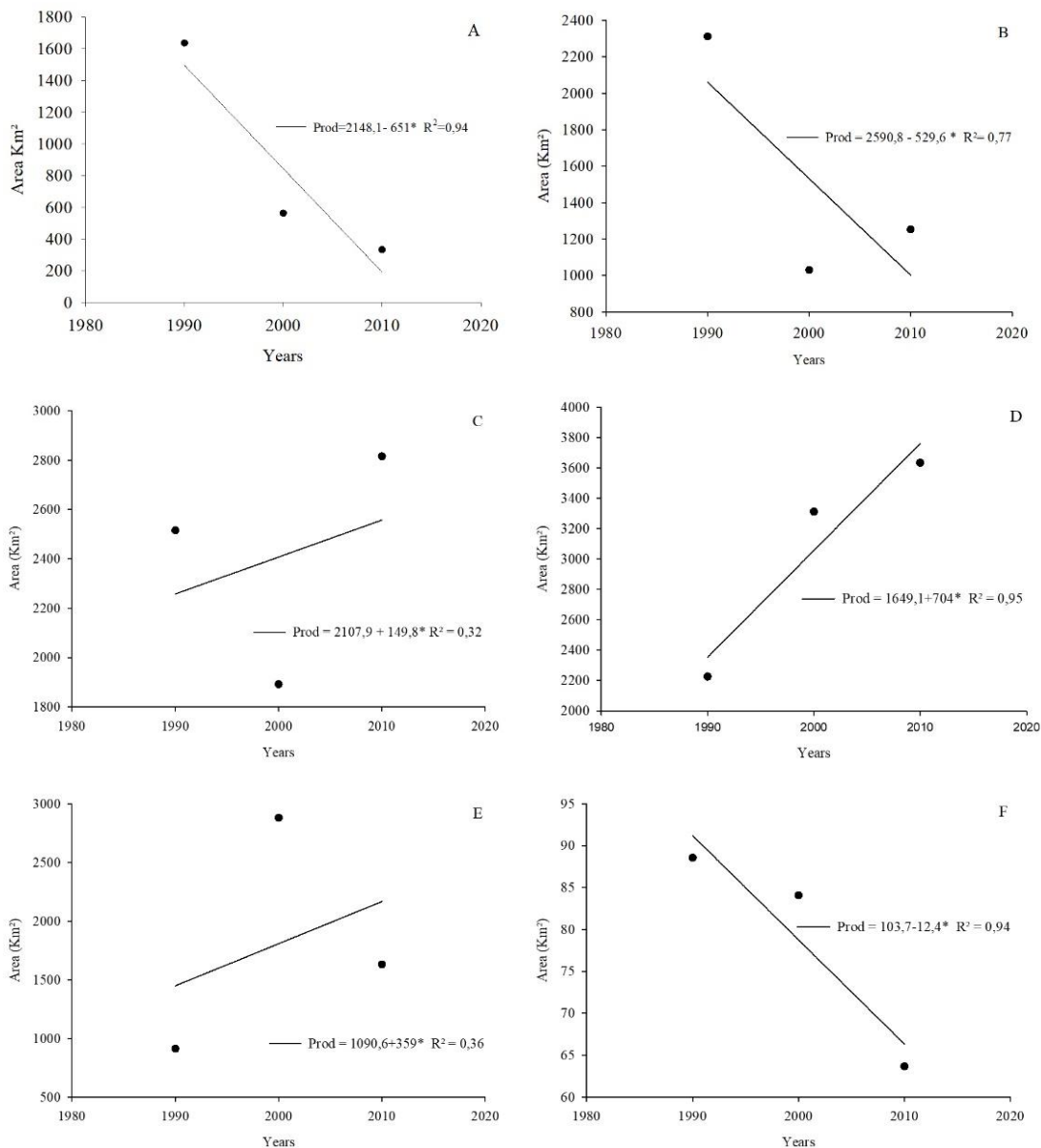
Fonte - Elaborado pelo autor

Frente a esses resultados pode-se entender que, a evolução das unidades de paisagens na área estudada, apesar de obedecerem a uma dinâmica bastante complexa, demonstram no geral, uma situação de constante retirada de vegetação, sinalizando inclusive que em algumas áreas teríamos já estabelecido (ou em fase de estabelecimento) uma situação de desertificação, levando em consideração a definição dada pela ONU (Organizações das Nações Unidas), particularmente quando se refere a ausência temporal da vegetação em certas áreas por períodos prolongados.

Para além dos mapas de cobertura da terra juntamente com os gráficos com seus valores quantificados, obtiveram-se os diagramas de dispersão no qual ilustram possíveis comportamento de mudanças na paisagem (Figura 30).



**Figura 30** - Comportamento de mudanças na paisagem. **A** – Floresta densa; **B** – Floresta esparsa; **C** – Pastagens; **D** – Arbustos xerófitos; **E** – Solo exposto; **F** – Corpos d'água.



**Fonte** - Elaborado pelo autor

Como observado, os valores de  $R^2$  para Floresta densa (0,94), Arbustos Xerófitos (0,95) e corpos d'água (0,94) obtidos por métodos analíticos e estimados pelos modelos de regressão linear apresentaram distribuição de pontos com tendências semelhantes, que embora em número reduzido de análise (apenas 3 períodos temporais), demonstraram uma relação considerável entre tempo e cobertura da terra.

Para a cobertura de floresta esparsa, os valores de  $R^2$  foram menores, ficando estimado em torno de 0,77, no entanto, as diferenças são menores para as classes de cobertura da terra referente a pastagens ( $R^2 = 0,32$ ) e solo exposto ( $R^2 = 0,35$ ), indicando

pouca associação entre essas categorias citadas juntamente com os períodos temporais analisados.

Cabe mencionar que, apesar dessas últimas classes apresentarem valores positivos, o que indica que a medida em que essas variáveis em questão aumentam, diminuem as classes de floresta densa e esparsa. Da mesma forma que também é importante frisar que isso não significa que essa relação é totalmente forte em todos os casos, como constatado a partir da interpretação da **figura 29**, pois como já dito anteriormente, os diagramas de dispersão ilustram possíveis comportamento de mudanças na paisagem da BHRS.

Após a soma percentual das classes (**Tabela 5**), os resultados do teste Qui-quadrado para a comparação dos tipos de cobertura entre os períodos de 1984, 2002 e 2018, conduzidos em intervalos de confiança de 95% para analisar os resultados obtidos de categorias de cobertura da terra em mais detalhes, foram aplicados na área de estudo (**Tabela 6**).

**Tabela 5** - Classes de cobertura da terra quantificadas em porcentagem (%). FD – Floresta densa; FE – Floresta esparsa; P – Pastagens; AX – Arbustos xerófitos; SE – Solo exposto; CDA– Corpos d’água.

Anos	Cobertura da terra						Total
	FD	FE	P	AX	SE	CDA	
1984	16,9	23,9	26,0	23,0	9,4	0,9	100,0
2002	5,8	10,6	19,4	33,9	29,5	0,9	100,0
2018	3,4	12,9	28,9	37,3	16,8	0,7	100,0
<b>Total</b>	26,1	47,3	74,3	94,2	55,7	2,4	

Fonte - Elaborado pelo autor

**Tabela 6** - Teste de significância de qui-quadrado.  $f_o$  – Frequência Observada;  $f_e$  – Frequência Esperada;  $\chi^2$  - Qui-quadrado; DF – Grau de concordância; p value – Valor de significância do teste;  $\chi^2$  crítico – Qui-Quadrado tabelado.

		Cobertura da terra					
		DF	SF	G	XS	S	W
<b>1984</b>	$f_o$	16,9	23,9	26,0	23,0	9,4	0,9
	$f_e$	8,76	15,89	24,96	31,67	18,72	0,82
<b>2002</b>	$f_o$	5,8	10,6	19,4	33,9	29,5	0,9
	$f_e$	8,76	15,89	24,96	31,67	18,72	0,82
<b>2018</b>	$f_o$	3,4	12,9	28,9	37,3	16,8	0,7
	$f_e$	8,76	15,89	24,96	31,67	18,72	0,82
	$\chi^2$	35,01					
	DF	10					
	P value	0,05					
	$\chi^2$ crítico	18,31					

Fonte - Elaborado pelo autor



Como resultados obtidos o teste de Qui-quadrado comprova diferenças significativas na área de estudo ( $Qui\text{-}quadrado = 35,01$ ). Ou seja, houveram mudanças na cobertura da terra da área de estudo no período temporal analisado. Neste sentido, é possível observar através do teste, que atividades antrópicas podem estar contribuindo com a dinâmica espacial da cobertura da terra na área de estudo.

Comparando a distribuição de diversos acontecimentos em diferentes amostras, a fim de avaliar se as proporções observadas destes eventos mostram ou não diferenças significativas, ou se as amostras diferem significativamente quanto às proporções desses acontecimentos, aplicado e observado também em outros trabalhos de mudanças na cobertura da terra (e.g. KIOKO; OKELLO, 2010; KAVZOGLU; COLKESEN, 2013; SYOMBUA, 2013; GARTZIA; ALADOS; PÉREZ-CABELLO, 2014; ADHIAMBO et al., 2017; KOUBA et al., 2018), nossos resultados enfatizaram a necessidade de mapeamento explícito da degradação da terra para a área de estudo.

Contudo, ao discutir-mos esses dados, observa-se que a BHRS passou por uma expressiva mudança na cobertura da terra entre 1984 e 2018, que afetaram mais de 1600 km<sup>2</sup>, aproximadamente 30% da cobertura original da vegetação. Bem como um aumento significativo das pastagens. Corroborando assim, com outros estudos em ambientes semiáridos que também indicaram extensas mudanças na cobertura original da terra (TAYLOR et al., 2002; XUEJIE et al., 2003; GARCÍA-LLORENTE et al., 2012; VIEIRA et al., 2013; SCHULZ et al., 2017; BEZERRA et al., 2020).

Em outras palavras, na Bacia Hidrográfica, observa-se que com o passar do tempo, a dinâmica da cobertura da terra na região trouxe uma série de modificações nos padrões originais dessas unidades de paisagens, fazendo com que algumas dessas unidades se expandissem e outras regredissem, como por exemplo a classe de vegetação xerófita e solo exposto, este último, provavelmente por desmatamento. Esses possíveis desmatamentos na área de estudo proporcionaram o surgimento de condições ambientais mais severas, substituindo parcialmente a vegetação original, necessitando assim de uma intervenção extrema nessas áreas.

Nesse sentido, a avaliação da cobertura da terra e suas implicações climáticas são essenciais para os tomadores de decisão, para as políticas públicas e para um plano de manejo integrado de uma importante região do Brasil, nesse caso, a semiárida.



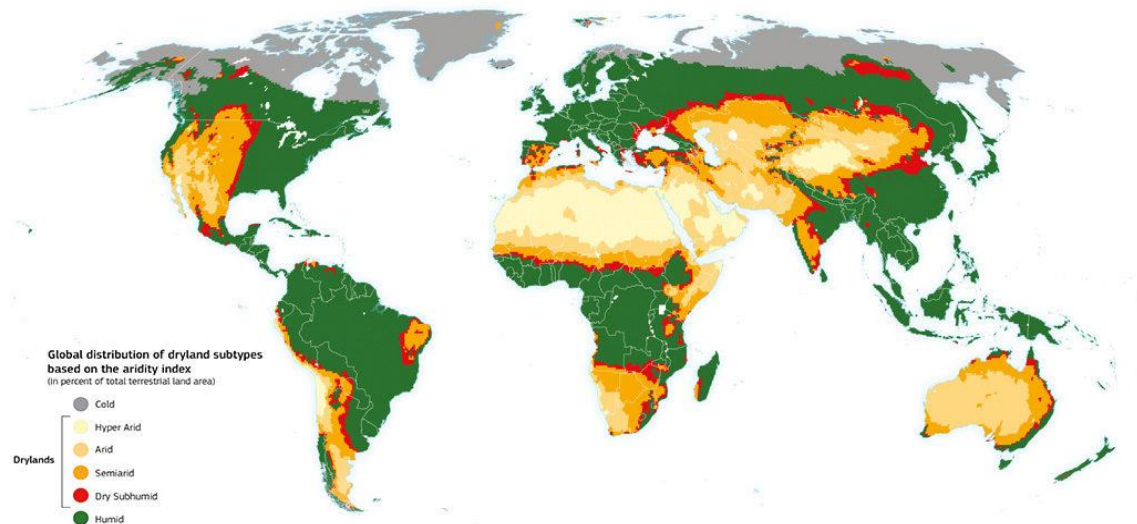
## **CAPITULO 06 - UNIDADES FITOECOLÓGICAS DA** **BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ**

*“Dos grandes tipos de vegetação do Brasil, a Caatinga sem dúvida, é o mais heterogêneo, englobando um grande número de formações e associações vegetais fisionômica e floristicamente distintas”*

- EGLER, Walter Alberto. Contribuição ao estudo da Caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Geografia**, 1951 -

Embora a biodiversidade em ambientes áridos e semiáridos sejam menores que nas exuberantes florestas tropicais úmidas, as Florestas tropicais sazonalmente Secas – FTSS apresentam plantas e animais adaptados às suas condições extremas, com altas taxas de endemismo (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018) e abrangem uma área de aproximadamente 30% da superfície da Terra (OKIN; GILLETTE; HERRICK, 2006) cobrindo grande parte do norte e sul da África, oeste da América do Norte, partes da América Latina, além da Austrália, Oriente Médio e Ásia Central. (**Figura 31**).

