



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

AROLDO VIDAL DE ASSIS

**COMPREENSÃO DE PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS A PARTIR DA
ANÁLISE DO USO DA TERRA NOS INTERFLÚVIOS TABULARES DO BAIXO
JAGUARIBE – CEARÁ**

MOSSORÓ

2023

AROLDO VIDAL DE ASSIS

**COMPREENSÃO DE PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS A PARTIR DA
ANÁLISE DO USO DA TERRA NOS INTERFLÚVIOS TABULARES DO BAIXO
JAGUARIBE – CEARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Paisagens Naturais e Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Estudos Socioambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Guimarães de Carvalho.

Coorientador: Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Catálogo da Publicação na Fonte.

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

A848c

Assis, Aroldo Vidal de

Compreensão de Processos Erosivos Acelerados a partir da Análise do Uso da Terra nos Interflúvios Tabulares do Baixo Jaguaribe - Ceará. / Aroldo Vidal de Assis. - Mossoró, 2023. 209 p.

Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo Guimarães de Carvalho.

Coorientador(a): Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geografia). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Tabuleiros. 2. Estado Natural. 3. Vulnerabilidade Ambiental. 4. Erosão. I. Carvalho, Rodrigo Guimarães de. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

AROLDO VIDAL DE ASSIS

**COMPREENSÃO DE PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS A PARTIR DA
ANÁLISE DO USO DA TERRA NOS INTERFLÚVIOS TABULARES DO BAIXO
JAGUARIBE – CEARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em: 16/08/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rodrigo Guimarães de Carvalho (Presidente - Orientador)
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Prof. Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento (Membro externo)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Andreza Tacyana Félix Carvalho (Membro interno)
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Prof. Dr. Alfredo Marcelo Grégio (Suplente Interno)
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva (Suplente Externo)
Universidade Federal do Ceará

Com amor e carinho, dedico este trabalho
minha esposa Vânia e aos meus filhos, Leoni e
Leandra. Com vocês, meus amores, vivi e ainda
vivo os melhores dias de minha vida!

AGRADECIMENTOS

Ao me preparar para ingressar no Mestrado Acadêmico em Geografia achei que estava preparado para tudo. Ao contrário, acabei descobrindo que não estamos preparados para quase nada! E por conta disso, tive que me adaptar às mais diversas circunstâncias com as quais me deparei, desde a data de ingresso até os dias atuais em que escrevo essas linhas, já próximo a minha defesa.

A primeira adaptação foi assistir integralmente as aulas em plena pandemia global da COVID-19. Esta nos forçou a mudar as nossas rotinas, os nossos rumos, a nossa vida, enfim. Na mesma linha, desenvolver uma pesquisa em um cenário marcado por incertezas, insegurança, receios, inquietações e obstáculos de toda natureza e grandeza, impõem ao estudante/pesquisador ainda mais foco, disciplina e resiliência, atributos qualitativos que julgo necessários à conclusão do estudo.

Desse modo, com os poderes de Deus, com a força e o incentivo de minha esposa (Vânia) e de meus filhos (Leoni e Leandra), somados a ajuda de pessoas que me estenderam a mão ao longo dessa importante jornada é que consegui vencer os caminhos tortuosos e obter ao final o tão sonhado título de Mestre em Geografia.

Agradeço a Deus por ter sido Meu Sustentáculo, Meu Guia e Minha Fortaleza!

Eterna gratidão à minha esposa Vânia Maia pelo companheirismo, compreensão, ajuda e amparo nos momentos de angústia e desespero, além de compartilhar comigo novas formas de sonhar e de enxergar o mundo. Perdão pela ausência necessária em alguns momentos! Com você e nossos filhos vivi e ainda vivo os melhores dias de minha vida. Sem ti, amor, esse projeto não seria realizado.

Agradeço aos meus pais Raimundo e Elvira que mesmo com pouco estudo me incentivaram a ir à escola, proporcionando-me auferir conhecimentos e condições melhores e mais dignas de vida. Muito obrigado, meu pai! Muito obrigado, minha mãe!

Agradeço ao Prof. Dr. Flávio Nascimento (UFC), ao companheiro Dr. Mário Barros (COGERH) e ao Prof. Dr. Hamilton Andrade (UECE/FAFIDAM) que foram meus primeiros orientadores, ao corrigirem e contribuírem com melhorias no meu projeto de pesquisa, antes mesmo do envio definitivo à seleção do PPGEU/UERN em 2021. A este último, agradeço de forma especial por ter me acompanhado nas incursões em campo e por me ajudar sempre nos momentos em que precisei. Gratidão a ti, Hamilton!

Agradeço à COGERH por ter me liberado do trabalho para assistir às aulas. Na mesma direção estendo meus agradecimentos a Hermilson Barros e Leandro Nogueira, gestores da COGERH Limoeiro do Norte, que sempre me incentivaram a seguir em frente. Estendo ainda a minha gratidão aos colegas Cleilson Almeida, Ley Guimarães, Emília Regis e Ronaldo Alves, lotados no mesmo núcleo em que trabalho, em que a minha ausência para cursar o mestrado acabou de certa forma acumulando tarefas, sobrecarregando-os. Obrigado, companheiros!

Agradeço à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e ao Programa de Pós-graduação em Geografia dessa conceituada instituição de ensino, pesquisa e extensão. Exaltemos a universidade pública e de qualidade! Viva! Viva! Pois esta, junto a ciência, foram vilipendiadas e entregues a própria sorte num passado recentíssimo da História de nosso país. Avante! Retrocessos nunca mais!

Gratidão especial aos docentes do PPGEU/UERN pela acolhida e formação necessária. Saibam, queridos (as) professores (as), que de forma direta ou indireta vocês deixaram suas contribuições nas entrelinhas deste trabalho. Não poderia deixar de agradecer ao secretário do PPGEU/UERN, Diêgo Ezaú, pela paciência e pronto atendimento ao longo desses dois anos de mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Guimarães de Carvalho, por acreditar em minha autonomia e na minha capacidade de desenvolver a pesquisa, permitindo que eu permanecesse com o projeto de pesquisa inicial. Obrigado pelos ensinamentos, pela paciência e por me direcionar quando apareceram percalços durante a caminhada. Agradeço também pelas discussões teórico-metodológicas no que se refere ao uso e ocupação do espaço geográfico contemplados nos aspectos socioeconômicos desta peça dissertativa. Essas discussões me proporcionaram reflexão e evolução ao longo dessa jornada. Obrigado por tudo!

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia, pelos ensinamentos de geomorfologia estrutural e sedimentar da área de estudo e de seu entorno, contribuindo para dar robustez e direcionamento técnico-científico aos aspectos físico-naturais da pesquisa. Agradeço ainda pela indicação e disponibilização de artigos, sendo que muitos deles estão inseridos no rol de referências bibliográficas desta dissertação. Agradeço ainda pelos conselhos, ao relatar a necessidade de ser mais objetivo e sintético tanto na fala quanto na escrita, prática que venho exercitando em meu cotidiano.

Agradeço à Profa. Dra. Andreza Tacyana Félix Carvalho, que participou das etapas de Qualificação e Defesa de Dissertação, pela disposição em ajudar e pelas relevantes considerações realizadas para o amadurecimento, robustez e concretude deste trabalho. Minha sincera gratidão a ti, Profa. Andreza!

Aos amigos César Filho, Matheus Marques, Mozart Guimarães, Ályson Estácio e Larissa Queiroz, pela elaboração conjunta de desenhos e mapas deste trabalho.

Aos meus colegas do PPGEO/UERN que vivenciaram comigo este momento de partilha e de construção do conhecimento científico, agradeço a cada um pelo companheirismo durante todo percurso que trilhamos juntos. Estendo um agradecimento especial aos colegas Ari Magno, Adonias, Ananias, Diógenys, Jaíne, João Lucas, Luilson, Wendel e Wesley, com os quais desenvolvemos algumas atividades ou estabelecemos laços de maior afetividade.

Finalizo externando a minha gratidão a todos que de alguma maneira fizeram parte deste importante capítulo da minha história pessoal e acadêmica.

“O único lugar onde o sucesso vem
antes do trabalho é no dicionário”.

(Albert Einstein).

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo analisar como o uso desordenado da terra nos interflúvios tabulares (Tabuleiros Interiores) do baixo curso do Rio Jaguaribe acelerou os processos erosivos nessas formas de relevo, correlacionando-o como fator determinante e sugerindo alternativas para mitigação dos efeitos da erosão nas áreas degradadas. Desse modo, conhecer e entender os problemas do semiárido, no qual o Baixo Jaguaribe está inserido, é tarefa importante, necessária e imprescindível para um melhor planejamento do espaço. Visando atingir o objetivo proposto, adotou-se a metodologia quali-quantitativa, apoiada em procedimentos técnicos metodológicos que envolveram pesquisa bibliográfica, produção de material cartográfico, trabalho de campo e diagnóstico integrado das potencialidades e limitações dos interflúvios tabulares a partir da análise do uso da terra nesse espaço em um período de 36 anos (1985-2021). Assim, demonstrou-se que as ações antrópicas inadequadas através da supressão indiscriminada da cobertura vegetal savânica (-22,77%) para a prática de atividades agrícolas - lavouras perenes (+304,61%) e temporárias (+1.262,94%), carcinicultura (+334,61%), infraestrutura urbana (738,79%), além de outros usos como a mineração, sobretudo em áreas de borda do tabuleiro, contribuíram majoritariamente para mudar as feições do lugar com o surgimento de significativas incisões erosivas, causando prejuízos ambientais, econômicos e sociais. Logo, diante do agudo cenário de degradação, recomenda-se a readequação das atividades produtivas na área dos tabuleiros, simultaneamente com o emprego de práticas conservacionistas (contenção de erosão, descompactação e fertilização do solo e reflorestamento), através de uma gestão racional que incorpore a ciência como concretizadora de tais práticas.

Palavras-chave: tabuleiros; estado natural; vulnerabilidade ambiental; erosão.