**Figura 31** - Mapa de tipos climáticos do mundo. A distribuição observada em diferentes níveis de aridez, baseado em dados de 1981-2010. A cor do sombreado indica regiões definidas como frio (cinza), úmido (verde), subúmido seco (vermelho), semiárido (laranja escuro), árido (laranja pálido) e hiperárido (amarelo pálido).



**Fonte** - European Commission's Joint Research Unit.

Disponível em < <https://wad.jrc.ec.europa.eu/patternsaridity> > Acesso em 06/11/2019.

Estas regiões são geralmente definidas como ambientes de precipitação média anual baixa, associados a altas temperaturas, que impõem limites fundamentais às populações de plantas e atividades humanas como a agricultura (VOROSMARTY, 2000). De tal modo que, nestes locais, a maior dificuldade em avaliar as modificações da cobertura da terra, é separar os efeitos da atividade humana e os efeitos das flutuações climáticas interanuais (DIOUF; LAMBIN, 2001).

Diante desse cenário, o Brasil, apresenta uma região de clima semiárido, a qual estende-se por uma área estimada em 800.000 km<sup>2</sup> (aproximadamente 11% do território brasileiro) ocupando a maior parte da região Nordeste do Brasil e o norte do estado de Minas Gerais (**Figura 32**), sua vegetação natural é caracterizada como uma Savana Estépica, conhecida como “Caatinga”, único ecossistema exclusivamente brasileiro, na

qual é composta por um mosaico de florestas secas e vegetação arbustiva, com enclaves de Florestas Úmidas Montanas e de Cerrados (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018).

**Figura 32** - Mapa de localização do Bioma das Caatingas.



Fonte - Adaptado de GUEDES (2016).



A elaboração de metodologias capazes de contemplar as inúmeras tipologias da vegetação da Caatinga, de forma satisfatória, apresenta elevada dificuldade. Isso ocorre em virtude da complexidade da vegetação em questão e também devido ao conhecimento ainda pequeno que se tem em relação a esse Bioma.

Com o avanço do conhecimento sobre a ecologia da Caatinga e com o crescente emprego de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, diversos ambientes de Caatinga experimentaram um aumento expressivo de mapeamentos com diversos fins, tais como para ambientes serranos (e.g. BARBOSA; CARVALHO; CAMACHO, 2017), bacias hidrográficas (e.g. ALVES et al., 2014), núcleos de desertificação (e.g. AQUINO; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2012) e ambientes de depressão sertaneja pontilhados por serras (e.g. COSME-JÚNIOR, 2011). Dessa forma, tem-se o emprego cada vez mais amplo dos índices de vegetação nos mapeamentos, uma vez que permitem mapear a cobertura vegetal de Caatinga através de sua atividade fotossintética, tendo um número crescente de estudos comparando o desempenho do NDVI – Normalized Difference Vegetation Index e SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index (RIBEIRO; SILVA; SILVA, 2016).

Contudo, dos grandes tipos de vegetação do Brasil, a Caatinga sem dúvida, é o mais heterogêneo, englobando um grande número de formações e associações vegetais fisionômica e floristicamente distintas (EGLER 1951). E Apesar de estar realmente bastante alterada, é um bioma de grande biodiversidade, com relevância biológica e de beleza peculiar considerável, com destaque para a multiplicidade de comunidades vegetais, formadas por uma gama de combinações entre tipos edáficos e variações microclimáticas, além de uma proporção expressiva de táxons raros e endêmicos (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018; COE et al., 2017).

Diante do exposto, é importante ressaltar a necessidade do desenvolvimento concomitante a ações que conservem a natureza, através de estratégias capazes de levantar, ponderar e integrar dados dos componentes dos ecossistemas, a partir de ações tomadas com base no planejamento ambiental, para que se possa haver uma correta intervenção respeitando as aptidões e limitações ambientais das mesmas.

Dentro desta proposta, pretende-se partir como recorte espacial, a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, na perspectiva de uma unidade de gestão territorial, uma vez que todos os aspectos ambientais (relevo, declividade, solo, geomorfologia, cobertura vegetal) são utilizados na delimitação.



Tendo em vista a definição de Christofolletti (1979), que um Sistema Ambiental corresponde a um conjunto de elementos e das relações entre si e entre os seus atributos, percebe-se então a pertinência de que as Bacias Hidrográficas podem ser estudadas e compreendidas sob a luz do Conceito de Sistema Ambiental.

Dito isso, embora as unidades da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó e seu entorno já tenham sido largamente estudadas a nível geoambiental (e.g. FERNANDES; BARBOSA; SILVA, 1998; PEREIRA-NETO; FERNANDES, 2015; 2016; RABELO; ARAÚJO, 2019), ainda não se tem uma análise pormenorizada no tocante as unidades fitoecológicas e diversidade paisagística na área de estudo. Neste contexto, que se torna importante ressaltar a necessidade do desenvolvimento concomitante a ações que conservem a natureza, e que tenham como foco buscar estratégias capazes de levantar, ponderar e integrar dados dos componentes dos ecossistemas.

Assim, objetivamos traçar uma síntese que permita, por meio de explicações e mapas didáticos, a compreensão do quadro fitoecológico da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, a partir da interação da vegetação com os demais elementos físicos que caracterizam a diversidade paisagística da área de estudo.

## 6.1 UNIDADES FITOECOLÓGICAS

A vegetação é o reflexo dos demais componentes geoambientais, a saber: climas, solos, rochas, relevo e os recursos hídricos, influenciando na morfogênese/pedogênese e constituindo a melhor resposta decorrente do jogo de combinações entre os componentes do potencial ecológico (SOUZA, 1981). Dessa forma, a vegetação não surge ao acaso, mas é fruto da ação do clima, dos tipos de solo, do relevo e dos processos histórico-biogeográficos atuando conjuntamente (MORO et al., 2015).

Pode-se entender que a evolução das unidades de paisagens na área estudada, demonstram no geral, uma situação de constante retirada de vegetação, sinalizando inclusive que em algumas áreas teríamos já estabelecido (ou em fase de estabelecimento) uma situação de desertificação, levando em consideração a definição dada pela ONU (Organizações das Nações Unidas), particularmente quando se refere a ausência temporal da vegetação em certas áreas por períodos prolongados.

De acordo com Veloso et al. (1991), a área da província da Caatinga caracteriza-se pelo predomínio da savana-estépica, tipologia marcada pela presença de fanerófitos





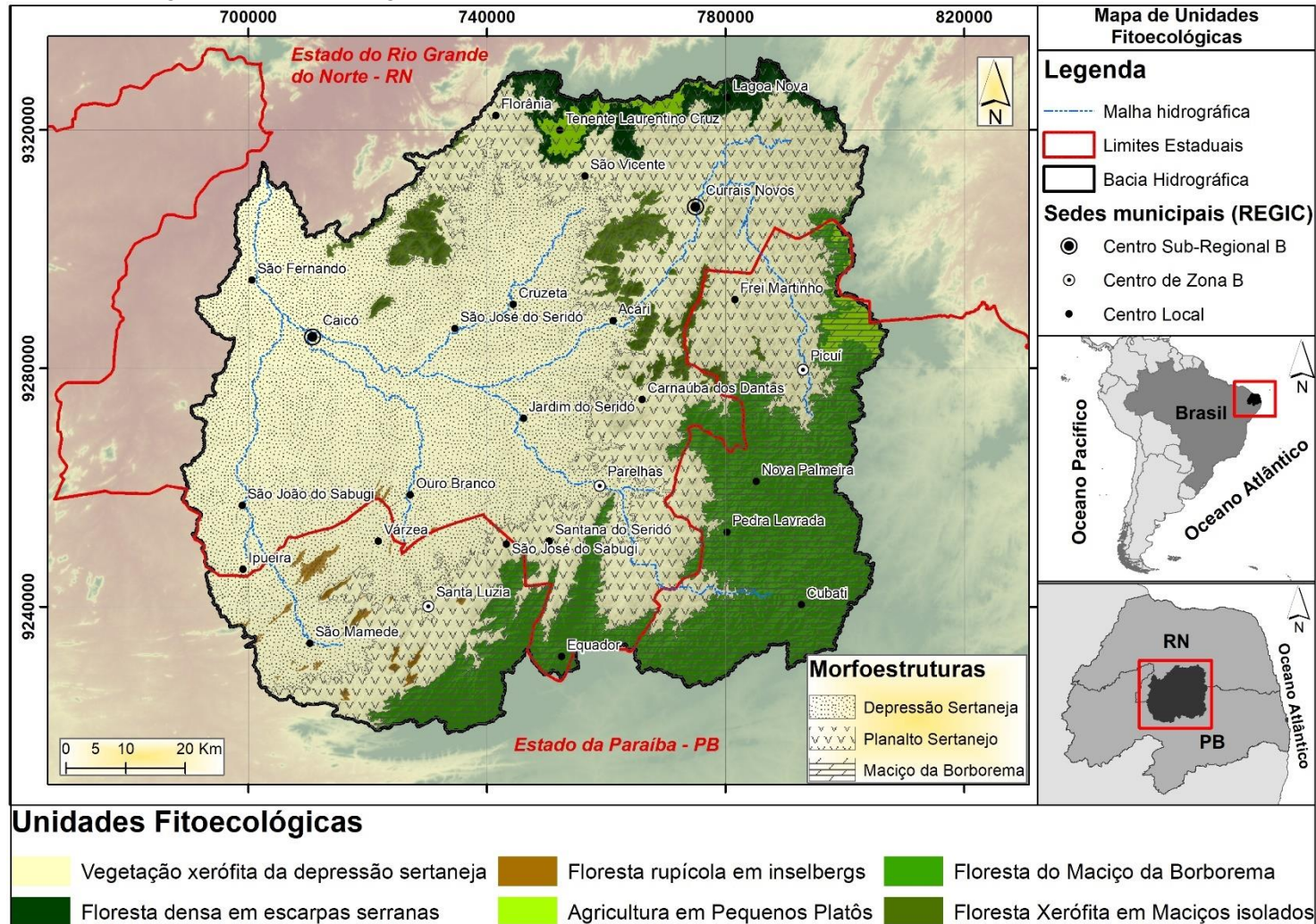
caducifólios espinhosos de pequeno porte, caméfitos e terófitos (BRASIL, 1983). Apresenta uma variada cobertura vegetal, em grande parte determinada pelo clima, relevo e embasamento geológico que, em suas múltiplas interrelações, resultam em sistemas ecológicos bastante variados (ANDRADE-LIMA, 1981; SAMPAIO, 1995).

Em relação a sua fisionomia, a vegetação de Caatinga pode apresentar porte desde arbóreo até arbustivo denso ou arbustivo aberto, porém, Moro et al. (2015) complementa que, o porte da Caatinga em uma área pode estar muito mais ligado ao histórico de impactos antrópicos do que a fatores ecológicos. Aparentemente, seria essa uma espécie de “caatinga arbórea devastada ao nível de arbusto”, devido à histórica degradação decorrente da sobreexploração sobre toda esta extensão (MAIA, 2012). Entretanto, conforme ressaltam Pereira Neto e Silva (2012), em algumas áreas específicas, como as áreas serranas, ainda se encontram importantes refúgios da flora regional.

Assim, em escala local, variações topográficas na Bacia Hidrográfica contribuem para a ocorrência de gradientes menores de vegetação. Além disso, diferenças litológicas, tanto em uma escala regional como em uma local, contribuem para o diversificado mosaico vegetacional e, portanto, diferentes unidades fitoecológicas foram estabelecidas.

A partir da análise morfoestrutural (**Figura 17**) e a interpretação da mudança da cobertura da terra na bacia (**Figuras 26, 27 e 28**) foi elaborado um mapa do sistema de unidades fitoecológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó (**Figura 33**). Ambas têm o propósito de nortear o entendimento no que tange à relação entre as diferentes fitofisionomias e as unidades de relevo da Bacia Hidrográfica. No decorrer do texto, partiremos da descrição dessas unidades de relevo por entender que aos diversos ambientes por elas condicionados estão associados diferentes tipos de vegetação.

Figura 33 - Unidades Fitoecológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.



Fonte - Elaborado pelo autor



### 6.1.1 Vegetação xerófila da depressão sertaneja – VXDS.

Segundo as descrições e definições das ecorregiões da Caatinga propostas por Velloso et al. (2002), a Depressão Sertaneja Setentrional ocupa a maior parte do norte do bioma, desde a fronteira norte de Pernambuco, estendendo-se pela maior parte dos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará e prolonga-se até uma pequena faixa ao norte do Piauí, entre o litoral e as ecorregiões do Complexo de Campo Maior e Complexo Ibiapaba-Araripe.

Na área de estudo em questão, a altitude varia de 120 a 500 metros na área de depressão, com elevações de 500 a 800 m (como é o caso dos inselbergs e maciços isolados) distribuídos na bacia hidrográfica. Esta ecorregião não contém rios permanentes, entretanto de acordo com Velloso et al. (2002) apresenta importantes corpos d'água temporários, com fauna e flora específicas associadas.

Esta unidade fitoecológica compreende a área mais seca da área de estudo, cuja pluviosidade é reduzida devido à barreira geográfica do Planalto da Borborema, e contém também áreas em processo de desertificação. Como a pluviosidade é concentrada em apenas alguns meses, durante boa parte do ano as plantas não possuem água disponível para seu crescimento. Com isso, a maioria das árvores e arbustos evitam o estresse hídrico descartando as folhas durante a estação seca.