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze how disordered land use in the tabular interfluves (Tabuleiros Interiores) of the lower Jaguaribe River has accelerated erosion processes in these landforms, correlating it as a determining factor and suggesting alternatives for mitigating the effects of erosion in degraded areas. Thus, knowing and understanding the problems of the semi-arid region, in which the Lower Jaguaribe is located, is an important, necessary and indispensable task for better spatial planning. In order to achieve the proposed objective, a qualitative and quantitative methodology was adopted, based on technical methodological procedures involving bibliographical research, the production of cartographic material, fieldwork and an integrated diagnosis of the potential and limitations of the tabular interfluves based on an analysis of land use in this area over a 36-year period (1985-2021). Thus, it was shown that inadequate anthropic actions through the indiscriminate suppression of savannah vegetation cover (-22.77%) for the practice of agricultural activities - perennial (+304.61%) and temporary (+1. 262.94%), shrimp farming (+334.61%), urban infrastructure (738.79%), as well as other uses such as mining, especially in areas on the edge of the tableland, have mostly contributed to changing the features of the place with the emergence of significant erosion incisions, causing environmental, economic and social damage. Therefore, in view of the acute degradation scenario, it is recommended that productive activities in the tableland area be readapted, simultaneously with the use of conservation practices (erosion containment, decompaction and fertilization of the soil and reforestation), through rational management that incorporates science to make these practices a reality.

Keywords: tablelands; natural state; environmental vulnerability; erosion.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APP	Área de Preservação Permanente
CFB	Código Florestal Brasileiro
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DISTAR	Distrito Irrigado Tabuleiros de Russas
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GVJ	Grupo de Estudos do Vale Jaguaribe
IAT	Instituto Água e Terra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NRM	Nível Relativo do Mar
NE	Nordeste
NEB	Nordeste Brasileiro
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONGS	Organizações Não-Governamentais
PIMN	Perímetro Irrigado de Morada Nova
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará
SISANT	Sistema de Aeronaves Não Tripuladas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFPE	Universidade Federal do Pernambuco
USGS	United States Geological Survey
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEEC	Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Ceará

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Mapa hipsométrico da área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, Brasil.....	22
Figura 02 – Localização da área de estudo. Destaques para a Sub-bacia do Baixo Jaguaribe, setor de ocorrência dos interflúvios tabulares (polígono) e drenagem fluvial.....	69
Figura 03 – Fluxograma metodológico da pesquisa.....	71
Figura 04 – Setores da área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, Brasil que apresentam usos intensos dos recursos naturais.....	80
Figura 05 – Tipos climáticos existentes na área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará.....	87
Figura 06 – Pluviometria média da área de estudo.....	88
Figura 07 – Gráfico 01: Precipitações na Área de Estudo. Variação anual e média no período de 1973 a 2021.....	91
Figura 08 – Mapa das unidades litoestratigráficas.....	94
Figura 09 – Granitoides presentes na planície do rio Jaguaribe.....	100
Figura 10 – Granitoide a SO dos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe – Serrote da Tapera – Russas/CE.....	100
Figura 11 – Visão panorâmica de cima do Serrote da Tapera no período chuvoso.....	100
Figura 12 – Falésias da Formação Barreiras em Canoa Quebrada – Aracati/CE.....	102
Figura 13 – Depósitos com linhas de seixos na Formação Faceira. Evidência de eventos de maior competência do Rio Jaguaribe.....	104
Figura 14 – Planície fluvial rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte, Escarpa da Chapada do Apodi (primeiro plano) e granitoide da Ilhota dos Morros (linha do horizonte).....	106
Figura 15 – Padrão meandrante do rio Jaguaribe próximo a cidade de Itaiçaba.....	107
Figura 16 – Mapa das unidades geomorfológicas.....	109
Figura 17 – Depressão sertaneja vista de cima do Serrote da Tapera – Russas/CE, em período chuvoso.....	111
Figura 18 – Relevo suave ondulado a plano com vegetação xerófita na depressão sertaneja em Russas/CE, em período seco (de estiagem).....	111
Figura 19 – Serra do Ererê – Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos. Destaca-se também o extremo NO da cidade de Itaiçaba com intensa carcinicultura na região.....	113

Figura 20 – Representação geométrica dos tabuleiros - modelo de poliedro irregular com rampas suaves.....	115
Figura 21 – Inclinação frontal dos tabuleiros para a planície fluvial do rio Jaguaribe. Visualiza-se pacote sedimentar bastante erodido.	115
Figura 22 – Carcinicultura na planície fluvial do rio Jaguaribe em Jaguaruana/CE.....	118
Figura 23 – Mapa de solos da área de estudo....	120
Figura 24 – Mapa de cobertura vegetal da área de estudo no ano de 1985.....	126
Figura 25 – Mapa de cobertura vegetal da área de estudo no ano de 2021.....	127
Figura 26 – Caatinga Arbustiva aberta na depressão sertaneja em Russas/CE. O exemplar maior em meio aos arbustos sinaliza possível sucessão secundária (regeneração) de Caatinga Arbórea Aberta na área de estudo.	128
Figura 27 – Resquícios de caatinga Arbustiva aberta em borda de tabuleiro – Russas/CE. Incisões erosivos potencializadas pela retirada da vegetação.	128
Figura 28 – Mapa de direção de fluxo do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará, destacando-se a área (polígono) de interflúvios tabulares na respectiva bacia.....	131
Figura 29 – Mapa do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará, destacando-se a área (polígono) de interflúvios tabulares na respectiva bacia.....	134
Figura 30 – Barragem das Pedrinhas – Limoeiro do Norte/CE, situada no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará.....	135
Figura 31 – Barragem de Itaiçaba/CE, situada no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará.....	135
Figura 32 – Criação extensiva de gado em área da depressão sertaneja em Russas/CE.....	138
Figura 33 – Criação de gado semiconfinado em lote no Distrito Irrigado Tabuleiros de Russas – DISTAR, situado na área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará.....	139
Figura 34 – Testemunho do plantio de carnaúbas na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – Russas/CE. O espaçamento e o alinhamento entre as plantas confirmam a semeadura.	143
Figura 35 – Frutas nobres produzidas no DISTAR – Russas/CE – Plantio de pitaya, em área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.....	146
Figura 36 – Frutas nobres produzidas no DISTAR – Russas/CE – Plantio de uvas, área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.	146
Figura 37 – Frutas nobres produzidas no DISTAR – Russas/CE – Plantio de goiaba, em área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.....	146

Figura 38 – Carga de melancia para exportação produzida no DISTAR – Russas/CE, em área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.	146
Figura 39 – Mapa hipsométrico simplificado (direita) e perfis topográficos (esquerda) em que se observa altitudes abaixo de 100 m na área de interflúvios tabulares inseridos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – Ceará.....	150
Figura 40 – Solo exposto pela retirada da vegetação para extração de piçarra em área de borda de tabuleiro, sendo visível o início de processo erosivo.....	153
Figura 41 – Maximização do processo erosivo, resultando no surgimento de ravinas e voçorocas. No detalhe ravina no Ramal de Flores com 2,20 m de altura x 2,35 m de largura, em área de borda de tabuleiro.	153
Figura 42 – Mapa de vulnerabilidade natural da área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985-2021).....	155
Figura 43 – Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985-2021).....	157
Figura 44 – Mapa de declividade na área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, com dominância de moderada inclinação das vertentes.....	159
Figura 45 – Mapa de uso e cobertura da terra na área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará - cenário de 36 anos.....	161
Figura 46 – Decréscimo da vegetação nativa na área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021).....	163
Figura 47 – Transporte de piçarra, material retirado da área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, usada em compactação e terraplanagem de estradas.....	164
Figura 48 – Trincheira abandonada de onde fora extraída piçarra na borda de tabuleiro para múltiplos usos.	165
Figura 49 – Severas erosões em borda de tabuleiro devido ao uso e ocupação intensivos (à esquerda) e zonas estáveis sem erosão, contando com suporte protetivo da vegetação (parte superior à direita).	166
Figura 50 – Redução dos corpos d’água no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021) e em setores pontuais na área de interflúvios tabulares.....	166
Figura 51 – Expansão da carcinicultura no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021) e em setores pontuais na área de interflúvios tabulares.....	168
Figura 52 – Viveiro de camarão em área de borda de tabuleiro. Ao fundo perfil em corte exibindo as camadas sedimentadas do tabuleiro próximo a residências.....	169

Figura 53 – Evolução da infraestrutura urbana na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021).....	170
Figura 54 – Crescimento urbano em borda de tabuleiro na comunidade de Ramal de Flores. No detalhe a declividade do terreno, incisões erosivas em meio às casas e vice-versa e planície fluvial com manchas vermelhas testemunhando o carreamento do material erodido para a calha do rio Jaguaribe, assoreando-o.....	171
Figura 55 – Crescimento das lavouras perenes na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021).....	172
Figura 56 – Crescimento das lavouras temporárias na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021).....	173
Figura 57 – Erosão em topo de tabuleiro causada pela abertura de uma estrada no DISTAR (primeiro plano). Visualiza-se em segundo plano plantação de capim para forragem, irrigado com pivô central (linha do horizonte).....	174
Figura 58 – Área preservada em borda de tabuleiro, com presença de vegetação e folhagem que tendem a preservar o solo friável em zona de declive.....	175
Figura 59 – Caatinga Arbustiva Densa ou Fechada protegendo solos em borda tabuleiro.....	175

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Estações pluviométricas presentes no entorno e na área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará.....	75
Quadro 02 – Vulnerabilidade Natural.....	77
Quadro 03 – Cálculo da Vulnerabilidade Natural.....	77
Quadro 04 – Sistemas atmosféricos atuantes no NEB.....	86
Quadro 05 – Zona de Uso Sustentável, Preservação e Recuperação Ambiental nas Áreas de Bordas dos Interflúvios Tabulares do Baixo Jaguaribe.....	177

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classes de vulnerabilidade natural da área de estudo.....	154
Tabela 02 – Classes de vulnerabilidade ambiental da área de estudo.....	156
Tabela 03 – Classes de uso e ocupação da terra nos tabuleiros do Baixo Jaguaribe - cenário de 36 anos.....	162

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 OBJETIVOS DA PESQUISA	25
2.1 Objetivo Geral.....	24
2.2 Objetivo Específico.....	24
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
3.1 Bases teóricas da Geografia: Aspectos conceituais da abordagem socioambiental..	26
3.2 Reflexões sobre o conceito de paisagem a partir da análise sistêmica.....	31
3.3 O geossistema: da gênese da teoria aos modernos estudos integrados da paisagem.	39
3.4 Considerações sobre os tabuleiros cearenses e jaguaribanos.....	50
3.5 Uso da terra, alterações na paisagem e ocorrência de processos erosivos acelerados no mundo e no Brasil.....	56
4 MATERIAIS E MÉTODOS	69
4.1 Delimitação e localização da área de estudo.....	69
4.2 Procedimentos técnico-metodológicos.....	70
4.2.1 Pesquisa bibliográfica.....	71
4.2.1.1 Reflexões sobre o conceito e a utilização da paisagem enquanto categoria de análise geográfica.....	71
4.2.1.2 Considerações sobre os Geossistemas nos modernos estudos integrados da paisagem.....	72
4.2.1.3 Considerações sobre os tabuleiros cearenses e jaguaribanos.....	72
4.2.1.4 Uso da terra, alterações na paisagem e ocorrência de processos erosivos acelerados no mundo e no Brasil.....	73
4.2.2 Levantamento e produção do material cartográfico	73
4.2.3 Trabalho de campo	78
4.2.4 Classificação do uso da terra e dos processos erosivos acelerados: diagnóstico integrado, potencialidades e limitações nos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe	82
5 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	85
5.1 Aspectos climáticos.....	85
5.2 Unidades litoestratigráficas e geomorfológicas.....	92
5.2.1 Caracterização das Unidades Litoestratigráficas	93
5.2.1.1 Unidades Litoestratigráficas de Embasamento Cristalino (Orós, Acopiara, Jaguaretama, Granitoides Indiscriminados e Suíte Serra do Deserto).....	94
5.2.1.2 Unidades Litoestratigráficas Sedimentares (Formações Barreiras e Faceira).....	101

5.2.1.3 Unidades Litoestratigráficas de Sedimentos Aluvionares.....	105
5.2.2 Caracterização das Unidades Geomorfológicas.....	107
5.2.2.1 Unidades Denudacionais (Superfícies Aplainadas Degradadas e Domínios das Colinas Dissecadas e Morros Baixos).....	110
5.2.2.2 Unidades Agradacionais (Tabuleiros e Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres)..	114
5.3 Aspectos pedológicos.....	118
5.3.1 Argissolos	120
5.3.2 Neossolos.....	121
5.3.3 Planossolos	123
5.3.4 Gleissolos	123
5.4 Aspectos vegetacionais.....	124
5.5 Aspectos hidrográficos.....	129
5.6 Paradigma econômico e o uso da terra.....	136
6 RESULTADOS	150
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	179
REFERÊNCIAS	180
ANEXO A - FICHA DE CAMPO PARA CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	205

1 INTRODUÇÃO

Os rios exercem importante papel na evolução física do planeta contribuindo para a definição da modelagem do relevo, pois através do contínuo trabalho de transporte e deposição de sedimentos que ocorrem do alto para o baixo curso, acabam por definir novas feições geomorfológicas e promovem o aparecimento de ambientes naturais de deposição como as planícies. Por isso, essas áreas foram preferencialmente ocupadas por grupos humanos dadas a facilidade de construção e acesso e a proximidade com os cursos de água (MAIA; CAVALCANTE, 2004; CHARLTON, 2007; FLORENZANO, 2008; SILVA, 2017; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017, ASSIS *et al.*, 2020).

No semiárido jaguaribano do estado do Ceará isso não foi diferente, uma vez que as condições naturais mais favoráveis da planície fluvial no baixo curso do rio Jaguaribe contribuíram para que ela fosse uma área de ocupação preferencial, encontrando-se atualmente metamorfoseada pela ocorrência de sucessivos ciclos econômicos, em geral desenvolvidos sem o manejo adequado (COSTA, 2009; CAVALCANTE; CUNHA, 2012; ANDRADE, 2016; ANDRADE; MAIA, 2018; ANDRADE; MAIA, 2019; ASSIS *et al.*, 2020).

Adjacente a planície fluvial se encontra a Formação Faceira. Esta ocupa uma área de 1.421 km² do Baixo Jaguaribe, caracterizando-se como uma cobertura sedimentar cenozoica em que os interflúvios tabulares areno-argilosos (Tabuleiros Interiores) constituem a feição geomorfológica dominante. Situada paralelamente na margem esquerda do rio, sua gênese ocorreu a partir de processos geomorfológicos diversos, destacando-se as variações no nível de base em escala regional e local, alternâncias do Nível Relativo do Mar (NRM) que culminaram com eventos de transgressões e regressões marinhas datadas do Quaternário, fatores climáticos e tectônicos (MOURA-FÉ, 2014; SILVA, 2017; ANDRADE; MAIA, 2018; COSTA *et al.*, 2020; Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2020; COSTA *et al.*, 2021).

Importante destacar que apesar de a ocupação da área dos tabuleiros ter ocorrido depois da planície fluvial, ela também apresenta transformações significativas em seu quadro natural, com extensas incisões erosivas que em alguns pontos tendem a irreversibilidade, embora o Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Caatinga e das Serras Úmidas do Estado do Ceará tenha classificado como um ambiente medianamente estável (GONÇALVES *et al.*, 2007; COSTA, 2009; ANDRADE; MAIA, 2018; ANDRADE; MAIA, 2019).

Desse modo, o estudo se detém em responder que relações existem entre o desenvolvimento de atividades antrópicas inadequadas e a aceleração dos processos erosivos nos interflúvios tabulares areno-argilosos (Tabuleiros Interiores) do Baixo Jaguaribe.

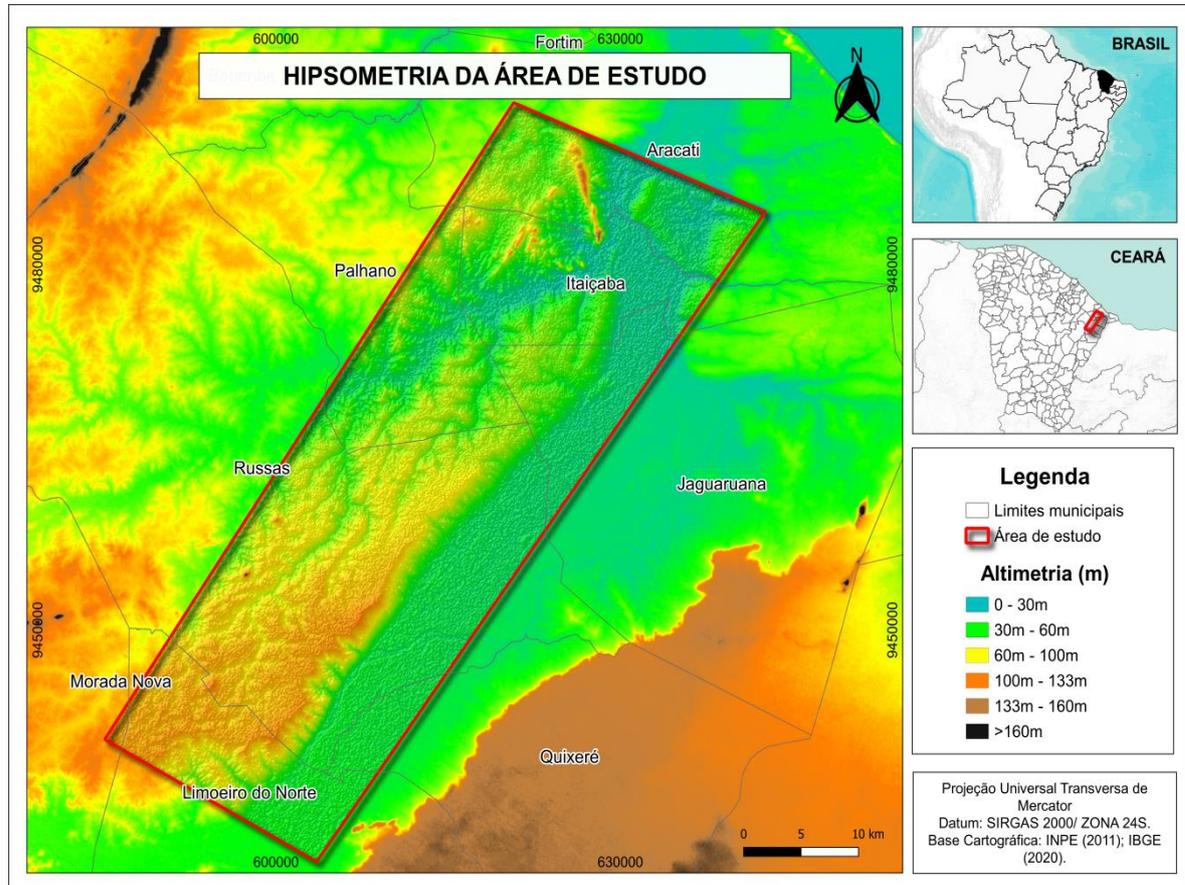
Destaca-se aqui o caráter inovador dessa investigação, haja vista que pouco fora pesquisado sobre as causas e consequências da erosão acelerada nos Tabuleiros Interiores no baixo curso do rio Jaguaribe. Evidencia-se que a maioria das pesquisas já desenvolvidas aponta que o Baixo Vale do Jaguaribe vem sofrendo ao longo do tempo com ações socioambientais inadequadas que estão no limiar de promover alterações irreversíveis na dinâmica de suas paisagens, o que justifica o estudo (COSTA, 2009; ANDRADE; MAIA, 2018; ANDRADE; MAIA, 2019; ASSIS *et al.*, 2020).

Enfatiza-se que o semiárido brasileiro é uma área densamente ocupada, com mais de 28 milhões de habitantes e que perpassa por 10 unidades da federação. Desse modo, conhecer e entender os problemas nesse espaço, no qual o Baixo Jaguaribe está inserido, é tarefa importante, necessária e imprescindível para um melhor planejamento no uso e ocupação da terra, fato que também justifica a pesquisa (INSA, 2022).

Além disso, o estudo se justifica pela relevância atual da temática, estando em consonância com o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e o ODS 15 (Vida Terrestre) da Agenda Global 2030 (ONU, 2015).

No semiárido, os Tabuleiros Interiores podem ser compreendidos como um geocomplexo constituído por terras baixas, suave onduladas e com moderada declividade. Essas superfícies planas são muitas vezes representadas por relevos tabuliformes e com variados graus de dissecação, facilmente identificadas na paisagem. Nesse sentido, antigos paleoterraços fluviais, coberturas colúvio-eluviais detríticas e extensas áreas laterizadas podem ser encontradas em cotas altimétricas distintas, mas sem grandes discrepâncias altimétricas, e, mesmo com essa baixa altimetria – preponderantemente abaixo de 100 m, conforme Figura 01, vem enfrentando pronunciados processos erosivos (COSTA *et al.*, 2021).