Tipicamente, a VXDS ocorre em solos rasos e pedregosos, com média a boa fertilidade que, entretanto, não têm como manter água edáfica após as chuvas, devido à sua pouca profundidade.

Predomina a vegetação do tipo Caatinga arbustiva a arbórea (**Figura 34**), sobre solos de origem cristalina sendo classificada pelo IBGE (2012) como “Savana Estépica” ocorrendo especialmente nas terras baixas entre serras e planaltos (ANDRADE-LIMA, 1981). Podem apresentar porte desde arbóreo até arbustivo denso ou arbustivo aberto (VELOSO et al., 1991; FIGUEIREDO, 1997). E como já mencionado em outro momento, a tipologia vegetal de maior extensão no semiárido, individualizada pela presença de fanerófitos espinhosos de pequeno porte (pequenas árvores e arbustos), caméfitos e principalmente pela elevada riqueza de terófitos (BRASIL, 1983).

Ao longo da área também são observadas outras espécies, a saber: Angico (*Anadenanthera colubrina*), Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), joazeiro (*Ziziphus joazeiro*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e Oiticica (*Licania rigida*).

**Figura 34** - Vegetação xerófila da depressão sertaneja.



Fonte - OLIVEIRA, Paulo Jerônimo Lucena. 2022; Acervo do autor.

Essas tipologias na área de estudo foram identificadas e abordadas em outros trabalhos na região (e.g. AMORIM et al., 2005; 2009; COSTA et al., 2009; FABRICANTE; ANDRADE, 2007; OLIVEIRA et al., 2022; SANTANA et al., 2011; 2016).

Do ponto de vista da ocorrência de espécies vegetais, existe o fator positivo baseado na ocorrência das plantas perenifólias de mata ciliar da Caatinga. Entretanto, de maneira negativa, isto se dá de forma setorial, possivelmente em detrimento da retirada dessa vegetação para a prática de culturas agrícolas nos solos férteis dos terraços fluviais.

Contudo, Coelho et al. (2014), em estudo elaborado no semiárido paraibano, concluíram que a classe de Caatinga densa apresenta declínio em função da degradação, fazendo com que esta converta-se em classes menos densas, o que possivelmente pode ter sido a explicação para a área de estudo do presente trabalho. Já que Segundo Moro et al. (2015), a Caatinga encontra-se ameaçada especialmente pelo desmatamento, pastoreio excessivo para agricultura e pecuária, retirada de lenha, produção de carvão, bem como pelo processo de desertificação.

### **6.1.2 Floresta densa em escarpas serranas - FDES**

As Escarpas Serranas são relevos de degradação em qualquer litologia, com morfologia muito acidentada, compostas por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas, e topos de cristas alinhadas, com amplitudes de relevo acima de 300 metros e inclinação das vertentes de 25° a 45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60° a 90°), aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus (DANTAS; FERREIRA, 2010).

Compreende uma área em que sofre bastantes processos erosivos de denudação, na qual são carreados para as superfícies mais rebaixadas. Há predomínio nessas unidades de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão) (PFALTZGRAFF, 2010). Sendo bastante frequente a atuação de processos de erosão laminar e de movimentos de massa, com a geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes segundo esse mesmo autor. Ainda nas Escarpas Serranas, predominam Neossolos Litólicos e Afloramento de Rocha, em um embasamento granítico-gnáissico.

Os contatos entre as áreas elevadas das serras e a depressão sertaneja se dão de forma abrupta, com declives acentuados e, em muitos casos, escarpados em vertentes

graníticas e/ou cornijas areníticas. Com isso, sua vegetação é marcada por árvores de porte mais elevado (>7 metros de altura) em suas encostas em comparação com o seu entorno.

Em termos fisionômicos, o tipo dominante nessas serras é a floresta densa, chamada regionalmente de “floresta serrana”, associada à floresta aberta nas escarpas médias e inferiores voltadas para a direção dos ventos, à vegetação caducifólia espinhosa nas escarpas à sotavento da serra ou do maciço onde a serra ocorre e, eventualmente, vegetação rupícola em locais com afloramentos de rocha (RODAL et al., 1998).

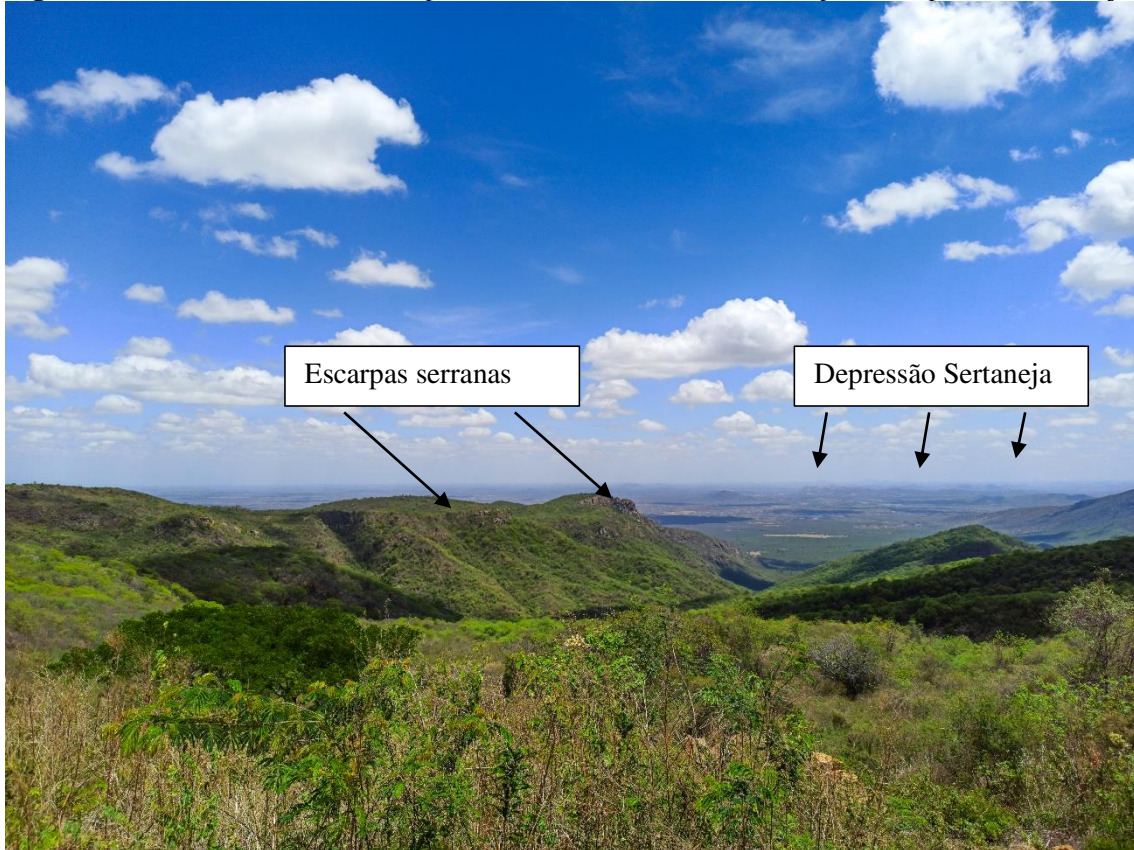
Sua ocorrência também está ligada aos fatores topográficos, sendo muito comum na vertente úmida da serra de Santana, o que dificulta a ocupação e o estabelecimento de atividades antrópicas. De modo que essas áreas de maior inclinação como as escarpas de planalto são mais conservadas, devido às limitações à atividade humana, sendo comum de se encontrar nessas áreas Caatinga arbórea, ou mesmo arbustiva fechada, pois nela é maior a preservação das condições naturais (DINIZ; OLIVEIRA, 2018; DINIZ; OLIVEIRA; SOUZA, 2020) (**Figuras 35 e 36**).

**Figura 35** - Floresta densa em Escarpas da Serra de Santana nos períodos chuvosos e de estiagem.



**Fonte** - NASCIMENTO, Douglas Macêdo do (2022).

**Figura 36** - Floresta densa em Escarpas da Serra de Santana com vista para a Depressão Sertaneja.



Fonte - NASCIMENTO, Douglas Macêdo do (2022)

### 6.1.3 Vegetação Rupícola em Inselbergs - VRI

A vegetação rupícola ocorre em ambientes rochosos, onde os solos são pouco desenvolvidos (neossolos litólicos), seja nos lajedos, seja nos Inselbergs (MORO et al., 2015).

No nordeste setentrional brasileiro, situam-se vários campos de inselbergs, exumados por fatores erosionais ao longo do tempo (**Figura 37**).

Se apresentam nas paisagens planas das ecorregiões de depressão sertaneja, e normalmente é comum nessas paisagens, a ocorrência de uma vegetação rupícola, devido à presença de um solo raso. Ou seja, a vegetação existente nesses afloramentos é adaptada naturalmente a paisagem da região, sendo capazes de tolerar as pressões dos fatores microclimáticos da região (MACHADO-FILHO, 2011). Fatores esses determinantes para a adaptação das espécies encontradas nesse local como: altos níveis de radiação, pouca disponibilidade de substrato e altos níveis de estresse hídrico, condições abióticas essas que contribuíram para que os inselbergs formassem áreas isoladas, com elevada biodiversidade.

**Figura 37** - Inselberg nas proximidades do município de Várzea.



**Fonte** - Acervo do autor.

Dessa forma, a vegetação nesses ambientes é composta principalmente por espécies herbáceas, onde se destacam as monocotiledôneas que formam grandes tapetes sobre a rocha (LOPES-SILVA et al., 2019). Árvores, arbustos e trepadeiras também são frequentemente registrados, embora em menor abundância em relação as ervas, e desenvolvem-se nas fissuras e fendas da rocha e micro habitats que acumulam maior quantidade de substrato e água (POREMBSKI; BARTHLOTT, 2000; POREMBSKI, 2007).

Em outros termos, esses afloramentos rochosos constituem uma barreira seletiva à ocupação e estabelecimento de espécies vegetais. Neles, os habitats rupícolas caracterizam-se principalmente pela ausência e/ou escassez de solo, pelas características edáficas, por fatores micro-climatológicos limitantes potenciados por características geomorfológicas e pela natureza geológica das rochas (e.g., ABREU et al., 2012; ARRUDA et al., 2015; CARLUCCI et al., 2015) (**Figura 38**).



**Figura 38** - Vegetação rupícola em Inselbergs (Serra da Formosa – Nome regional) nas proximidades do município de Várzea/PB.



Fonte: OLIVEIRA, Paulo Jerônimo Lucena (2022).

A rigor, inselbergs não são um tipo específico de vegetação, mas sim uma feição geomorfológica que ocorre quando rochas mais resistentes à erosão resistem na paisagem como blocos rochosos expostos (MORO et al., 2015). Por extensão, atribui-se o nome inselberg aos ambientes rupícolas dos inselbergs e à vegetação que ocorre nesses ambientes conforme esses autores.

#### **6.1.4 Agricultura em pequenos platôs - APP**

Essa categoria possui no pico, coberturas sedimentares identificadas pelo topo plano. Estas estão representadas na área de estudo pelas serras de Santana (no estado do Rio Grande do Norte) e de Cuité (no estado da Paraíba). Os rebordos dessas superfícies, posicionados em cotas elevadas, são delimitados, em geral, por vertentes íngremes a escarpadas (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010). Com áreas elevadas no formato de platôs que ultrapassam os 700 metros de altura (DINIZ et al., 2020).

Apesar da semelhança com as outras áreas de Caatinga estudadas, quanto ao regime de chuvas, esta região serrana constitui uma exceção entre as áreas de Caatinga, pois, devido à altitude elevada, possui vegetação arbórea e clima mais ameno, com temperatura média anual de 27°C (BELTRÃO et al., 2005).

Na Serra de Santana por exemplo, as condições amenas de temperatura, são importantes para a prática do turismo como atividade econômica na região como o turismo, porém, além do turismo, outras atividades econômicas importantes para algumas áreas dos planaltos sedimentares é a fruticultura, principalmente a cultura de caju, presente no município de Lagoa Nova/RN (DINIZ et al., 2020), além de milho e feijão (**Figura 39**). Atividades econômicas essas bem semelhantes com a do município de Tenente Laurentino Cruz/RN, a partir do cultivo de mandioca, caju e pinha (SOUZA, 2016).

**Figura 39** - Agricultura em pequenos platôs no município de Lagoa Nova/RN.





Fonte - NASCIMENTO, Douglas Macêdo do (2022).

### 6.1.5 Floresta do Maciço da Borborema - FMB

Essa região natural é composta pelas áreas mais elevadas sobre as rochas cristalinas na Bacia Hidrográfica, com altitudes acima dos 700 metros. Com isso, esses terrenos têm características que variam conforme a altitude e a planimetria.

Nas áreas mais aplainadas existem verdadeiros sertões suspensos, como o Seridó Oriental, nas proximidades de Currais Novos, onde as atividades humanas dominantes são as mesmas dos sertões (OLIVEIRA; CESTARO, 2012). Áreas essas que “bordejam” o Maciço da Borborema.

É importante frisar que, o Maciço da Borborema exerce um papel fundamental no clima da área de estudo, pois funciona como uma barreira para os ventos úmidos que sopram do oceano atlântico (Massa Tropical Atlântica), causando efeito orográfico e, proporcionando a formação de ambientes mais secos nas áreas a sotavento da escarpa ocidental do maciço, como nos municípios de Currais Novos e Parelhas no Rio Grande do Norte, bem como o município de Santa Luzia no estado da Paraíba.