Figura 01 – Mapa hipsométrico da área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, Brasil



Fonte: Queiroz, 2022.

Como suporte metodológico, essa pesquisa se ancorou na teoria geossistêmica e nos estudos integrados da paisagem, buscando entendê-los por meio de cada um dos componentes geoambientais constituintes, mas integrando-os posteriormente na categoria de um geocomplexo. Assim, ao analisarmos o geocomplexo dos Tabuleiros Interiores em sua totalidade, ou seja, como um grande sistema de paisagens diversas, constata-se que o uso intenso da terra é o fator dominante dos processos erosivos na área de estudo, o que evidencia a necessidade de efetivação, fiscalização e controle do manejo ambiental proposto pelo Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Ceará (ZEEC) para a zona dos tabuleiros, bem como a necessidade de possível revisão do recém-atualizado ZEEC, especificamente em pontos referentes aos tabuleiros interiores ou interflúvios tabulares (Terraços Fluviais), considerando o elevado grau de pressão e mutabilidade desse sistema ambiental.

Esta peça dissertativa está organizada em sete capítulos. O primeiro é constituído pela introdução, com uma breve contextualização sobre estudos ambientais, caracterização dos

tabuleiros interiores ou interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe, problemática, justificativa e metodologia. Já o segundo capítulo traz os objetivos geral e específicos da pesquisa.

O terceiro capítulo contempla o referencial teórico o qual serviu de embasamento para a realização da pesquisa, compreendendo temas como as bases teóricas da Geografia empregadas na pesquisa, destacando-se especialmente os aspectos conceituais da abordagem socioambiental, reflexões sobre o conceito de paisagem a partir a análise sistêmica, a compreensão dos geossistemas desde a gênese da teoria aos modernos estudos integrados da paisagem, breves considerações sobre os tabuleiros cearenses e jaguaribanos, o paradigma econômico do uso da terra, alterações na paisagem e a ocorrência de processos erosivos no mundo e no Brasil.

O quarto capítulo trata dos materiais e métodos utilizados na pesquisa, em que se apresentam a delimitação e a localização da área de estudo, os procedimentos técnico-metodológicos, o levantamento e a produção do material cartográfico, a descrição das etapas que envolveram o trabalho de campo realizado, a classificação do uso da terra e de seu enquadramento enquanto vetor desencadeador dos processos erosivos acelerados por meio do diagnóstico integrado que elencou as potencialidades e limitações de uso nos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe.

Por sua vez, o quinto capítulo versa sobre a caracterização geoambiental da área de estudo onde são tratados os aspectos climáticos, litológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, cobertura vegetal e aspectos do uso e cobertura da terra em paralelo com o paradigma econômico adotado no Baixo Jaguaribe com o desenvolvimento de múltiplos e sucessivos ciclos produtivos.

No sexto capítulo são elencados os resultados da pesquisa em que se constata que o uso intenso da terra é fator determinante para a ocorrência dos processos erosivos acelerados na área de estudo, suplantando os indicadores físico-naturais como a declividade e a existência de solos friáveis.

Por fim, no sétimo e último capítulo, traz-se as considerações finais da pesquisa, com as principais inferências relativas ao estudo realizado. Desse modo, os resultados dessa pesquisa se apresentam como uma contribuição á compreensão do sistema ambiental dos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe de maneira integrada, uma vez que, trata-se de uma área com características diferenciadas no contexto do semiárido cearense, com extensos e volumosos pacotes sedimentares em meio a estrutura cristalina predominante na grande depressão sertaneja. Ademais, o trabalho também se reveste como um importante instrumento para o

planejamento e a gestão do território, já que são destacadas as potencialidades, limitações e o uso sustentável dos recursos naturais na área de estudo.

2 OBJETIVOS DA PESQUISA

2.1 Objetivo Geral

- ✓ Compreender como o uso desordenado da terra nos interflúvios tabulares arenoargilosos (Tabuleiros Interiores) do Baixo Jaguaribe tem acelerado ao longo tempo os processos erosivos, correlacionando-o como vetor do problema.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Mostrar o uso desordenado da terra nos interflúvios tabulares arenoargilosos do Baixo Jaguaribe;
- ✓ Realizar levantamento dos usos mais significativos para a aceleração dos processos erosivos nos interflúvios tabulares arenoargilosos no Baixo Jaguaribe;
- ✓ Identificar de que forma as atividades antrópicas têm influenciado a erosão acelerada nos interflúvios tabulares arenoargilosos Baixo Jaguaribe.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Bases teóricas da Geografia: Aspectos conceituais da abordagem socioambiental

Em aproximadamente 200 anos de industrialização ocorreu um intenso quadro de degradação do meio ambiente, haja vista que a produção e o consumo acelerados de bens materiais não respeitaram a capacidade de suporte dos sistemas ambientais. Tal fato comprometeu a qualidade de vida ou o bem viver da população de inúmeras formas, destacando-se as alterações da qualidade do ar e da água, o desmatamento, as queimadas, a extinção de espécies (tanto da fauna quanto da flora), a erosão, dentre outros (MOREIRA, 2009; MENDONÇA, 2012; SUERTEGARAY, 2005, 2017, SOUZA, 2018a).

Acompanhando essa dinâmica, aumentou também a preocupação da humanidade com a natureza, uma vez que a deterioração das condições ambientais e da qualidade de vida das pessoas despertou nos indivíduos a promoção de um justo, salutar e profícuo debate ambiental por diversos segmentos da sociedade: Estado, academia, Organizações Não-Governamentais (ONG'S) (MENDONÇA, 1996, 2001, 2012; SUERTEGARAY; NUNES, 2001; ZANELLA, 2006).

Nesse cenário, é importante que se questione por que a ciência e a tecnologia não foram e não são capazes de equalizar os problemas contemporâneos? A quem o binômio ciência-tecnologia serve no mundo atual? Não é contraditória a emergência de graves problemas socioambientais num contexto técnico-científico altamente avançado? Assim, na busca por respostas a essas indagações e envolvimento a essa miscelânea de contrassensos é que se desenvolvem os debates da temática ambiental dentro da Geografia (MENDONÇA, 2012).

No âmbito das ciências, destaca-se que quase todos os ramos do conhecimento têm colocado a questão ambiental como prioridade, no intuito de restaurar a qualidade de vida e o ambiente sadios de outrora. Ressalta-se, no entanto, que esse olhar é relativamente recente, só ocorrendo a partir da emergência do tema – pós anos 50 do século XX (TROPPEMAIR; GALINA, 2006; MENDONÇA, 2012; SANTOS; PINTO, 2019).

Quanto a este aspecto, Aragão (2020, p. 374) também concorda com a contemporaneidade das inquietações relativas à problemática ambiental vinculada a produção do espaço, porém ele estabelece uma condicionante quanto ao início dessa manifestação, compreendendo que ela se deu um pouco mais adiante, ao afirmar que “a emergência da

‘questão ambiental’ no decurso do último quartel do século XX é, sem embargos, um vetor da constituição contemporânea da problemática socioambiental”.

Distante de ser o cerne da questão identificar se as preocupações ambientais começaram neste, naquele ou em outro momento, o fato é que em relação à Geografia, percebe-se que a temática fez parte do rol de estudos dessa ciência desde sua origem, o que a credencia como a ciência que melhor pode oferecer respostas às incongruências do mundo moderno, em momentos históricos em que a natureza tem passado de uma condição cada vez menos natural a um estado cada vez mais antropizado (TROPMAIR; GALINA, 2006; MENDONÇA, 2012; SANTOS; PINTO, 2019).

Alinhada a esta proposição Souto (2016), destaca o papel da Geografia em face da crise ambiental. Enfatiza que no trato da questão a ciência geográfica carrega em seu bojo vantagens sobre as demais ciências por trabalhar simultaneamente com os objetos e as ações na análise investigativa do problema. Pela mesma razão, a autora acrescenta que a Geografia comporta na análise a inclusão de aspectos distintos, de caráter físico e social, que raramente poderiam ser tratados por outros ramos do conhecimento.

Por conseguinte, Souto (2016) destaca que em decorrência de tais vantagens, os geógrafos podem contribuir de forma significativa para o trato da crise ambiental. Ampliando a discussão, diz esperar que as vozes e os aportes colaborativos dos geógrafos possam ser ouvidos por tomadores de decisão e por pesquisadores de outros ramos do conhecimento, e que no outro extremo, os geógrafos também estejam abertos a contribuições extrínsecas à Geografia, cujo diálogo se converta num pacto em que os resultados confluem para uma mudança de mentalidade, uma alteração nos processos produtivos e por fim, numa melhor qualidade de vida as gerações vindouras.

Nesse contexto, estudos modernos que tratem da problemática ambiental devem necessariamente envolver aspectos ligados à sociedade e a natureza. Tais estudos, por sua vez, exigem métodos de análises específicos, nos quais a abordagem dentro da ciência geográfica contemporânea deve ampliar discussões convergentes no sentido de superar a dicotomia ou dualidade entre Geografia Física e Geografia Humana (MENDONÇA, 2001, 2012).

Observa-se que ao longo do século XX a construção do pensamento geográfico contemporâneo contemplou em sua essência concepções diferenciadas, abarcando tanto aspectos físico-naturais quanto humano-sociais que se externalizaram ora na dualidade ora na unidade do método, sem, contudo, questionar o status da Geografia enquanto ciência, haja vista que isso há muito já fora superado (MENDONÇA, 1998, 2001). Assim, diante de temáticas

plurais, vislumbra-se a aplicação de métodos igualmente plurais, que valorizem os estudos da natureza em sua concepção original (primária), mas sem deixar de conceber que essa mesma natureza primária também se configura sob o enfoque analítico da ciência geográfica como segunda natureza, ou natureza transformada, resultado de transformações e construções sociais, econômicas e culturais mutáveis no tempo e no espaço (SUERTEGARAY, 2017).

Nesse ínterim, vai se desenhando uma nova perspectiva de compreensão da complexa realidade moderna existente, culminando com o surgimento da Geografia Contemporânea - campo do conhecimento em constante construção que abrange três correntes de investigação: a crítica, a humanista e a socioambiental. Esta última, vem construindo suas bases epistemológicas para compreensão do espaço geográfico amparada no método sistêmico. Sobre isso, Lelis, Pedroso e Rodrigues (2022, p. 8) fazem esclarecedora explanação.

Concomitante à geografia humanista, surgiu a geografia socioambiental, cujo enfoque epistemológico consiste na base sistêmica de compreensão da realidade. Ela se constitui como um enfoque, uma tentativa não de substituir os conteúdos particulares e especializados associados à “geografia física” e à “geografia humana”, mas, sim, um intento, bem mais modesto e realista, de promover a valorização de problemas e questões em que o diálogo de saberes esteja vinculado ao conhecimento da Terra como morada humana. A busca pela reunificação dos saberes, de modo que se possa compreender que a realidade é composta por redes de interações e que as problemáticas não podem ser resolvidas por uma única área do saber, aparece enfaticamente na concepção trazida por esta corrente.

Nogueira e Carneiro (2013) acrescentam de forma categórica que a corrente socioambiental é o sustentáculo para a Geografia Contemporânea, tanto para a pesquisa quanto para o desenvolvimento de atividades e ações educativas, uma vez que as ações voltadas para a percepção da educação geográfica devem se constituir como o caminho a ser trilhado, ou melhor, o elo para a compreensão e interligação entre o ser humano e o meio exterior a ele.

Nesse viés, entende-se que a concepção que melhor se encaixa ou a mais acertada, seria aquela em que a abordagem geográfica do ambiente fosse capaz de ultrapassar a tão desgastada discussão dicotômica, resgatando a unidade do conhecimento geográfico – com esse propósito é que surge a abordagem socioambiental na Geografia (MENDONÇA, 2001, 2012).

Na mesma linha, Aragão (2020, p. 373-378) aponta que essa relevante temática deve ser discutida a partir de elementos metodológicos contidos no interior da ciência geográfica, a partir da perspectiva socioambiental. Portanto, o autor sintetiza sua posição no seguinte enunciado propositivo:

A problemática socioambiental deve ser incluída a partir das categorias e métodos disponíveis na própria Geografia, seja como forma de reafirmar a importância da disciplina nesse debate, bem como construindo com os estudantes um processo de aprendizagens significativas. De toda sorte, espera-se contribuir para a discussão, interpondo a Geografia enquanto ramo do saber que pode corroborar com o debate ambiental a partir de suas categorias de análise, esclarecendo o objeto temático a partir de um ponto de partida sólido do contrário à simples reprodução de jargões como a “questão ambiental”, “meio ambiente”, “poluição”, que, sozinhos, não representam o saber geográfico existente.

Nessa conjuntura as geografias ambiental e socioambiental pela capilaridade que possuem, tanto no âmbito interno da ciência geográfica quanto no campo exterior a ela, apresentam o diferencial de trabalhar objetos de conhecimento híbridos, sendo a intersecção entre a Geografia e as demais ciências. Para isso, é necessário que sejam reconfigurados os marcos epistemológicos, teórico-conceituais e metodológicos da Geografia, por meio de uma aposta inovadora denominada de *bipolarização epistemológica* (SOUZA, 2018a).

A bipolarização epistemológica foi definida por Marcelo Lopes de Souza em recente ensaio. Visando a aclarar o termo para que não se crie embaraços semânticos, Souza (2018a) esclareceu ser ela diferente do pensamento dualista ou dicotômico, sendo este mais um fato distintivo das geografias ambiental e socioambiental.

Com efeito, bipolarização não é dualismo e nem endossa uma dicotomia: assim como privilegiar (não por hierarquia epistemológica, mas sim por preferência individual e aptidão) o polo do conhecimento sobre a sociedade, na trajetória de cada indivíduo, não impede que se valorize ativamente a dimensão biofísica do mundo (os fatores, dinâmicas e processos geocológicos), da mesma forma privilegiar (idem) o polo do conhecimento sobre a natureza não elimina a necessidade de se “historicizar” a visão que se tem da natureza e se relativizar o alcance e até mesmo a “pureza” dos processos naturogênicos (SOUZA, 2018a, p. 296).

Na atualidade, urge esclarecer que o termo socioambiental ganhou amplo destaque e aplicabilidade em virtude da dificuldade e insuficiência de se estabelecer estudos robustos e completos sobre o meio ambiente somente sob o enfoque da natureza, sobretudo em porções territoriais que tiveram um processo de desenvolvimento complexo como o Brasil, em particular a região semiárida nordestina – onde a área de estudo está inserida (MENDONÇA, 2001; SUERTEGARAY, 2017).

Assim, quando se vislumbra a possibilidade de entender a complexa interação sociedade-natureza do presente, é que nos damos conta da incapacidade de solucionar os problemas atuais por meio de uma única via, diante do emaranhado quadro que interconecta os meios naturais e sociais, e porque não dizer, socionaturais (MENDONÇA, 2001).

Desse modo Mendonça (2001, p.117) assegura que “o termo *sócio* aparece, então, atrelado ao termo *ambiental* para enfatizar o necessário envolvimento da sociedade enquanto sujeito, elemento, parte fundamental dos processos relativos à problemática ambiental contemporânea”.

A este respeito, Marcelo Lopes de Souza concorda com Mendonça, pontuando que para além da excessividade linguística, o prefixo *socio* agrega valor semântico ao que se pretende destacar, ampliando o significado, dirimindo eventuais dúvidas (perigos) de interpretação e designando clareza ao termo *socioambiental*, neologismo recém-incorporado à literatura geográfica.

Impõe-se, assim, a conveniência de uma redundância: se, por um lado, o qualificativo “socioambiental” soa um tanto pleonástico, o adjetivo “ambiental”, assim sozinho, sem o prefixo “socio” a lhe dar cobertura, provavelmente carregaria o perigo de dar margem a uma leitura mutiladora. Por isso é que tantos ativistas e pesquisadores adotam a forma “socioambiental”, deixando claro, com isso, que não estão se referindo ou querendo fazer alusão apenas ao “meio ambiente”, à “natureza primeira”, mas também às relações sociais e às questões que envolvem os grupos humanos e seus problemas... [...] Ao mesmo tempo em que a palavra “ambiental” aparece destacada e posta em primeiro plano, procurou-se uma imunização implícita contra as interpretações reducionistas e os mal-entendidos por meio da inclusão do prefixo “socio” entre parênteses. Com isso, embora se sinalize para uma compreensão abrangente do termo “ambiente”, entende-se que, sendo um produto histórico-cultural como qualquer outro componente de nosso quadro discursivo, o referencial Geografia (Socio) Ambiental, com seu quinhão de redundância, se legitima à luz das circunstâncias concretas em que vivemos e operamos (SOUZA, 2019, p. 18).

Ao sintetizar a abordagem socioambiental como uma corrente do pensamento geográfico que visa contribuir com a discussão da epistemologia contemporânea dessa ciência, Mendonça (2001) chama a atenção para a constatação de que a Geografia é por excelência um “*savoir difficile*” (difícil saber), pontuando que:

Ao se identificar esta corrente como um campo particular de análise do geógrafo, entre vários outros, não se está propugnando pela sua excelência em relação aos demais, dado que a riqueza do pensamento geográfico reside na sua própria pluralidade de enfoques (MENDONÇA, 2001, p. 129).

Discordando de Mendonça que a considera como uma corrente geográfica em construção, Souza (2019) destaca que a Geografia Ambiental e como desdobramentos dela a Geografia Socioambiental, não deveriam ser considerados como um ramo da Geografia. Elas poderiam ser no mínimo compreendidas como uma abordagem, um enfoque, uma perspectiva, uma área específica ou um subcampo dentro da Geografia. De longe, poder-se-iam chamá-las de subcampo, numa acepção muito tênue, sutil, flexível do vocábulo campo, apenas com a

finalidade de “conferir ou reconhecer uma especificidade; mas seria inadequado e contraproducente tratá-la, a rigor, como uma subdisciplina, com um território próprio e bem demarcado” (SOUZA, 2019, p. 19).

Feitas essas ponderações, Mendonça (2001) menciona em caráter conclusivo alguns aspectos norteadores que corroboram para a aplicação da abordagem socioambiental na atualidade, mesmo ela estando em vias de construção, pois no entendimento do autor:

A natureza cambiante do mundo contemporâneo, e da intensidade da velocidade que o qualifica, impõe a necessária simultaneidade de novos olhares, novas técnicas e novas perspectivas sobre o objeto de estudo da geografia. Impõe-se, sobretudo a abertura das mentes para se criar o novo, o diferente, o que superará o estágio de dificuldades e limitações de apreensão do real que tão marcadamente ainda caracteriza o presente. Um novo pensamento, desencadeador de mudanças, não se consolida se não exercitar um diálogo de saberes distintos e sem demover resistências, mas estes acabam por lapidá-lo, pois lhe proporcionam a experimentação de ousadias e profundo repensar de formulações. Se ele não se mostrar capaz de inserir os ganhos do processo e tornar-se velho mais rápido que as projeções de longevidade lançadas, é mesmo melhor que tenha uma vida curta ou que nem a experimente (MENDONÇA, 2001, p. 129).

Portanto, a Geografia Socioambiental caminha com o objetivo de aprofundar os estudos que se voltam para a compreensão de relações integradas, considerada constructo da interação entre os componentes da natureza e a sociedade, sendo que:

O objeto de estudo da geografia socioambiental [...] não pode ser concebido como derivador de uma realidade na qual seus dois componentes sejam enfocados de maneira estanque e como independentes, pois a relação dialética entre eles é que dá sustentação ao objeto (MENDONÇA, 2001, p. 128).

Diante das discussões postas em que se vislumbra a aplicabilidade de uma base teórica e metodológica que seja ao mesmo tempo robusta e integradora (SILVA, 2021), entende-se que o conceito de Paisagem enquanto categoria de análise geográfica, alinhada à Geografia socioambiental, constitui-se na mais adequada para responder às complexas questões contemporâneas da área de estudo, demonstrando que a dinâmica de uso e ocupação da terra tem se configurado como principal vetor no desencadeamento dos processos erosivos acelerados nos interflúvios tabulares no Baixo Jaguaribe, sobretudo nas últimas décadas.

3.2 Reflexões sobre o conceito de paisagem a partir da análise sistêmica

Compulsando-se a literatura sobre tema, percebe-se que o termo paisagem comporta inúmeras conceituações, sendo essa polissemia muito criticada no passado. Hoje, porém, o

caráter polissêmico do vocábulo é interpretado como algo positivo, uma vez que graças a esta particularidade, o conceito de paisagem logrou ampla capilaridade no campo de atuação de várias ciências, encontrando-se entranhado na literatura geográfica, na ecologia, nas artes, na educação, na arquitetura, etc. (CAVALCANTI, 2018, 2020; PASSOS, 2022).