A maior parte da vegetação dessa região, é constituída por uma Caatinga com porte mais elevado e uma acentuada riqueza florística, o que possivelmente pode ser explicado pelas menores temperaturas observadas na região, especialmente noturnas (JACOMINE et al. 1973). Destaca-se, novamente, que nas áreas mais escarpadas, onde estão sobrepostos os platôs sedimentares, a ocupação é menor e ocorrem verdadeiros relictos de Caatinga arbórea, pois são áreas mais preservadas (DINIZ; OLIVEIRA; SOUZA, 2020) (**Figura 40**).

**Figura 40** - Floresta do Maciço da Borborema no município de Lagoa Nova/RN.





**Fonte:** NASCIMENTO, Douglas Macêdo do (2022); OLIVEIRA, Paulo Jerônimo Lucena (2022).

### 6.1.6 Floresta Xerófita em Maciços isolados - FXMI

Constitui-se por diferentes litologias do embasamento cristalino, relacionadas ao complexo Caicó. As expressões topográficas dos maciços estão relacionadas aos terrenos e extensos complexos gnaissicos e migmatíticos, granitoides brasileiros e um variado mosaico de rochas graníticas, essas são de natureza litológica mais resistente, nas quais se preservam as principais frações e retalhos dos pediplanos do Planalto da Borborema, exibindo porções positivas do relevo (BRITO-NEVES, 1983).

As Serras de São Bernardo e da Formiga (**Figura 41**) nas proximidades do município de Caicó, bem como as Serras de Mirador e das Cruzes nas imediações dos municípios de Acari e Carnaúba dos Dantas são exemplos dessas áreas que contribuem para a formação fisionômica dessa vegetação (Floresta Xerófita), uma vez que as áreas aplainadas exibem um estrato arbóreo diferenciado daquele encontrado nessas áreas de morros.

**Figura 41** - Floresta xerófitica em maciços isolados nas proximidades município de Caicó/RN. (Serra da Formiga).



**Fonte:** OLIVEIRA, Paulo Jerônimo Lucena (2022).

É importante destacar que a geomorfologia favorece, também, a formação de estratos diferenciados, localizados em uma mesma área “core” ou ainda área nuclear (AB’SABER, 2003). Com isso, nas áreas de morros, a Caatinga está relativamente preservada. Ou seja, a vegetação assume o caráter imposto pelo ambiente de baixa precipitação, sendo comuns a ocorrência de cactáceas, bromeliáceas e plantas adaptadas aos rigores de uma paisagem de semiaridez severa. Já que sua vegetação é constituída por arbustos tortuosos que perdem as folhas na estação seca, cactáceas e bromeliáceas, e por vegetação rasteira que surge na estação chuvosa.

O **quadro 08** traz uma síntese das unidades e subunidades morfoestruturais delimitadas na bacia hidrográfica do rio Palmeira, com base na definição das escalas e compartimentação, agregando informações como ocupação da terra, e posteriormente, o mapeamento fitoecológico.

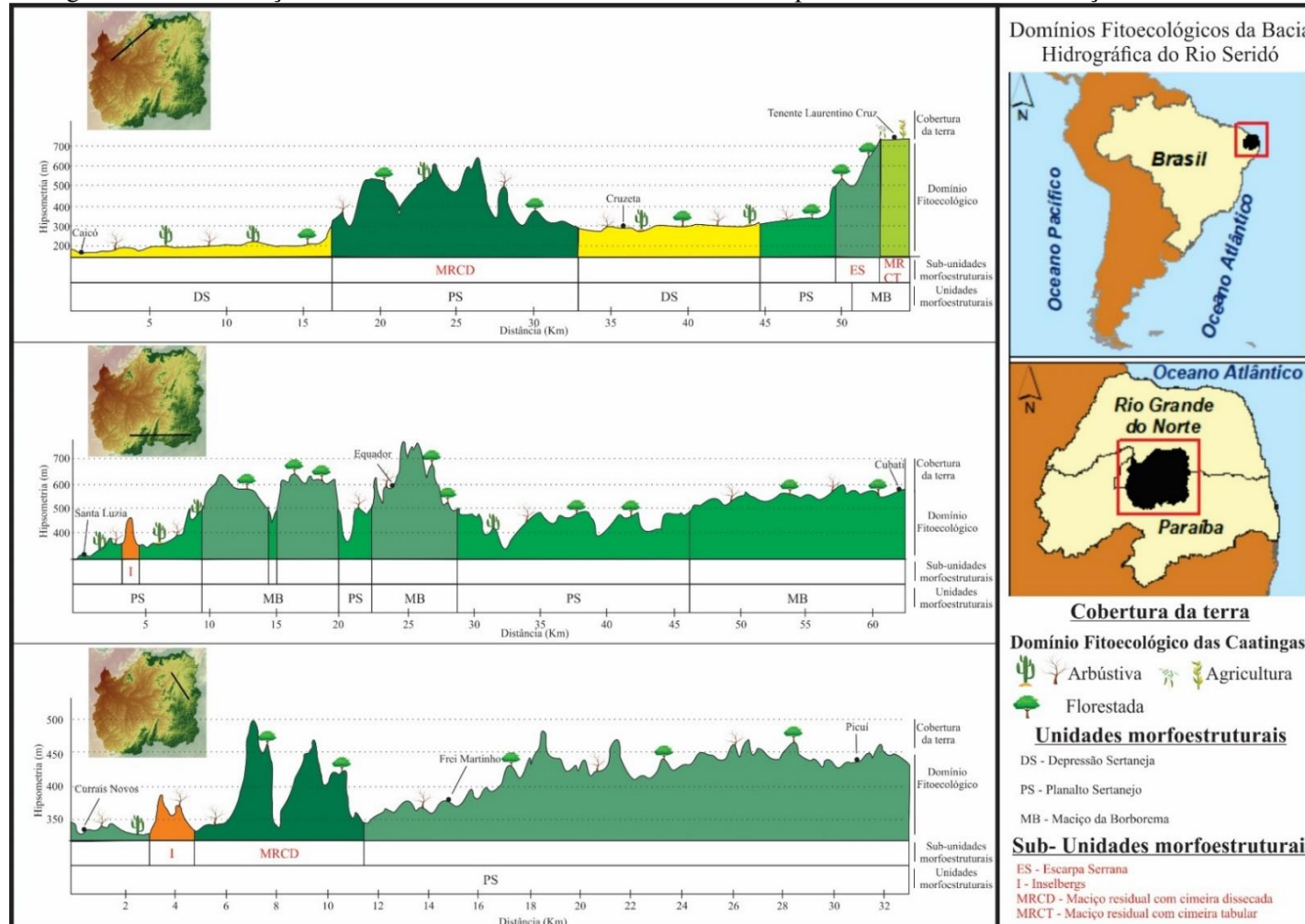
**Quadro 08** - Síntese das unidades da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó.

Unidade Morfoestrutural	Sub-unidades morfoestruturais	Cobertura da terra	Domínio fitoecológico	Imagem representativa
Depressão Sertaneja	Planícies aluviais	Solo exposto	Vegetação xerófita da depressão sertaneja	
	Superfície erosiva rebaixada	Vegetação arbustiva xerófita		
	Maçiços residuais com cimeira dissecada	Floresta esparsa Vegetação arbustiva xerófita	Floresta Xerófita em Inselbergs	
Planalto Sertanejo	Maçiços residuais com cimeira dissecada	Vegetação arbustiva xerófita	Floresta xerófita em maciços isolados	
	Escarpas erosiva		Floresta de escarpas serranas	
	Platôs, cristas e vales	Floresta densa	Floresta da borborema	
Maciço da Borborema	Maçiços Residuais com Cimeira Tabular	Agricultura Solo exposto	Agricultura em pequenos platôs	

**Fonte** - Elaborado pelo autor.

Para melhor compreensão, a **figura 42** traz um perfil representativo dos aspectos de das unidades fitoecológicas nos diferentes setores da bacia.

**Figura 42** - Síntese dos Domínios Fitoecológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. **DS** – Depressão Sertaneja; **PS** – Planalto Sertanejo; **MB** – Maciço da Borborema; **I** – Inselbergs; **MRC** – Maciço Residual com Cimeira Dissecada; **ES** – Escarpa Serrana; **MRCT** – Maciço Residual com Cimeira Tabular.



Fonte - Elaborado pelo autor.





## CONCLUSÕES

*“Sempre parece impossível até que seja feito”*

**- Nelson MANDELA (1918-2013) -**



Diante da metodologia abordada para efetuação desse trabalho, podemos apresentar aqui, considerações finais resultantes do desenvolvimento da pesquisa.

Inicialmente, a fundamentação teórico-metodológica utilizada para a execução do trabalho foi a Geocologia das Paisagens. Inserida na vertente dos estudos ambientais possibilitou, a partir de sua visão sistêmica e integrada, uma maior articulação entre os diferentes aspectos de formação e funcionamento da paisagem, direcionados a investigação na bacia hidrográfica do Rio Seridó.

Vale ressaltar que, a metodologia proposta neste trabalho mostrou-se eficaz a partir da modelagem em SIG. Sendo possível fazer uma espacialização e distinção dos diferentes aspectos ambientais da bacia hidrográfica, permitindo a análise e correlação entre suas dinâmicas hidrológicas e as características do ambiente, podendo gerar modelagens futuras para tomadas de decisão junto ao planejamento ambiental.

Em outros termos, as técnicas de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) possibilitam alcançar respostas de modo mais rápido e eficaz sobre o estado socioambiental de uma bacia hidrográfica. Dessa forma, as Geotecnologias têm fundamentado a análise espacial das características físicas da paisagem, ao pressupor a interdisciplinaridade no seu manuseio.

Sendo assim, A partir das observações realizadas em campo, que culminaram na descrição da paisagem e análise do ambiente apresentamos aqui, uma revisão geral sobre os aspectos físicos da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. Destaca a necessidade de um levantamento dos condicionantes geológicos, geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos, pedológicos e vegetacionais, posteriormente espacializados em mapas temáticos.

Com isso, a ação conjunta entre esses fatores, componentes e seus processos dinâmicos no tempo torna-se, pois, uma condição fundamental para a formação e organização de uma unidade natural territorial complexa, com diversas interações e combinações, então relacionadas a certo grau de homogeneidade. Em outras palavras, a identificação dos diferentes padrões de organização através do mapeamento da paisagem, demonstra a diversidade em termos ambientais da bacia, assumindo assim, grande importância nas ciências ambientais, pois permitem identificar as diferentes paisagens de uma determinada área, e a depender da finalidade, ajudar em planejamento prévio da área por exemplo.



Apresentamos também, uma revisão geral sobre as unidades geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. Onde a identificação dos diferentes padrões de organização do relevo através do mapeamento geomorfológico assume grande importância nas ciências geomorfológicas, permitindo identificar áreas que são naturalmente vulneráveis à ação antrópica.

Desse modo, a partir do cruzamento em meio digital do mapa geológico com o modelo digital de elevação, acrescido de transectos topográficos, foi possível estabelecer um modelo conceitual para a compartimentação do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. Com isso, podemos observar que a Bacia Hidrográfica se encontra inserida no Cinturão Orogênico Brasileiro. Caracterizado predominantemente de dobramentos do embasamento Pré-cambriano envolvidas nos eventos poliorogênicos que afetaram a Província Borborema durante o Proterozóico, atuando sobretudo no Ciclo Brasileiro-Panafricano, e da reativação cretácea, o que culminou na separação do Megacontinente Gondwana (BRITO-NEVES, et al., 2000).

Observa-se também que, grande parte da Bacia Hidrográfica (aproximadamente 44,54%) é marcada pela existência de superfícies de aplainamento, denominada por Peulvast e Claudino Sales (2003) como superfície Sertaneja. Esses dobramentos, compreendem um diversificado conjunto de padrões de relevo, típico da região semiárida do Nordeste caracterizado como predominantemente ondulado, cortado por vales, com partes dissecadas, elevações residuais destacadas na paisagem aplainada, cristas, bem como relevos isolados, que testemunham ciclos intensos de erosão que atingiu grande parte do sertão nordestino (ASAKURA et al., 2016).

Portanto, a partir do uso de imagens de Radar foi possível delimitar as unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó – BHRS. Identificando unidades Morfoesculturais como Depressão Sertaneja, Planalto Sertanejo e Maciço da Borborema. Ambos inseridos no Cinturão Orogênico Brasileiro.

É importante frisar que, no Nordeste do Brasil, o relevo documenta eventos importantes de evolução morfotectônica e paleoclima (MAIA; BEZERRA., 2019). Onde as linhas mestras do relevo condicionantes da evolução geomorfológica atual no Nordeste setentrional brasileiro, no qual está inserido a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó são resultantes de uma sequência de três eventos tectônicos principais: a Orogênese Brasileira, a fragmentação do Megacontinente Gondwana e as reativações tectônicas cenozoicas (MAIA; BEZERRA., 2014; 2019). Ambos foram responsáveis pela geração de extensas zonas de cisalhamento dúcteis de direção NE-SW e NW-SE (ALMEIDA et



al. 2000; BRITO-NEVES, 1999) que atualmente exercem importante controle sobre feições da morfologia (MAIA; BEZERRA, 2014).

Sendo assim, esse trabalho também atua como instrumento para o planejamento ambiental fornecendo um importante documento de compreensão da geomorfologia local.

É importante destacar que, além do uso de arquivos em formato *shapefile* obtidos geralmente por órgãos públicos, imagens de Radar mostraram-se como uma ferramenta indispensável no que se refere ao mapeamento Geomorfológico.