Logo, acredita-se que o valor da paisagem enquanto categoria de análise derive justamente dessa condição polissêmica, permitindo o enfoque de múltiplas abordagens do espaço, este de modo singular, objeto de estudo da Geografia. Ressalta-se que embora o termo paisagem remonte à história do homem quando da sua observação ao ambiente, sua utilização enquanto conceito científico é recente e assume destaque nos estudos naturalistas no campo da Geografia (CAVALCANTI, 2018, 2020; SANTOS *et al*, 2019; PASSOS, 2022).

Partindo-se de uma perspectiva simplória e baseada numa visão estética atrelada ao senso comum, verifica-se que a paisagem está invariavelmente interligada ao status de beleza e à natureza, em que o observador a incorpora através da percepção e dos aspectos sensoriais, cognitivos e perceptivos (CAVALCANTI, 2018; SOUZA, 2018b).

Contudo, a partir do século XIX surge uma nova abordagem para a paisagem com um viés científico, cuja pretensão era estudá-la com rigor metodológico. Assim entendida, ela se torna objeto de investigação científica e provoca desde o início inquietações ao modelo tradicional de segregação dos ramos do conhecimento, ao reclamar a necessidade de existência de um objeto aberto, transversal e porque não dizer, multidisciplinar, sendo-a importante para a compreensão de fatos e fenômenos complexos (DIAS; CHÁVEZ, 2019).

Ainda no século XIX, o termo paisagem é disseminado na Geografia, época em que essa efêmera ciência buscava se firmar enquanto ramo próprio do conhecimento. Assim, a evolução simultânea da ciência geográfica e do conceito de paisagem suscitou novos arranjos, múltiplos significados e distintos olhares, corroborando para reafirmar o potencial de ambas no debate da relação indissolúvel e dialética entre a sociedade e a natureza, num momento marcado por mudanças crescentes nos padrões ambientais globais e na intensa degradação do ambiente pela humanidade (CHÁVEZ; PUEBLA; TROMBETA, 2019; SANTOS *et al*, 2019).

Enquanto categoria de análise geográfica, não obstante a importância da paisagem para a investigação das complexas relações socioambientais contemporâneas, nem sempre essa análise esteve pautada numa perspectiva integradora, pois o pensamento geográfico dominante de cada período influenciou sobremaneira na aplicabilidade do conceito, ora com o emprego de determinado método, ora com a utilização de método diverso vinculado a outra corrente de

pensamento; “[...] Logo, cada matriz do pensamento trouxe uma concepção acerca do conceito, o que aumentou a complexidade quanto à sua compreensão” (SANTOS *et al*, 2019, p. 147).

Em concordância com Santos *et al.* (2019), Vitte (2007) nos oferece importante síntese sobre a influência exercida pela Geografia no desenvolvimento do conceito de paisagem, ao mencionar que:

A temática relativa ao conceito de paisagem e seu tratamento na geografia, acumula ao longo dos tempos uma série de polêmicas envolvendo uma enorme diversidade de conteúdos e significados. Esta elasticidade demonstra, na realidade, uma complexização do conceito, em função de como o mesmo foi tratado pelas várias correntes na geografia, moldadas cada qual em um determinado contexto histórico e cultural. Isso significa dizer que uma discussão sobre a categoria paisagem remete-nos ao processo de institucionalização da geografia como ciência, ciência essa que elege a superfície da terra em seus aspectos físicos e humanos como campo de estudo (VITTE, 2007, p. 72).

Nesse contexto, a partir do instante em que a Geografia despertou para os estudos integrados da paisagem, conforme pontua Zacharias (2006, p. 40), “os mesmos se converteram em um campo amplamente utilizado”. Tal amplitude pode ser constatada por meio de inúmeros trabalhos (artigos, ensaios, dissertações e teses), sobretudo nos últimos anos, que se utilizaram do conceito de paisagem e contribuíram com a disseminação de novas perspectivas, novas abordagens, diferentes teorias, paradigmas e propostas teóricas e metodológicas voltadas para investigações envolvendo a paisagem enquanto categoria de análise, temática que Zacharias sintetizou com maestria:

[...] a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) formalizada por Bertalanffy (1968) e ampliada por Chorley e Kennedy (1971) trouxe o olhar sobre a paisagem analisando-a pela funcionalidade sistêmica. O Paradigma Geossistêmico proposto por Sotchava (1960), posteriormente por Bertrand (1977), apresenta a necessidade de se analisar a paisagem pelas escalas taxonômicas, chegando-se a sua representação, através da chamada cartografia de paisagens. A Fisiologia da Paisagem, difundida no Brasil, em 1968, pelo Prof. Aziz Ab’Saber, traz um novo olhar para a Geografia Física, ao mostrar que a ela caberia o esforço de estudar a paisagem em seus estudos considerando os processos recentes de ordem climática, pedológica e morfológica, juntamente com a inclusão das pressões sociais ao ambiente. A Ecodinâmica da Paisagem, apresentada por Tricart (1977), que se apoiando em alguns pressupostos da TGS e do Paradigma Geossistêmico, explicita uma cartografia baseada no comportamento ecodinâmico da paisagem, a qual é compreendida a partir dos diferentes graus de fragilidades dos ambientes naturais face às intervenções do homem nos diversos componentes da natureza. E a Ecologia da Paisagem, introduzida na Geografia por Troll (1938), quatro anos após Tansley (1935) divulgar o conceito de “ecossistema”, a partir da união da Geografia (paisagem) com a Biologia (ecologia) para a busca de seu conhecimento, onde desde então, caracteriza-se no meio científico por duas visões distintas acerca do entendimento da paisagem: uma sob a “abordagem geográfica” e a outra sob os aspectos da “abordagem ecológica” (ZACHARIAS, 2006, p. 59-60).

Portanto,

[...] mesmo apresentando concepções diferentes entre si, principalmente no que concerne ao enfoque da dinâmica da paisagem e sua representação cartográfica, todas essas Teorias convergem para um ponto comum: a busca para sua explicação e sustentabilidade. Em todos os casos, a noção de espaço – e da inter-relação do homem com seu ambiente – está incutida na maior parte das definições (ZACHARIAS, 2006, p. 60).

Conforme se pode constatar, as primeiras abordagens teóricas da paisagem, de modo geral, estavam ligadas aos conjuntos de formas descritas e caracterizadas em um dado setor da superfície terrestre. Diante desta acepção que evidenciava preponderantemente as formas, em detrimento a outras percepções, é possível afirmar que a heterogeneidade da homogeneidade se sobressai na análise da paisagem, fato que possibilitou a obtenção de uma classificação de paisagens: morfológicas, vegetais, agrárias etc. (PASSOS, 2022).

O conceito de paisagem foi introduzido na Geografia por A. Hommeyerem, que em vernáculo alemão *Landschaft* designa o conjunto dos elementos observáveis desde um ponto alto até outro mais baixo. Da Alemanha a proposição avança para outros países cuja língua originária provém de raiz germânica, tais como o inglês (*landscape*) e o holandês (*landschap*) – usados com mesmo paralelismo semântico. Verifica-se, dessa forma, que os estudos da paisagem nessa época eram condicionados pela capacidade de alcance da visão do observador (SALGUEIRO, 2001; PASSOS, 2022).

Em uma acepção mais robusta e trabalhada, a paisagem é entendida como fruto da interação dialética entre os três principais subconjuntos, representados pelo potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica. A interação dos componentes naturais associados às atividades socioeconômicas materializadas pelas sociedades faz da paisagem uma unidade indissociável e em constante evolução (BERTRAND, 1969).

No âmbito da evolução de seu conceito em outras partes do mundo, a paisagem se consagra como uma das categorias mais antigas e estudadas pela Geografia, sendo ela uma “[...] herança dos processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades” (AB’SÁBER, 2003).

Conforme Bastos e Cordeiro (2012), a formação natural das paisagens em qualquer ambiente da Terra passa por uma forte complexidade de fatores de ordem geológica, hidroclimáticos, geomorfológicos, pedológicos e fitogeográficos. Porém, essas paisagens

naturais vêm sendo gradativamente transformadas pela sociedade por meio do emprego de técnicas cada vez mais sofisticadas, visando ao suprimento das necessidades humanas.

A esse respeito, Santos (2006, p. 157) destaca que quando tudo era meio natural, o homem extraía da natureza aquilo que considerava fundamental para a sobrevivência dele e de seus pares, sem, contudo, promover grandes alterações na dinâmica das paisagens, pois conforme suas proposições “as técnicas e o trabalho se casavam com as dádivas da natureza, com a qual se relacionavam sem outra mediação”.

Posteriormente, Santos (2006, p.158) menciona que o período técnico promoveu a emergência do espaço mecanizado, e este “[...] se concretiza na superposição de uma lógica instrumental que desafia as lógicas naturais, criando, nos lugares atingidos, mistos ou híbridos conflitivos”. Assim, nesse estágio a intervenção do homem sobre o meio se afasta da relação harmoniosa de outrora, tornando-se mais intensa, sendo que o espaço geográfico começa a ser pontilhado por paisagens cada vez mais artificializadas, corroborando também para alterar as formas de configuração da sociedade.

Portanto, o entendimento da formação e evolução das paisagens, sejam elas naturais ou artificiais, deve ser compreendido através de uma visão sistêmica que busque analisar integradamente as relações existentes entre os componentes da natureza e os fatores socioeconômicos que neles intervêm.

A maioria das pesquisas no campo da Geografia aponta para o caráter híbrido da paisagem, haja vista a interface existente entre o binômio sociedade-natureza. Desse modo, a paisagem se tornou uma categoria-chave para interpretação das condições resultantes da conexão sociedade-natureza, bem como das repercussões advindas dessa relação no espaço geográfico (SOUZA, 2018b). O autor chama a atenção para a necessidade do emprego correto do termo paisagem em pesquisas envolvendo o meio ambiente ou a natureza

Muito embora ela seja frequentemente confundida, ou sinonimizada com meio ambiente ou natureza, a paisagem é uma das peças que compõe o jogo da interpretação do conjunto de transformações que produzem uma nova sociedade e uma nova interpretação da natureza (SOUZA, 2018b. p. 13).

Na mesma direção Suertegaray (2005) reconhece que no percurso de construção do conceito de paisagem no bojo da evolução da ciência geográfica, os geógrafos tendem a percebê-la como uma manifestação consubstanciada do indivíduo com a natureza num dado espaço concreto/real.