A avaliação da cobertura da terra, por sua vez, mostra que a BHRS encontra-se em processo de degradação acentuada. Onde as condições de uso severo da terra ao longo do tempo alteram a dinâmica da Caatinga, promovendo a perda da cobertura da vegetação nativa bem como corpos d'água.

Os mapas temáticos de cobertura da terra apresentados nesse trabalho destacaram ao longo do tempo, o aumento de pastagens, e essa expressiva mudança na cobertura da terra entre 1984 e 2018, afetando aproximadamente 30% da cobertura original da vegetação dessa Bacia. Com isso, o uso de índices de vegetação aplicados as imagens de satélites provenientes do sensoriamento remoto mostrou-se como ferramentas relevantes no estudo da cobertura da terra para a área de estudo.

Além disso, o índice de vegetação Ajustado ao Solo – SAVI também apresentou ao longo do tempo o potencial de graves efeitos da seca e do uso da terra, com destaque para a redução dos corpos d'água e o aumento de áreas de solo exposto no semiárido, conseqüentemente, deixando estas áreas ainda mais vulneráveis à degradação e processos desertificação.

No geral, o padrão de mudanças na cobertura da terra permanece complexo e depende da conversão em pequena e grande escala de vegetação. O que torna necessário, estudos que compreendam pesquisas quantitativas da paisagem em diferentes níveis e heterogeneidade de escalas, monitorando tendências de mudanças no ecossistemas.

Estando inserida em ambiente semiárido, foi possível observar na área de estudo, uma diminuição significativa nas classes de floresta densa e floresta esparsa, seguido de um pequeno aumento nas classes de pastagens, solo exposto e arbusos xerófitos, bem como de uma diminuição mínima na classe de corpos d'água.

Vale frisar que, a região semiárida da BHRS possui uma cobertura vegetal predominante do bioma Caatinga - mata espinhosa, arbórea e arbustiva. Que por se tratar de um Ecossistema altamente dinâmico que responde rapidamente às condições climáticas do semiárido brasileiro, fator dominante e controlador da resiliência da



Caatinga natural (CARDOSO-SILVA; LEAL; TABARRELI, 2018; TOMASELLA et al., 2018b). Em resumo, a BHRS passou por uma expressiva mudança na cobertura da terra entre 1984 e 2018, que afetaram mais de 1600 km<sup>2</sup>, aproximadamente 30% da cobertura original da vegetação. Bem como um aumento significativo das pastagens.

Essas mudanças significativas na cobertura da terra na BHRS e conseqüentemente na paisagem, por sua vez, podem estar relacionadas diretamente aos eventos climáticos que regem a dinâmica da região geográfica onde a área de estudo está inserida.

Nesse sentido, a avaliação da cobertura da terra e suas implicações climáticas são essenciais para os tomadores de decisão, para as políticas públicas e para um plano de manejo integrado de uma importante região do Brasil, nesse caso, a semiárida.

Contudo, este estudo confirma o potencial do uso de imagens de sensoriamento remoto como um método valioso para determinar a mudança na extensão e distribuição da cobertura da terra ao longo do tempo. Apoiando assim a alta demanda por uma representação mais detalhada da superfície da Terra, que é essencial para o mapeamento e desenvolvimento de uma região.

Apresentamos aqui também, uma revisão geral sobre as unidades fitoecológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó. Esse trabalho objetivou descrever uma das principais vegetações do Brasil e especialmente mostrar a correlação que há entre as unidades morfoestruturais e a vegetação da Caatinga do semiárido brasileiro.

Utilizando-se da análise espacial a partir do uso de imagens provenientes do sensoriamento remoto, bem como de dados hipsométricos, verificamos que há uma relação considerável entre a vegetação e cada unidade geomorfológica. E para isso, a análise sistêmica dos resultados mostrou-se bastante satisfatória no entendimento da área de estudo.

É importante salientar que, conforme descrito por Veloso et al. (1991), a área da província da Caatinga caracteriza-se pelo predomínio da savana-estépica, tipologia marcada pela presença de fanerófitos caducifólios espinhosos de pequeno porte, caméfitos e terófitos (BRASIL, 1983). Isto é, apresenta uma variada cobertura vegetal, em grande parte determinada pelo clima, relevo e embasamento geológico que, em suas múltiplas interrelações, resultam em sistemas ecológicos bastante variados (ANDRADE-LIMA, 1981.; SAMPAIO, 1995.; VELOSO et al., 2002).

Em escala local, variações topográficas na Bacia Hidrográfica contribuem para a ocorrência de gradientes menores. Além disso, diferenças litológicas, tanto em uma escala



regional como em uma local, contribuindo para o diversificado mosaico vegetal e, portanto, diferentes unidades fitoecológicas foram estabelecidas.

Faz-se oportuno mencionar que ainda são incipientes os estudos sobre aspectos vegetacionais da Caatinga, e dessa maneira, esperamos que a descrição de cada unidade fitoecológica e as explicações sobre as condicionantes que determinam a distribuição de cada uma amplie o entendimento de alunos e pesquisadores sobre a biogeografia e estimule novas pesquisas sobre a biodiversidade regional.

Desse modo, a hipótese adotada nesse trabalho de que, a dinâmica dos recursos naturais, em específico a água, vem sofrendo no decorrer da história das civilizações, grandes conflitos e pressões, sendo explorados com intensidades que variam de acordo com o contexto histórico, econômico e tecnológico se mostrou como forte indagação frente aos estudos do meio ambiente. Ou seja, as mudanças ambientais na paisagem se deram em período muito recente, que podem ter ocorrido com influência humana como também mudanças climáticas. Resultando, na maioria dos casos, na deterioração das condições ambientais e na perda gradual da produtividade destes espaços, cada vez mais incapazes de sustentar o estilo de vida que se apresenta na contemporaneidade.

Dessa forma, compreende-se que os resultados obtidos podem auxiliar na gestão e planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica, pois, estes se constituem como ferramentas que oferecem subsídios com base nos elementos físicos, sendo importante no que se refere à resolução dos problemas socioambientais.

*“Um Geógrafo jamais pode reduzir o seu campo de visão ao que os olhos estão enxergando”*

**- Adriano FIGUEIRÓ. Biogeografia: dinâmica e transformações da natureza (2015) -**

Muito obrigado



## REFERÊNCIAS

ABREU, M. F; PINTO, JR. R; MARACAHIPES, L; GOMES, L; OLIVEIRA, E. A; MARIMON, B. S; MARIMON-JUNIOR, B. H; FARIAS, J; LENZA, E. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, **Brazil. Brazilian Journal of Botany** 35. P 259-272. 2012.

AB’SÁBER, A. N. **Ecosistemas do Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2011. 299 p.

AB’SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas** nº 3, IGEOG - USP. S. Paulo. 1977.

AB’SÁBER, A. N. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. Primeira aproximação. **Geomorfologia**, USP. Instituto de Geografia, São Paulo. 1977.

AB’SÁBER, A. N. O domínio morfoclimático semiárido das Caatingas brasileira. **Geomorfologia**, n.43, p. 1 - 3, 1974.

AB’SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003.

AB’SÁBER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 19, p. 1-38, 1969.

ACCIOLY, L. J. O; SILVA, E. A; CAVALCANTI JUNIOR, E. A; ALVES, E. S; PEREIRA, A. G. S; SILVA, R. S; RAMOS, R. R. D; SILVA, R. R. **Mapeamento do uso e cobertura das terras do semiárido pernambucano**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 100 p.

ADEPOJU, M. O; MILLINGTON, A. C; TANSEY, K. T. Land Use/Land Cover Change Detection in **Metropolitan Lagos (Nigeria)**: 1984-2002. p. 7, 2006.

ADHIAMBO, M. P; KIRONCHI, G; MUREITHI, S; KATHUMO, V. Assessing land use and land cover change using the participatory geographical information system (PGIS) approach in Nguruman Sub-catchment, Kajiado north Sub county, Kenya. **Journal of Geography and Regional Planning**, v. 10, n. 8, p. 219–228, 31 ago. 2017.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SERIDÓ – ADESE. **Diagnóstico do uso da lenha nas atividades agroindustriais do Território do Seridó/RN**. Caicó: ADESE, 2008.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Ofício nº 101/2015/ AA – ANA**. Informa situação de barragens no Rio Grande do Norte. Brasília, DF: Sede da ANA, 2015.

ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.



AMORIM, I. L.; EVERARDO V. S. B. SAMPAIO; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de Caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta bot. bras.** 19(3): 615-623. 2005.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.491-499, 2009.

ANDRADES-FILHO, C. O. **Análise morfoestrutural da porção central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD.** 2010. 150f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

ANDRADE-LIMA, D. Notas para a fitogeografia de Grossos, Mossoró e Areia Branca. **Anais da Associação de Geógrafos Brasileiros** 12: 29-48. 1964.

ANDRADE-LIMA, D. The Caatinga Dominion. **Revista Brasileira de Botânica.** 4: 149-53. 1981.

ANGELIM, L. A. A.; MEDEIROS, V. C.; NESI, J. R. 2006. Programa Geologia do Brasil - PGB. Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte.** Escala 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERNA, 2006.

ARAÚJO, R. G. et al. A influência do evento El Niño - Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 469–480, dez. 2013.

ARCHANJO, C. J. et al. Timing of the HT/LP transposition in the Neoproterozoic Seridó Belt (Borborema Province, Brazil): Constraints from UPb (SHRIMP) geochronology and implications for the connections between NE Brazil and West Africa. **Gondwana Research**, v. 23, n. 2, p. 701–714, mar. 2013.

ARRONE, P. H.; AMORIM, R. R. Fundamento teórico metodológico da análise da paisagem como indicador para gestão ambiental numa bacia hidrográfica. **Espaço em Revista** | v. 24, Edição Especial. n. 1, 2022, p. 195-217.

ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E.; CORRÊA, G. R.; RODRIGUES, P. M.; DUQUE-BRASIL, R.; FERREIRA-JÚNIOR, W. G.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. **Folia Geobotanica** 50: p.175-184. 2015.

ASAKURA, Y. et al. Taphonomic and sedimentological aspects from PICOS II paleontological site, a quaternary pond deposit of Alagoas, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 71, p. 161–171, nov. 2016.

AUBREVILLE, A. A floresta de pinho do Brasil. **Anais Brasileiros de Economia Florestal**, v. 2, n. 2, p.21-36. 1949.





- BARBOSA, L. N; LIMA, V. G. F; FARIAS, J. F; SILVA, E. V. Caracterização geoecológica do estuário do rio Pacoti-Ceará: ações para um planejamento integrado. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó-RN, v. 2, n. Especial, p. 971-980, out. 2016.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. 111p.
- BENETTI, A; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 2004.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos sistemas**. 3.ed. Rio de Janeiro: Voze, 1937.
- BEURLIN, H. The mineral resources of the Borborema Province in Northeastern Brazil and its sedimentary cover: a review. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3–4, p. 365–376, jul. 1995.
- BEZERRA, F. G. S. et al. Analysis of areas undergoing desertification, using EVI2 multi-temporal data based on MODIS imagery as indicator. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106579, out. 2020.
- BEZERRA, F. H. R; BRITO-NEVES, B. B; CORRÊA, A. C. B; BARRETO, A. M. F; SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin — The Cariatá trough, northeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 97, n. 3–4, p. 555–582, maio 2008.
- BEZERRA, F. H. R; NASCIMENTO, A. F; FERREIRA, J. M; NOGUEIRA, F. C; FUCK, R. A; BRITO NEVES, B. B; SOUSA, M. O. L. Review of active faults in the Borborema Province, Intraplate South America-integration of seismological and paleoseismological data. **Tectonophysics**, n. 510, p. 269-290, 2011.
- BEZERRA-SILVA, J. L; MOURA, G. B. A; VINÍCIUS-SILVA, M; LOPES, F. M. O; GUEDES, R. V. S; FRANÇA-SILVA, E. F; ORTIZ, P. F. S; RODRIGUES, J. A. M. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. 100372, nov. 2020.
- BIGARELLA, J. J; BECKER, R. D; SANTOS, G. F. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 2009. v. 1. 425p.
- BISHOP, M. P. et al. Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: Concepts, issues and research. **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 5–26, jan. 2012.
- BORDALLO, C. L. A. **A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos**. Belém: NUMA/UFPA, 1995.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. ed. 10. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. Cap. 8, p. 269-300.



BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In.: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

**BRASIL**. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em 20 de maio de 2022.

**BRASIL**. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997: 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. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em 10 de fevereiro de 2020.

**BRASIL**. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em 20 de maio de 2022.

**BRASIL**. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)> Acesso em 20 de maio de 2022.

**BRASIL**. PROJETO RADAMBRASIL. 1981. **Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal**. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL. (Série Levantamento de Recursos Naturais, v. 23). P. 349-484. 1981.

BRITO-NEVES, B. B; SANTOS, E. J; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. p. 151-182. In: CORDANI, G. U; MILANI, E. J; THOMAZ FILHO, A; CAMPOS, D. A. (Eds.). Tectonic evolution of South America. 31. **International Geological Congress**. Rio de Janeiro, 2000. 856p.

BRITO-NEVES, B. B; CAMPOS-NETO, M. C; VAN SCHMUS, W. R; SANTOS, E. J. O “Sistema Pajeú-Paraíba” e o “Maciço são José do Campestre” no leste da Borborema. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 31, n. 2, p. 173-184, 2001.

BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, n. 33, v. 03, p. 493-518, September, 2014.

CABY, R; ARTHAUD, M. H; ARCHANJO, C. J. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano belt of Northeast Brazil:



geodynamic implications. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3–4, p. 235–246, jul. 1995.

CARDOSO-SILVA, J. M.; LEAL, I. R.; TABARRELI, M. **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. New York, NY: Springer Science+Business Media, 2018.

CARLUCCI, M. B.; BASTAZINI, V. A.; HOFMANN, G. S.; MACEDO, J. H.; IOB, G.; DUARTE, L. D.; HARTZ, S. M.; MÜLLER, S.C. Taxonomic and functional diversity of woody plant communities on opposing slopes of inselbergs in southern Brazil. **Plant Ecology & Diversity** 8: p.187-197. 2015.

CASTRO, D. L.; BEZERRA, F. H. R.; SOUSA, M. O. L.; FUCK, R. A. Influence of Neoproterozoic tectonic fabric on the origin of the Potiguar Basin, northeastern Brazil and its links with West Africa based on gravity and magnetic data. **Journal of Geodynamics**, n. 54, p. 29-42, 2012.

CAVALCANTI, A. P.; SILVA, E. V.; RUA, A.; RODRIGUEZ, J. M. M. **Desenvolvimento Sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Editora da Universidade Federal de Piauí. Teresina. Brasil. 1997.

CCD. Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental. 1994.

CHAVES, A. M. S. Dinâmica geoecológica e cenários potenciais para conservação da paisagem semiárida na bacia do riacho São José em Pernambuco **Tese** (doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE. 2021

CHAVEZ, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 3, p. 459–479, abr. 1988.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Ed. Edgard Blücher, Ltda e EDUSP. 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J-P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos da Geografia**, v.7, n. 2, p. 7-21, 2007.

COE, H. H. G. et al. Caracterização de fitólitos de plantas e assembleias modernas de solo da caatinga como referência para reconstituições paleoambientais. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 8, n. 2, 30 out. 2017.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma



bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 18, n. 1, p. 64-72, jan. 2014.

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, n. 31, p. 35-52, 2010.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Rio Grande do Norte**. CPRM, Recife/PE: 2010. 227p.

CUNHA, L. D. Geocologia das paisagens: subsídios sustentáveis do geocoturismo no Parque Nacional do Viruá – Roraima. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Ceará – UFC. Programa de pós-graduação em geografia. Fortaleza/CE. 2019. 205p.

DANTAS, E. L; HACKSPACHER, P. C; VAN SCHMUS, W. R; BRITO-NEVES, B. B. Archean accretion in the São José do Campestre Massif, Borborema Province, Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 221–228, 1 jun. 1998.

DANTAS, E. P; MEDEIROS, V. C; CAVALCANTE, R. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Escala 1:500.000. Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Recife: SGB/CPRM, 2021.

DANTAS; FERREIRA. Relevo. *In*: PFALTZGRAFF, P. A. S. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte/** Organização Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff [e] Fernanda Soares de Miranda Torres. CPRM, Recife. 2010.

DIAS-FILHO, M. B. Produção de bovinos a pasto na fronteira agrícola. *In*: Rodrigues, K. F.; Ferreira, W. M.; Macedo Jr, G. de L. (Org.). *In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Zootecnia*. Palmas (TO), 2010. p. 132 e 135.

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**, v. 18, p. 689-701, 2017.

DINIZ, M. T. M; OLIVEIRA, A. V. L. C. Mapeamento das unidades da paisagem do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, vol. 38, núm. 2, pp. 342-364, 2018.

DINIZ, M. T. M; OLIVEIRA, A. V. L. C; SOUZA, A. C. D. Unidades de paisagem do Rio Grande do Norte: Um enfoque nas regiões naturais. *In*. ALBANO et al. **Capítulos de geografia do Rio Grande do Norte**. 2020.

DIOUF, A; LAMBIN, E. F. Monitoring land-cover changes in semi-arid regions: remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. **Journal of Arid Environments**, v. 48, n. 2, p. 129–148, jun. 2001.

DRUMOND, A; NIETO1, R; TRIGO, R; AMBRIZZI, T; SOUZA, E; GIMENO, L. A Lagrangian Identification of the Main Sources of Moisture Affecting Northeastern



Brazil during Its Pre-Rainy and Rainy Seasons. **PLOS ONE**, v. 5, n. 6, p. e11205, 18 jun. 2010.

DUCKE, A. As leguminosas de Pernambuco e Paraíba. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 51, p. 417-461, dez. 1953.

EGLER, W. A. Contribuição ao estudo da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 14, p. 65–77, 1951.

ELDRIDGE, D. J; BOWKER, M. A; MAESTRE, F. T; ROGER, E; REYNOLDS, J. F; WHITFORD, W. G. Impacts of shrub encroachment on ecosystem structure and functioning: towards a global synthesis: Synthesizing shrub encroachment effects. **Ecology Letters**, v. 14, n. 7, p. 709–722, jul. 2011.

ESHETE, A; TREYDTE, A. C; HAILEMARIAM, M; SOLOMON, N; DEJENE1, T; YILMA, Z; BIRHANE, E. Variations in soil properties and native woody plant species abundance under *Prosopis juliflora* invasion in Afar grazing lands, Ethiopia. **Ecological Processes**, v. 9, n. 1, p. 36, dez. 2020.

FABRICANTE, J. C; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de Caatinga no Seridó Paraibano. *Oecologia Brasiliensis*. 11(3):341-349. 2007.

FARIA, K. M. S. Geoecologia das paisagens: integração da abordagem geográfica e ecológica ao Cerrado. **Geofronter**, Campo Grande, v. 7, 2020. p. 01-19.

FARIAS, J. F. Aplicabilidade da geoecologia das paisagens no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Palmeira-Ceará/Brasil. 2015. 222 f. **Tese** (doutorado em geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FARIAS, J. F. Aporte teórico e metodológico da geologia das paisagens para os estudos em bacias hidrográficas. **Revista Equador**, Teresina, v. 9, n. 2, p.19-33, 2020.

FARIAS, J. F; SILVA, E. V; NASCIMENTO, F. R. Caracterização de sistemas ambientais como base metodológica para o planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 03, n. 06, p. 14-27, jul./dez. 2015.

FARIAS, J. F; SILVA, E. V; RODRIGUEZ, J. M. M. Aspectos do uso e ocupação do solo no semiárido Cearense: análise espaço-temporal (1985 - 2011) sob o viés da geoecologia das paisagens. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 06, n. 02, p. 136-147, 2013.

FERNANDES, M. F; BARBOSA, M. P; SILVA, M. J. DA. O uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras de parte do setor leste da Bacia do Rio Seridó, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, 1998.

FERNANDES, M. R. M; MATRICARDI, E. A. T; ALMEIDA, A. Q; FERNANDES, M. M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015.



FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FETTER A. H; SANTOS, T. J. S; VAN SCHMUS, W. R; HACKSPACHER P. C; BRITO-NEVES, B. B; ARTHAUD, M. H; NOGUEIRA-NETO, J. A; WERNICK, E. Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of West Gondwana. **Gondwana Research**, v. 6, n. 2, p. 265–273, 2003.

FIGUEIREDO, M. A. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas). In: **Atlas do Ceará**. Governo do Estado do Ceará; IPLANCE, Fortaleza. 1997. 65p.

FINDELL, K. L; SHEVLIAKOVA, E; MILLY, P. C. D; STOUFFER, RONALD J. Modeled Impact of Anthropogenic Land Cover Change on Climate. **Journal of Climate**, v. 20, n. 14, p. 3621–3634, 15 jul. 2007.

GARCÍA-LLORENTE, M; MARTÍN-LÓPEZ, B; NUNES; P. A. L. D; CASTRO, A. J; MONTES, C. A choice experiment study for land-use scenarios in semi-arid watershed environments. **Journal of Arid Environments**, v. 87, p. 219–230, dez. 2012.

GARTZIA, M; ALADOS, C. L; PÉREZ-CABELLO, F. Assessment of the effects of biophysical and anthropogenic factors on woody plant encroachment in dense and sparse mountain grasslands based on remote sensing data. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 38, n. 2, p. 201–217, abr. 2014.

GERASIMOV, I. P. **Opyt geologièeskogo strojenija**. SSSR. Problemy Fizièekoj, v. 12, p. 33-46. 1946.

GERASIMOV, I. P; MESCIERJAKOV, J. P. Morphostrucure. p. 731-732. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **The encyclopedia of geomorphology**. Encyclopedia of Earth Sciences. Pennsylvania, Dowden, Hulchinson and Koss Inc. 1968. 1295p.

GLEICK, P. H. The changing water paradigm: A look at twenty-first century water resources development. **Water International**, v. 25, p. 127-138, 2000.

GORAYEB, A; SILVA, E. V; SOARES, L. S; CARVALHO, R. G; RABELO, F. D. B; LANDIM-NETO, F. O; FARIAS, J. F; SOPCHAKI, C. H. Planning and Management of the Estuarine Zones of the Coastal Regions of Northern - Northeastern Brazil: An Approach Based on Landscape Geoecology. **Journal of Coastal Research**, 95(sp1). 2020.

GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. V. 1. IAG, International Geomorphology Union, 2004.

GUEDES, J. C. F. Comparação de índices de vegetação no mapeamento da cobertura da terra no Semiárido: Estudo de caso no município de Martins/RN. 2016. 87f.

**Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2016.



- GUEDES, J. C. F; MEDEIROS, A. D; COSTA, D. F. S. Estratégia de zoneamento ambiental aplicada a caracterização ambiental de bacias hidrográficas do semiárido brasileiro: estudo de caso na microbacia do Rio Barra Nova – RN/PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó-RN, v. 2, n. Especial, p. 1011-1024, 2016.
- GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. 189 p.
- GURGEL, S. P. P; BEZERRA, F. H. R; CORRÊA, A. C. B; MARQUES, F. O; MAIA, R. P. Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 186, p. 68-84, 2013.
- GVOZDETSKIY, N. A; YEFREMOV, Y. K; ISACHENKO, A. G; KOGAY, N. A; PREOBRAZHENSKIY, V. S; UKLEBA, D. V. physical-geographical fundamentals of nature management. **Soviet Geography**. v. 17, n. 5, 291-303p. 1976.
- HASDENTEUFEL, P; MATEO, J. M; BAUME, O; TORRES, R. J. La Geoecología como herramienta para la gestión ambiental. Estudio de caso de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú, Provincia Ciudad de La Habana, Cuba. **Revista Universitaria de Geografía**. Bahía Blanca. vol. 17, no. 1, 2008.
- HARZALLAH A, ROCHA-ARAGAO J, SADOURNY R. Interannual rainfall variability in northeast Brazil: observation and model simulation. **International Journal of Climatology** 16: 861–878. 1996.
- HASTENRATH, S; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, n. 435, p. 77–92, jan. 1977.
- HOEKSTRA, J. M. et al. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection: Confronting a biome crisis. **Ecology Letters**, v. 8, n. 1, p. 23–29, 3 dez. 2004.
- HOLLANDA, M. H. B. M; ARCHANJO, C. J; SOUZA, L. C; ARMSTRONG, R; VASCONCELOS, P. M; Cambrian mafic to felsic magmatism and its connections with transcurrent shear zones of the Borborema Province (NE Brazil): Implications for the late assembly of the West Gondwana. **Precambrian Research**, v. 178, n. 1–4, p. 1–14, abr. 2010.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295–309, ago. 1988.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. 2º ed, 182 p. 2009.



IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição revista e ampliada ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2012.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico de pedologia**. 3ª edição: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2015.

JACOMINI, P. K. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: SUDENE/Divisão de Pesquisa Pedológica, v.1, 531 p. (sér. Boletim Técnico, n. 21; sér. Pedologia, n. 9). Recife/PE, 1971.

JAHANIFAR, K; AMIRNEJAD, H; MOJAVERIAN, M; AZADI, H. Land change detection and effective factors on forest land use changes: application of land change modeler and multiple linear regression. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 22, n. 8, p. 1269, 12 set. 2018.

JAMES, L. A; WALSH, S. J; BISHOP, M. P. Geospatial technologies and geomorphological mapping. **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 1–4, jan. 2012.

JARDIM DE SA, E. F; FUCK, R. A; MACEDO, M. H. F; PEUCAT, J. J; KAWASHITA, K. SOUZA, Z. S; BERTRAND, J. M. Pre-Brasiliano orogenic evolution in the Seridó belt, NE Brazil: Conflicting geochronological and structural data. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 307–314, 1 dez. 1995.

JAVZANDULAM, T; TATEISHI, R; SANJAA, T. Analysis of vegetation indices for monitoring vegetation degradation in semi-arid and arid areas of Mongolia. **International Journal of Environmental Studies**, v. 62, n. 2, p. 215–225, abr. 2005.

JIANG, Z; HUETE, A. R; DIDAN, K; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833–3845, 15 out. 2008.

JOHN C. H. CHIANG, A. K. Channel at the hair's end. **Nature**, v. 432, n. 7018, p. 685–686, dez. 2004.

JORDAN, G; SCHOTT, B. Application of wavelet analysis to the study of spatial pattern of morphotectonic lineaments in digital terrain models. A case of study. **Remote Sensing of Environment**, 94. p. 31-38. 2005.

KAVZOGLU, T; COLKESEN, I. An assessment of the effectiveness of a rotation forest ensemble for land-use and land-cover mapping. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 12, p. 4224–4241, 20 jun. 2013.