Corroborando com a discussão, Emídio (2006) enuncia um valioso aporte teórico envolvendo a paisagem, esta na condição de categoria de análise da Geografia. Para a autora, apesar da relevância para a ciência geográfica, o vocábulo paisagem, dado a sua amplitude semântica, transcende o campo de atuação dos geógrafos; logo, a paisagem acaba por balizar e subsidiar muitas ciências, e por consequência, nortear o trabalho de inúmeros profissionais. Quanto aos geógrafos, os mesmos têm buscado compreender e empregar esse conceito em suas análises de mundo, com o propósito de oferecer respostas robustas e consistentes aos desafios contemporâneos. Ainda conforme a autora, a paisagem pode ser definida como [...]

[...] o resultado de relações estabelecidas entre os componentes bióticos e abióticos do ambiente, onde o homem, em especial, imprime sua marca e a registra no tempo e no espaço – dimensões da história –, com significados econômicos e sociais, além dos ecológicos e culturais. Contudo, não se pode esquecer que ele se insere nesse contexto não apenas como um ser participativo, mas também perceptivo, pois seus estados mentais e emocionais são igualmente invocados. E mais, essa interação – entre o homem e ambiente – é evidenciada na paisagem pela qualidade de vida, quando incorporadas as diretrizes de sustentabilidade e superados os conflitos com a natureza (EMÍDIO, 2006, p. 164).

Fica evidente que a autora procurou conceituar a paisagem por meio de uma série de associações, de causa e de efeito entre as inter-relações existentes no meio natural, mas sem deixar de inserir o homem como ponto central, o cerne do discurso, o pináculo do debate. Na mesma direção, Jesuz e Santos (2016) acrescentam que a paisagem só será concebida e incorporada conforme a perspectiva de Emídio (2006), através do envolvimento e da percepção sensorial do indivíduo, do ser social, constructo das relações socioambientais contemporâneas.

É notório, pela mesma razão, que a existência de um quadro delineado por vultosos e complexos problemas como se observa nos dias atuais, possa ser efetivamente resolvido ou ao menos mitigado por meio de abordagens que concebam a paisagem como uma unidade meramente natural, cujo objeto de estudo se volta somente para narrativas dos aspectos físicos de uma dada porção da superfície terrestre. Ao contrário, é preciso incluir as atividades humanas nesta intrincada relação, compreender as transformações por elas causadas e promover o planejamento eficaz do território por meio de práticas capazes de atenuar as repercussões socioambientais negativas suscitadas pelo próprio homem às paisagens (FONSECA, 2021).

Enunciada de outra forma, a paisagem pode ser reconhecida como corolária da composição social reivindicada pelo ser humano, consubstanciada nos padrões socialmente referenciados, desenvolvidos e moldados pela sociedade, ou melhor, pelas forças produtivas que a integram, cujo resultado desse processo é o surgimento das mais diversificadas feições

de espaços construídos, em contraste com os espaços naturais originariamente concebidos (JESUZ; SANTOS, 2016; FONSECA, 2021; PASSOS, 2022).

Na mesma perspectiva, Ozorio (2016) estabelece que a paisagem se materializa sob múltiplas formas, consistindo numa importante abordagem de análise geográfica para compreender o mundo contemporâneo. A autora concorda com a os demais teóricos, ao mencionar que essa compreensão passa necessariamente pelo entendimento preliminar das relações entre os sujeitos, a natureza e a própria paisagem.

Além disso, interpretar a paisagem e suas particularidades constitui uma possibilidade para pensar e compreender também o espaço geográfico, pela expressão de elementos e ações naturais e artificiais, que a paisagem expressa. Desse modo, entende-se que a paisagem serve como recurso/ferramenta fundamental para a compreensão das contradições contemporâneas através de estudos integrados da sociedade e natureza. Isso, porque todos os sujeitos agem, transformam e vivenciam relações que repercutem nas paisagens (OZORIO, 2016).

Para Milton Santos a paisagem é resultante tanto de movimentações tênues e superficiais quanto de moções acentuadas e de fundo da sociedade. Logo, a paisagem representa um conjunto caracterizado pelo funcionamento unitário, uma miscelânea de relações indissociáveis de contornos, formas, funcionalidades e perspectivas.

Nesse sentido, os sujeitos constroem meios (transformados/artificiais) de acordo com o desenvolvimento suas atividades, pois interagem com as paisagens não apenas na condição de atores, mas como autores de novas paisagens. Estas, por sua vez, se apresentam como janelas para a pesquisa e a aprendizagem de geografia, haja vista que a noção de janela, estabelece uma abertura que nos convida a olhar e a pensar sobre o espaço geográfico (OZORIO, 2016).

Diante do que foi exposto até aqui, percebe-se que o entendimento do conceito de paisagem perpassa por inúmeras nuances, desde a conjunção de abstrações teóricas estabelecidas por diferenciadas correntes filosóficas até o aninhamento de diferentes concepções teórico-metodológicas na seara geográfica, que acabam por conferir traços particularmente multifacetados à paisagem (JESUZ; SANTOS, 2016, SOUZA, 2018b).

Tal fato propiciou o surgimento de um campo fértil de debate na Geografia a partir dessa categoria de análise, incluindo na discussão tanto os aspectos físicos e ambientais quanto as particularidades humanas e sociais, a exemplo da organização do espaço por grupos humanos (JESUZ; SANTOS, 2016; SOUZA, 2018a, 2019).

Conforme Cavalcanti (2020) existe um grande desafio ao se inserir o homem e a sociedade nos estudos e na gestão da paisagem como categoria de análise geográfica. O autor,

porém, faz uma ressalva ao mencionar que este desafio se bem trabalhado pelo pesquisador através da adoção de um método adequado, pode tornar-se uma vantagem qualitativa no desenvolvimento da pesquisa.

Portanto, este tipo de abordagem direciona o autor da investigação a compreender preliminarmente a formação das áreas, o processo evolutivo delas, a estrutura de funcionamento, a interação dos elementos que as compõem, e dentro dessa seara, compreender as características de modificação dessa mesma estrutura pela sociedade (CAVALCANTI; CORRÊA, 2016; CAVALCANTI, 2020).

Ainda em relação ao método de análise da paisagem, Verdum (2012) estabeleceu um caminho metodológico pragmático para a realização da leitura da paisagem, através de três direcionamentos factíveis de operacionalização: o descritivo, o sistêmico e o perceptivo.

Por isso, sendo o emprego do método um fator de extrema relevância para a condução/direcionamento de qualquer estudo com caráter científico, decerto é importante descrever, ainda que forma sucinta as noções elementares desse percurso metodológico. Quanto a isso, Verdum traz definições esclarecedoras de cada possibilidade.

A paisagem descritiva tem como base a descrição, e para a apreensão da paisagem seriam necessárias a enumeração dos elementos presentes e a discussão das formas. Assim, a análise geográfica estaria restrita aos aspectos visíveis do real e, essencialmente, a morfologia da paisagem. [...] A paisagem sistêmica sugere o estudo da combinação dos elementos físicos, biológicos e sociais, um conjunto geográfico indissociável, uma interface entre o natural e o social, sendo uma análise em várias dimensões. O relacionamento e a análise que separam os elementos que constituem as diferentes características espaciais, psicológicas, econômicas ecológicas, etc., não permitem, no entanto, dominar o conjunto. A complexidade da paisagem é o tempo morfológico (forma), constitucional (estrutura) e a funcionalidade, que não pode ser reduzida em partes. [...] A paisagem perceptiva é concebida como uma marca e uma matriz. Como marca, a paisagem pode e deve ser descritiva e inventariada. [...] A paisagem é matriz, porque participa dos esquemas de percepção, de concepção e de ação, que canalizam, em certo sentido, a relação de uma sociedade com o espaço e com a natureza (VERDUM, 2012, p. 17-18).

Neste contexto, optou-se em desenvolver a problemática dessa pesquisa em torno da noção de “paisagem sistêmica” – em primeiro lugar pelo caráter aglutinador que lhe confere, pois Bertrand (2002) edificou as bases conceituais da paisagem como meio de fazer o diálogo entre as ciências naturais e as ciências sociais em torno de questões socioambientais.

Em segundo plano, e não menos importante, a análise sistêmica condicionou à compreensão da estrutura e dos elementos que compõem a paisagem e como eles afetam e são afetados pelo dinamismo dos processos socioambientais (PASSOS, 2022).

Desse modo é importante que se compreenda a relação dos elementos constitutivos da paisagem (geossistemas), compreendendo primeiro como a paisagem funciona (a abordagem sistêmica é fundamental para isso) e depois buscar compreender como é que as pessoas se relacionam com a paisagem, com essas estruturas espaciais, com esses geossistemas (CAVALCANTI; CORRÊA, 2016; CAVALCANTI, 2018, 2020).

Nesse cenário, assegura-se com convicção que a Geografia Socioambiental alinhada à paisagem como categoria de análise geográfica a partir de uma perspectiva metodológica geossistêmica, corresponde à opção mais ajustada para oferecer respostas aos problemas advindos do uso e ocupação em áreas de terrenos localizados nos interflúvios tabulares no baixo curso do rio Jaguaribe, principalmente no que se refere à compreensão da gênese e dinâmica dos processos erosivos.

3.3 O geossistema: da gênese da teoria aos modernos estudos integrados da paisagem

Os estudos integrados das paisagens no âmbito da Geografia, em especial na sua vertente física, encontram suporte desde os trabalhos pioneiros de Humboldt, quando este estabeleceu que a finalidade primordial dessa ciência fosse à busca da unidade dentro da diversidade (HUMBOLDT, 1858; TROPPEMAIR; GALINA, 2006).

Todavia, somente a partir do surgimento e evolução da teoria dos sistemas proposta por Bertalanffy na primeira metade do século XX é que as pesquisas integradas das paisagens tiveram avanços significativos, impulsionadas pela necessidade de se delimitar com precisão os limites das unidades e a organização estrutural das paisagens, cujas trocas de matéria e energia entre os meios envolventes não poderiam ser estudados de forma separada (CAVALCANTI, 2016; CAVALCANTI; CORRÊA, 2016).

Durante a trajetória evolutiva das pesquisas integradas envolvendo os mais diversificados componentes terrestres, buscaram-se alternativas que suplantassem o pensamento mecanicista e fragmentado imposto pelo paradigma científico cartesiano (SALGUEIRO, 2001; SILVA, 2010).