KENNEDY, R. E. et al. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 7, p. 1382–1396, jul. 2009.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XVIII n° 2. 1956.





KIOKO, J; OKELLO, M. M. Land use cover and environmental changes in a semi- arid rangeland, Southern Kenya. **Journal of Geography and Regional Planning**. Vol. 3(11), pp. 322-326, November 2010.

KLINK, H. J. **Geocologia e Regionalização Natural**. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo. Boletim 17 – Biogeografia, 1981.

KOUBA, Y; GARTZIA, M; EL AICH, A; ALADOS, C. L. Deserts do not advance, they are created: Land degradation and desertification in semiarid environments in the Middle Atlas, Morocco. **Journal of Arid Environments**, v. 158, p. 1–8, nov. 2018.

LEAL, I. R; TABARELLI, M; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. UFPE, 2003.

LEHMANN, C. E. R; ARCHIBALD, S; HOFFMANN, W. A; BOND, W. J. Deciphering the distribution of the savanna biome. **New Phytologist**, v. 191, n. 1, p. 197–209, jul. 2011.

LOPES-SILVA<sup>1</sup>, R. F; RODRIGUES, J. S; GOMES-SILVA, F; LUCENA, D. S; LUCENA, M. F. A. Composição florística de um inselberg no semiárido paraibano, nordeste brasileiro. **Rodriguésia**. 2019.

LUETZELBURG, P. V. **Estudo botânico do Nordeste**. Rio de Janeiro: Inspectoria Federal de Obras Contra as Seccas - Ifocs, 1922-1923. 3 v. (Serie IA, n. 57).

MACHADO-FILHO, H. O. Estudo florístico de um ambiente rochoso da área de proteção ambiental (APA) do Cariri, Paraíba: riqueza, similaridade e fitogeografia. **Dissertação** (Mestrado em ecologia e conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.118 f.

MAESTRE, F. T; ELDRIDGE, D. J; SOLIVERES, S. A multifaceted view on the impacts of shrub encroachment. **Applied Vegetation Science**, v. 19, n. 3, p. 369–370, jul. 2016.

MAIA, R. P; BEZERRA, H. H. R. Structural control of the relief in Northeastern Brazil. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 127–141, 30 abr. 2014.

MAIA, R. P; BEZERRA, F. H. R. **Tópicos de geomorfologia estrutural: Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2014b. 124p.

MATMON, A; MUSHKIN, A; ENZEL, Y; GRODEK, T; ASTER, T. Erosion of a granite inselberg, Gross Spitzkoppe, Namib Desert. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 201, p. 52-59, nov. 2013.

MELO, G. D. Planejamento dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, no Rio Grande do Norte. **Disertação de mestrado...** (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.) Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN. Natal/RN. 2008.

MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?** 3 ed. São Paulo: Cortez, 1992.



- MENESES, P. R; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2012.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? Revisões Temáticas. **Biota Neotropica**. n. 1, v. 1-2. p. 1-9. 2001.
- MEZZOMO, M. M. Caracterização geocológica do trecho superior da bacia hidrográfica do Rio Mourão-PR: subsídio ao planejamento da paisagem. **Geoiंगा: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Maringá, v. 5, n. 1, p. 18-38, set. 2013.
- MEZZOMO, M. M; GHISSO, K. W; CAMPOS, D. V. Caracterização geocológica como subsídio para estudos ambientais em RPPNS: estudos de casos no Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 5, p.907-917, set/out. 2014.
- MIGÓN, P. **Geomorphological landscapes of the world: granite landscapes of the world**. New York: Oxford University Press Inc., 2006a. 417p.
- MIGÓN, P. Granite geomorphology. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Taylor and Francis, Londres: p. 490-493. 2006b.
- MIGÓN, P. Grus. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Taylor and Francis, Londres: p. 501-503. 2006c.
- MILES, L; NEWTON, A. C; DEFRIES, R. S. RAVILIOUS, C. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491–505, mar. 2006.
- MOGNI, V. Y; OAKLEY, L. J; PRADO, D. E. The distribution of woody legumes in Neotropical Dry Forests: the pleistocene arc theory 20 years on. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 72, n. 1, p. 35–60, mar. 2015.
- MOONEY, H. A; BULLOCK, S. H; MEDINA, E. Introduction. In: BULLOCK, S. H; MOONEY, H. A; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally Dry Tropical Forests**. 1. ed. [s.l.] Cambridge University Press, 1995. p. 1–8.
- MOORE, D. S. **A estatística básica e sua prática**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 2005. 637p.
- MORAES, W. R; ZACHARIAS, A. A. A geocologia da paisagem como metodologia na exequibilidade de parques lineares em córregos urbanos: apontamentos a partir de estudos no Água da Veada, Ourinhos/SP, Brasil. **Espaço em Revista**. v. 24, n. 1, jan./jun. 2022, p.144-180.
- MORAIS-NETO, J. M. GREEN, P. F. GARNER, G. D. ALCKMIM, F. F. Age of the Serra do Martins Formation, Borborema Plateau, northeastern Brazil: constraints from apatite and zircon fission track analysis. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 23-52, 2008.



MORESCO, M. D. Estudo de paisagem no município de Marechal Cândido Rondon-PR **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá/PR. 2007.

MORO, M. F; LUGHADHA, E. N; ARAÚJO, F. S; MARTINS, F. R. A  
Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **The Botanical Review**, v. 82, n. 2, p. 91–148, jun. 2016.

MORO, M. F; MACEDO, M. B; MOURA-FÉ, M. M; A. S. F. CASTRO; COSTA, R. C; Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, vol.66, n.3, 2015.

MOTA, L. S. O; MELO; SOUZA, R. Análise geocológica da paisagem costeira do município de Aracaju/Sergipe. **Ra'eGa**, Curitiba-PR, v. 42, p. 86-103, dez. 2017.

NASCIMENTO, F. R; FARIAS, J. F. Compartimentação geoambiental como etapa metodológica para detecção e prospecção de áreas susceptíveis à desertificação (ASDS). **GEOgraphia**, v. 18, n. 38, p. 120-140, ago. 2016.

NASCIMENTO, R. S. C; SIAL, A. N; PIMENTEL, M. M. Chemostratigraphy of Medium-grade Marbles of the Late Neoproterozoic Seridó Group, Seridó Fold Belt, Northeastern Brazil. **Gondwana Research**, v. 7, n. 3, p. 731–744, jul. 2004.

NASCIMENTO, R. S. C; SIAL, A. N; PIMENTEL, M. M. C- and Sr-isotope systematics applied to Neoproterozoic marbles of the Seridó belt, northeastern Brazil. **Chemical Geology**, v. 237, n. 1–2, p. 191–210, fev. 2007.

NEVES, S. P. Proterozoic history of the Borborema province (NE Brazil): Correlations with neighboring cratons and Pan-African belts and implications for the evolution of western Gondwana: proterozoic history of the Borborema Province. **Tectonics**, v. 22, n. 4, p. n/a-n/a, ago. 2003.

NEVES, S. P. Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): Widespread intracontinental Neoproterozoic reworking of a Paleoproterozoic accretionary orogen. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 58, p. 150–164, mar. 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ed, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro-RJ, 1989.

NOGUEIRA, F. C. C. MARQUES, F. O; BEZERRA, F. H. R; CASTRO, D. L; FUCK, R. A. Cretaceous intracontinental rifting and post-rift inversion in NE Brazil: Insights from the Rio do Peixe Basin. **Tectonophysics**, v. 644–645, p. 92–107, mar. 2015.

NOVAES, W (coord.); RIBAS, O; NOVAES, P. C. **Agenda 21 brasileira**: bases para discussão. Brasília, MMA/PNUD, 2000.



- OKIN, G. S; GILLETTE, D. A; HERRICK, J. E. Multi-scale controls on and consequences of aeolian processes in landscape change in arid and semi-arid environments. **Journal of Arid Environments**, v. 65, n. 2, p. 253–275, abr. 2006.
- OLIVEIRA, A. C. C. A; MELO; SOUZA, R. Cenários biofísicos e ordenamento territorial no litoral Sul de Sergipe-Brasil. **Revista Equador**, Teresina-PI, v. 2, n. 2, p. 62-83, jul./dez. 2013.
- OLIVEIRA, A. V. L. C; CESTARO, L. A. Caracterização do meio físico para subsidiar um zoneamento geoambiental do município de Currais Novos – RN – Brasil. **Revista Geonorte**. v. 3, n. 6, 2012.
- OLIVEIRA, L. S. D; MORO, LUGHADHA, M. F; E. M. N; MARTINS, F. R; MELO, A. L; ESSER, H. J; SALES, M. F. Hidden in the dry woods: Mapping the collection history and distribution of *Gymnanthes boticario*, a well-collected but very recently described species restricted to the dry vegetation of South America. **Phytotaxa**, v. 97, n. 1, p. 1, 30 abr. 2013.
- OLIVEIRA, P. J. L; SILVA-FILHO, C. R; GUEDES, J. C. F. Variação da cobertura vegetal na unidade de conservação Stoessel de Brito, Jucurutu-RN. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXXIII, n. 1, junho de 2022.
- OLIVEIRA, P. T.; SILVA, C. M. S. E; LIMA, K. C. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**, v. 15, n. 3, p. 172–177, jul. 2014.
- 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.
- OLIVEIRA, W. R. A geocologia das paisagens como subsídio ao planejamento turístico em unidades de conservação. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza/CE, 2015.
- OLSON, D. M. et al. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. **BioScience**, v. 51, n. 11, p. 933, 2001.
- OSBORNE, G. Evolution of the late cenozoic inselberg landscape of southwestern Jordan. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**. 49, 1-23, 1985.
- PASSOS, M. M. A paisagem, uma ferramenta de análise de territórios emergentes na interface entre natureza e sociedade: o vale do Guaporé – Jauru/MT-Brasil. **Cadernos de Geografia**, Coimbra-PT, n. 36, p. 27-45, maio, 2017.
- PENCK, W. **Die morphologische Analyse**. Ein Kapietel der Physikalischen Geologie. Engelhorn's Nachf., Stuttgart, 1924. 283p. Tradução da obra em língua inglesa por Czech, Hella; Boswell, Kátharine Cumming. Morphological analysis of landforms. MacMillan and Co., London, 1953. 429p.



- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 186p.
- PEREIRA, J. L. G. BATISTA, G. T; THALÊS, M. C; ROBERTS, D. A; VENTURIERI, A. V. Métricas da paisagem na Caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, p. 59-90, abr. 2001.
- PEREIRA-NETO, M. C; FERNANDES, E. Fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB – Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 3, 30 set. 2015.
- PETIT, C; SCUDDER, T; LAMBIN, E. Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: Resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 17, p. 3435–3456, jan. 2001.
- PEULVAST, J. P; CLAUDINO-SALES, V. Stepped surfaces and palaeolandforms in the northern Brazilian «Nordeste»: constraints on models of morphotectonic evolution. **Geomorphology**, v. 62, n. 1–2, p. 89–122, set. 2004.
- PFALTZGRAFF, P. A. S. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte/ Organização Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff [e] Fernanda Soares de Miranda Torres**. CPRM, Recife. 2010.
- PINHEIRO, E. A. R; METSELAAR, K; DE JONG VAN LIER, Q; ARAÚJO, J. C. Importance of soil-water to the Caatinga biome, Brazil. **Ecohydrology**. v. 9, p. 1313–1327, 2016.
- PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. In: CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. (org). **Geomorfologia do Brasil**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2006.
- PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. 2. ed. São José Dos Campos, Saraiva, 2012.
- POREMBSKI, S; BARTHLOTT, W Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. **Plant Ecology** 151: 19 -28. 2000.
- POREMBSKI, S. Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. **Revista Brasileira de Botânica** 30: 579-586. 2007.
- PORTILLO-QUINTERO, C. A; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**, v. 143, n. 1, p. 144–155, jan. 2010.
- PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgottenecosystems to a new phytogeographic unit. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 57, n. 3, p. 437–461, nov. 2000.



- PRADO, D. E; GIBBS, P. E. Patterns of Species Distributions in the Dry Seasonal Forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 80, n. 4, p. 902, 1993.
- PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 57, n. 3, p. 437–461, nov. 2000.
- PRADO, L. A; MIZIARA, F; FERREIRA, M. E. Expansão da fronteira agrícola e mudanças no uso do solo na região Sul de Goiás: ação antrópica e características naturais do espaço. **Boletim Goiano de Geografia**, 32, 153-164, 2012.
- PRATES, M; GATTO, L. C. S; COSTA, M. I. P. **Geomorfologia**. In: BRASIL. PROJETO RADAMBRASIL. 1981. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL. (Série Levantamento de Recursos Naturais, v. 23). P. 349-484. 1981.
- PRESS, F; SIEVER, R; JORDAN, T. H; GROETZINGER, J. **Para entender a Terra**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2006. 656p.
- RABELO, D. R; ARAÚJO, J. C. Estimativa e mapeamento da erosão bruta na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, 2019.
- RABELO, D. R; SILVA, N. S. Proposta preliminar de mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Seridó RN/PB. **Revista de Geografia do Nordeste - REGNE**, Vol.2, Nº Especial. 2016.
- RATAJCZAK, Z; NIPPERT, J. B; COLLINS, S. L. Woody encroachment decreases diversity across North American grasslands and savannas. **Ecology**, v. 93, n. 4, p. 697–703, abr. 2012.
- REIS, A. C. Clima da caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v.48, p.325-335, 1976.
- RIZZINI, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro: IBGE, ano 25, n. 1, p. 3-64, jan./mar. 1963.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**: Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2ª Edição. Âmbito Cultural Edições Ltda, Rio de Janeiro. 1997.
- RODAL, M. J. N. Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de caatinga em Pernambuco. **Tese** (Doutorado Ciências/Ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992. 224 p.
- RODAL, M. J. N., SALES, M. F; MAYO, S. J. **Florestas serranas de Pernambuco**: localização e diversidade dos remanescentes dos brejos de altitude. Imprensa Universitária. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1998.



RODRIGUES, L. O; SOUZA, W. M; COSTA, V. S. O; PEREIRA, M. L. T. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1995–2009, 2017.

RODRIGUES, R. R; MCPHADEN, M. J. Why did the 2011-2012 La Niña cause a severe drought in the Brazilian Northeast? **Geophysical Research Letters**, v. 41, n. 3, p. 1012–1018, 16 fev. 2014.

RODRIGUES-SILVA, A. et al. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 377–384, 15 ago. 2017.

RODRIGUEZ, J. M. M; MAURO, C. A; RUSSO, I. L; SANTOS-SILVA, C. M; BOVO, R; ARCURI, M. E. P; MARINHO, V. L. F. Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP). **GEOGRAFIA**, Rio Claro, Vol. 20(1): 81-129, abril 1995.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V; CAVALCANTI, A. P. B. (orgs.) **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 4 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ, M. M; SILVA, E. V; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017. 222 p.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da Geocologia das Paisagens. In: FIGUEIRÓ, A. S; FOLETO, E. (org.). **Diálogos em geografia física**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. Para uma interpretação epistemológica de la Geografia a partir de la Dialéctica. **Mercator**, Revista de Geografia da UFC, ano 4, n. 9, p. 55- 68, 2006.

ROSA, R et al. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da bacia do Rio Araguari – MG. In: LIMA, S. C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão ambiental da bacia do Rio Araguari: rumo ao desenvolvimento sustentável**. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Brasília: CNPq. p. 69 – 87, 2004.

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

ROSS, J. L, S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento** – (Coleção Repensando a Geografia). São Paulo, Ed. Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S; PRETTE, M. E. Recursos hídricos e a bacia hidrográfica: âncoras do planejamento e gestão. **Revista do Departamento de Geografia**, v.12, p.89-121, 1998.



ROUCOU, P; FONTAINE, B; JANICOT, S. Vertical motion changes related to north-east Brazil rainfall variability: a gcm simulation. **International Journal of Climatology**. vol. 16, Issue 8, 1996. pp.879-891p.

SAADI, A. **Ensaio sobre morfotectônica de Minas Gerais**: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese. Tese para Professor Titular. Belo Horizonte: UFMG, 1991. 285p.

SAHDEV, S; SINGH, R. B; KUMAR, K. **Geoecology of Landscape Dynamics**. Springer Singapore, 2020. 381 p.

SANTOS, H. G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA, 2017.

SAMPAIO, E. V. A; ARAÚJO, M. S. B; SAMPAIO, Y. S. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**, v.22, n.1, p.90-112, 2005.

SANTANA, J. A. S; VIEIRA, F. A; PACHECO, M. V; OLIVEIRA, P. R. S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Catingueira) na Caatinga do Seridó. **Revista de biologia e ciências da terra**. Volume. 11, Número 1, 2011.

SANTANA, J. A. S; SANTANA-JÚNIOR, J. A. S; BARRETO, W. S; FERREIRA, A. T. S. Estrutura e distribuição espacial da vegetação da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó, RN. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 36, n. 88, 2016.

SANTOS, H. G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA, 2017.

SANTOS, J. C; LEAL, I. R; CORTEZ, J. S. A; FERNANDES, G. W; TABARELLI, M. Caatinga: The Scientific Negligence Experienced by a Dry Tropical Forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276–286, set. 2011.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo**: globalização e meio técnico-científico informacional. São Paulo: Hucitec, 1994.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

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

SARMIENTO, G. Ecological and Floristic Convergences between Seasonal Plant Formations of Tropical and Subtropical South America. **The Journal of Ecology**, v. 60, n. 2, p. 367, jul. 1972.

SCHULZ, C; KOCH, R; CIERJACKS, A; KLEINSCHMIT, B. Land change and loss of landscape diversity at the Caatinga phytogeographical domain – Analysis of pattern-process relationships with MODIS land cover products (2001–2012). **Journal of Arid Environments**, v. 136, p. 54–74, jan. 2017.





SILVA, M. R. R; HÖLL, R; BEURLEN, H. Borborema Pegmatitic Province: geological and geochemical characteristics. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3–4, p. 355–364, jul. 1995.

SILVA, E. V; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, v. 02, n 47 (EGAL), p. 1-12, 2011.

SILVA, E. V; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 4-17, 2014.

SILVA, E. V; GORAYEB, A; MEIRELES, A. J. A; RODRIGUEZ, J. M. M. Landscape Geo-Ecology: Guidelines for the Environmental Management of the Estuarine Zones of the Northern Coast of Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 64: Proceedings of the 11th International Coastal Symposium. 2011, pp. 1420-1424.

SILVA, E. V; GORAYEB, A; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia das Paisagens, Cartografia Temática e Gestão Participativa: Estratégias de Elaboração de Planos Diretores Municipais. **Anais de evento... VI Seminário Latino Americano de Geografia Física/ II Seminário Ibero Americano de Geografia Física**. Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

SILVA, M. A. R. Economia dos recursos naturais. *In*: MAY, P; LUSTOSA, M. C; VINHA, V. (Orgs.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.

SILVEIRA, H. L. F; GALVÃO, L. S; SANCHES, I; SÁ, I. B. Use of MSI/Sentinel-2 and airborne LiDAR data for mapping vegetation and studying the relationships with soil attributes in the Brazilian semi-arid region. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 73, p. 179–190, dez. 2018.

SINGH, P. et al. Assessment of Land Use/Land Cover Using Geospatial Techniques in a Semi-arid Region of Madhya Pradesh, India. *In*: THAKUR, J. K. et al. (Eds.). **Geospatial Techniques for Managing Environmental Resources**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2011. p. 152–163.

SIYUM, Z. G. Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. **Ecological Processes**, v. 9, n. 1, p. 25, dez. 2020.

SOARES, P. C; BARCELLOS, P. E; CSORDAS, S. M; MATTOS, J. T; BALIEIRO, M. G; MENESES, P. R. Lineamentos em imagens de Landsat e Radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. p. 143-156. *In*: II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. Brasília, **Anais...** v.1, Brasília: Distrito Federal, CNPQ, 1982.



SOLBRIG, O. T; MEDINA, E; SILVA, J. F. (EDS.). **Biodiversity and Savanna Ecosystem Processes**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1996. v. 121

SOTCHAVA, V. B. O estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**. São Paulo: USP/IG, 1977.

SOTCHAVA, V. B. **Introducción a la doctrina sobre los geosistemas** (en ruso). Tradución José Manuel Mateo Rodriguez. Editorial Nauka, Filial de Siberia, Novosibirsk, p. 318. 1978.

SOUSA, R. S. Zoneamento geocológico do complexo fluviomarinho dos rios cardoso/camurupim e porção costeira adjacente, litoral leste piauiense. **Tese de doutorado**. Universidade Federal do Ceará/UFC. Fortaleza/CE. 2019.

SOUZA, B. I; SILANS, A. M. B. P; SANTOS, J. B. Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2–3, p. 292–298, dez. 2004.

SOUZA, J. L. Cenários de ruptura da barragem Passagem das Traíras: uma contribuição para a redução de riscos de desastres tecnológicos e segurança populacional em Caicó/RN/Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Programa de PósGraduação em Geografia, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará in: LIMA, L. C; SOUZA, M. J. N; MORAES, J. O. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SOUZA, M. J. N. Geomorfologia e condições ambientais dos vales do Acaraú/Coreaú - Ceará. 1981. 305 f. **Tese** (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

SOUZA, Z. S; MARTIN, H; PEUCAT, J. J; JARDIM DE SÁ, E. F. Calc-Alkaline Magmatism at the Archean–Proterozoic Transition: the Caicó Complex Basement (NE Brazil). **Journal of Petrology**, v. 48, n. 11, p. 2149–2185, nov. 2007.

SYOMBUA, J. Land use and land cover changes and their implications for human-wildlife conflicts in the semi-arid rangelands of southern Kenya. **Journal of Geography and Regional Planning**, v. 6, n. 5, p. 193–199, 31 jul. 2013.

SY, S; QUESADA, B. Anthropogenic land cover change impact on climate extremes during the 21st century. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 3, p. 034002, 18 fev. 2020.

TAYLOR, C. M. LAMBIN, E. F; STEPHENNE, N; HARDING, R. J. The Influence of Land Use Change on Climate in the Sahel. **Journal of Climate**, v. 15, p. 15, 2002.

THORNBURY, W. D. **Princípios de geomorfología**. Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1966. p. 17-35.



TOBY PENNINGTON, R; PRADO, D. E; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 2, p. 261–273, mar. 2000.

TOLEDO, M. C. M; OLIVEIRA, S. M. B; MELFI, A. J. **Intemperismo e Formação do Solo**. Teixeira et al. (editores). Decifrando a Terra, 2ª ed., Cap. 8, USP, São Paulo, 2003.

TOMASELLA, J; VIEIRA, R. M. S. P; BARBOSA, A. A; RODRIGUEZ, D. A; SANTANA, M. O; SESTINI, M. F. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 73, p. 197–206, dez. 2018.

TORRES, F. S. M. **Geodiversidade do estado da Paraíba**: Programa Geologia do Brasil, Levantamento da Geodiversidade. Organização Fernanda Soares de Miranda Torres [e]. Edlene Pereira da Silva. Recife, PE: CPRM, 2016. 124 p.

TRICART, J. Divisão morfoclimática do Brasil Atlântico Central. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo. n. 31. p. 3-4. 1959.

TRICART, J. **Structural geomorphology**. London: New York Longman, 1974. 305p.

TROLL, C. A paisagem geográfica. Hamburg: Stadium Generale, v.2, p. 163-181. 1950.

TRUEBA, J. J. G. Carl Troll y la geografía del paisaje: Vida, obra y traducción de un texto Fundamental. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, Sevilla-ES, n. 59, p. 173-200, ago. 2012.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre, RS: ABRH-Edusp, 1993. cap. 4.

TUCCI, C. E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-12, julho/dezembro 1997.

TURNER, B. L; MEYER, W. B; SKOLE, D. L. Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an Integrated Study. **Ambio**, v. 23, n. 1, p. 91–95, 1994.

TURNER, M. G. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: A comparison of 3 transition models. **Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, p. 29–36, jul. 1987.

TWIDALE, C. R. **Granite Landforms**. Amsterdam: Elsevier, 1982. 372p.

TWIDALE, C. R. Granitic bornhardts: their morphology, characteristics and origins. **Geological Society of Malaysia**, v. 42, p. 237-255, dez. 1998.

TWIDALE, C. R; VIDAL ROMANÍ, J. R. **Landforms and Geology of Granite Terrains**. Boca Ratón, USA: CRC Press, 2005.



VAN SCHMUS, W. R; BRITO NEVES, B. B; HACKSPACHER, P. C; FETTER, A. H; KOZUCH, M; DANTAS, E. L; BABINSKI, M. The Borborema Província: a collage of polycyclic crustal domains in NE Brazil. In: XIV International Conference on Precambrian and Craton Tectonics, **Extended Abstracts**, p. 80-83. Ouro Preto, Minas Gerais, 1998.

VAUCHEZ, A; NEVES, S; CABY, R; CORSINI, M; EGYDIO-SILVA, M; ARTHAUD, M; AMARO, V. The Borborema shear zone system, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3–4, p. 247–266, jul. 1995.

VELOSO, H. P; RANGEL-FILHO, A. L. R; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE. 1991.

VELOSO, A. L; SAMPAIO, E. V. S. B; PAREYN, F. G. C. (eds.). **Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga**. PNEAssociação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, 2002, 76p.

VIDAL, M. R; MASCARENHAS, A. L. S. Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geoecologia das Paisagens. **Geosp – Espaço e Tempo (On-line)**, v. 24, n. 3, p. 600-615, dez. 2020.

VIEIRA, R. M. S. P; CUNHA, A. P. M. A; ALVALÁ, R. C. S; CARVALHO, V. C; FERRAZ NETO, S; SESTINI, M. F. Land use and land cover map of a semiarid region of Brazil for meteorological and climatic models. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos-SP, v. 28, n. 2, p. 129-138, jun. 2013.

VOROSMARTY, C. J. Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. **Science**, v. 289, n. 5477, p. 284–288, 14 jul. 2000.

WALTER, B. M. T; GUARINO, E. S. G. Comparação do método de parcelas com o “levantamento rápido” para amostragem da vegetação arbórea do Cerrado sentido restrito. **Acta bot. bras.** v.20, n.2, p.285-297, 2006.

WIJESIRI, B; DEILAMI, K; GOONETILLEKE, A. Evaluating the relationship between temporal changes in land use and resulting water quality. **Environmental Pollution**, v. 234, p. 480–486, mar. 2018.

XUEJIE, G. et al. Simulation of effects of land use change on climate in China by a regional climate model. **Advances in Atmospheric Sciences**, v. 20, n. 4, p. 583–592, jul. 2003.

ZANCOPÉ, M. H. C; PEREZ-FILHO; A. Consideração a respeito a distribuição das planícies aluviais do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 7(1), 65-71. 2006.

ZANELLA, M. E. Caracterização Climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T; DANTAS, E. **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.