De acordo com Silva (2010, p.42) a Teoria Geral dos Sistemas proporcionou a integração de diferentes campos do conhecimento, abrindo caminho para “instalar um elo entre as diferentes áreas do saber e buscar a superação das concepções da ciência moderna”.

Aos poucos a visão sistêmica avança, e num lapso temporal relativamente curto consegue aportar em praticamente todas as ciências, mantendo em sua base estrutural comum

critérios-chaves de caráter geral e específico que norteiam a teoria e que constituem seu núcleo, sua essência (TROPMAIR; GALINA, 2006).

A esse respeito, Capra (1996, p.46) enumera os critérios-chaves da visão sistêmica: a) o primeiro e mais geral afirma - “[...] é a visão de mudança das partes para o TODO [...] as propriedades essenciais ou sistêmicas são propriedades do TODO que nenhuma das partes possui. Elas surgem das relações da Organização”; b) o segundo critério chave diz respeito - “A capacidade de deslocar a própria atenção de um lado para outro entre diferentes níveis sistêmicos [...], portanto, diferentes níveis sistêmicos representam níveis de diferentes complexidades”; c) o terceiro critério preceitua que: “as propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do TODO MAIOR [...] aquilo que denominamos parte é um padrão numa teia inseparável de relações”.

Nessa perspectiva, percebe-se que a sociedade contemporânea parte em busca de um modelo alternativo de ciência, diferente, auspicioso, apartado da racionalidade instrumental e do poder hegemônico vigente, a qual a ciência moderna tem pautado o seu percurso (SILVA, 2010). Em conformidade com Capra, Silva (2010, p. 49) acrescenta que essa busca se dar, sobretudo, pelo estabelecimento de um padrão de ciência “comprometida com a totalidade e não com as partes, com as inter-relações entre todas as formas de vida que habitam o planeta [...] com a busca de soluções para as questões ambientais emergentes”.

Nesse contexto, a introdução da visão sistêmica foi um importante acontecimento para a Geografia, sobretudo a partir do momento em que os pesquisadores se depararam com a necessidade de explicar as complexidades e contradições do mundo contemporâneo, que necessariamente, tendem a ser melhor compreendidos por meio de estudos integrados, resgatando a percepção holística, sistêmica e cientificista proposta por Humboldt ainda no século XIX. Na mesma direção, Troppmair e Galina (2006, p. 80) mencionam que na qualidade de geógrafos “não devemos estudar o meio físico como produto final, como objetivo único e isolado em si, mas como um meio integrado e dinâmico, em que os seres vivos, entre eles o homem, vivem, se conectam e desenvolvem suas atividades”.

Na Geografia, quem primeiro se apropriou da Teoria Geral dos Sistemas estudando-a de forma minuciosa foi o geógrafo russo Viktor Borisovich Sotchava. Assim, estendendo a perspectiva proposta por Bertalanffy (Teoria Sistêmica), em 1963 Sotchava introduz o vocábulo geossistemas nos estudos geográficos, definindo-o como uma unidade natural bastante diversificada, abrangendo desde o geossistemas planetário, caracterizado como envelope

geográfico ou ambiente geográfico em geral até o geossistemas elementar - fácies físico-geográfica (CAVALCANTI; CORRÊA, 2016; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020).

Avançando em suas pesquisas, em 1977, Sotchava aprimora a definição de Geossistemas, afirmando que o estudo dos geossistemas perpassa necessariamente por compreendê-lo como formações naturais que se desenvolvem de acordo com os níveis pelos quais agem, sobretudo na esfera geográfica. O autor ainda complementa que embora sejam fenômenos naturais hierarquicamente organizados, deve-se considerar durante o seu estudo, os fatores socioeconômicos, que influenciam sobremaneira em sua estrutura e peculiaridades espaciais (SOTCHAVA, 1977).

A contribuição mais significativa de Sotchava foi promover a incorporação da abordagem sistêmica de maneira integral no estudo das paisagens como unidades espaciais, entidades totais, considerando que a organização sistêmica é algo inerente à natureza e à superfície terrestre (RODRIGUEZ; SILVA, 2019).

Ademais, a teoria geossistêmica e os estudos integrados encontram aporte significativo no conceito de Paisagem, delimitando assim as premissas necessárias para a formatação de seus percursos metodológicos. Diante disso, torna-se imperativo a busca e o aprofundamento de base teórica que proporcione um entendimento menos complexo sobre este processo (PEIXÔTO; PEREIRA-NETO; GUEDES, 2021).

De grande relevância para os estudos integrados da Geografia Física, o surgimento, a manutenção e a evolução de bases científicas robustas para o estudo das complexas relações dos geossistemas, como as formuladas por Sotchava, influenciou de forma demasiada no planejamento do desenvolvimento econômico, utilização dos recursos naturais, no equilíbrio dos espaços e dos meios naturais, bem como no bom funcionamento dos ecossistemas (OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020).

Assim como principal expoente da concepção geossistêmica ligado à escola Russo-Soviética, Sotchava deixou um legado marcante para os estudos integrados da paisagem, tanto do ponto de vista teórico/conceitual quanto do ponto de vista metodológico, de mapeamentos e análises (TROPPEMAIR; GALINA, 2006; CAVALCANTI, 2016; CAVALCANTI; CORRÊA, 2016; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020).

Com relação ao primeiro enfoque, o autor deu ênfase ao estudo da dinâmica e evolução dos sistemas naturais através dos monitoramentos executados em estações experimentais na Sibéria, inserindo os estudos geográficos no âmbito das pesquisas que utilizam os métodos aplicados de investigação científica. Na percepção russa prevalece o entendimento de que as

atividades antrópicas exercem influência sobre a estrutura do geossistemas. Sendo assim, os fatores econômicos se conectam com o geossistemas, principalmente por meio das paisagens transformadas pelo homem (CAVALCANTI, 2016; CAVALCANTI; CORRÊA, 2016; CAVALCANTI, 2020; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020).

No que se refere ao segundo ponto de vista, a escola Russo-Soviética desenvolveu suas pesquisas buscando compreender a estrutura, a função e a dinâmica dos geossistemas, cuja fundamentação era pautada na análise sistêmica e no uso de recursos tecnológicos ora disponíveis. Desse modo com os avanços conseguidos, os dados históricos coletados a partir das estações experimentais permitiram que se realizassem procedimentos metodológicos, mapeamentos e análises, cujos resultados eram incessantemente testados, comparados e submetidos à quantificação e modelagem (RODRIGUEZ; SILVA, 2019; CAVALCANTI, 2020; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020).

Outra relevante contribuição para os estudos integrados da paisagem veio da França, através dos trabalhos do geógrafo Georges Bertrand. Sua proposição teórica e metodológica sobre o Geossistemas aparece por meio da publicação do artigo “Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico” no ano de 1968, traduzido para diversos países. Em síntese, o autor propõe um sistema de classificação composto por seis níveis, variáveis no tempo e no espaço, cuja diferenciação entre eles ocorre por meio de uma grandeza escalar, descritos aqui em ordem crescente: Zona, Domínio, Região, Geossistemas, Geofácies e Geótopos (BERTRAND, 1969).

Nesse sentido, evidencia-se que Bertrand caracteriza o Geossistemas como uma unidade dimensional, variável, compreendido entre algumas dezenas ou centenas de quilômetros quadrados, condicionando-o no nível de classificação situado entre a 4ª e 5ª ordem de grandeza. O autor enfatiza que é nesta escala que se dá a maior parte dos fenômenos que interferem nos elementos da paisagem e onde também evoluem as combinações dialéticas mais significantes para a análise do geógrafo, constituindo-se, o Geossistemas, numa base sólida para os estudos de organização do espaço geográfico, haja vista a compatibilidade com a escala humana (BERTRAND, 1969, 2002; TROPPEMAIR; GALINA, 2006; NEVES *et al.*, 2014; CAVALCANTI, 2018).

O geossistemas para Bertrand (1969) correspondem a um nível escalar, ou seja, uma unidade taxocorológica, que apresenta escala própria, pré-concebida, pré-estabelecida. Desse modo, o autor acaba por definir o geossistemas como resultado direto da integração de três fatores que reagem de maneira dialética em diferentes níveis, nos quais se destacam: o potencial

biológico, a exploração ecológica e a ação antrópica (BERTRAND, 1969; TROPPEMAIR; GALINA, 2006; CAVALCANTI; CORRÊA, 2016; DIAS; PEREZ-FILHO, 2017).

O primeiro diz respeito aos aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e climáticos, servindo eles de substrato e suporte para o segundo nível - vegetação, solo e fauna; estes por sua vez, passam naturalmente por uma descontinuidade de ordem ecológica ou exploração ecológica, sendo “a vegetação” a expressão síntese dos componentes do potencial ecológico. Quando há um equilíbrio entre esses dois fatores, o geossistema encontra-se em clímax, do contrário, diz-se que ele se encontra saturado. No tocante a ação antrópica, refere-se às ações humanas exercidas sobre ambos os fatores, configurando-se como um dos agentes potenciais de “desequilíbrio”, que influencia na compreensão da dinâmica da natureza, a partir do uso e ocupação das terras (BERTRAND, 1969, 2002; TROPPEMAIR; GALINA, 2006; DIAS; PEREZ-FILHO, 2017; CAVALCANTI, 2020).

Considerando o Geossistema como um conceito dinâmico, inacabado e em constante construção (NEVES *et al.*, 2014), mais adiante, Bertrand abre mão da primeira perspectiva conceitual e passa a considerar a concepção proposta por Sothava como mais adequada. Posteriormente, baseando-se nela, passa a trabalhá-la em sua dimensão teórica como uma metodologia multiescalar, formulando seu modelo tripolar de análise integrada das relações entre sociedade e natureza, a partir das relações entre os geossistemas, o território e a paisagem - GTP (NEVES *et al.*, 2014; CAVALCANTI; CORRÊA, 2016; DIAS; PEREZ-FILHO, 2017; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020; ROSA; FERREIRA, 2022; PASSOS, 2022).

Dando continuidade às suas pesquisas e confirmando o dinamismo e o caráter mutante dos geossistemas, destaca-se que Georges Bertrand e Claude Bertrand atualizaram em 2007 a terminologia do geossistema, renomeando-lhe, dando-lhe uma nova roupagem conhecida como geocomplexo, que nos dias atuais vem ganhando espaço nos trabalhos de cunho integrado e sistêmico (DINIZ; OLIVEIRA, 2015, 2018; ROSA; FERREIRA, 2022; PASSOS, 2022).

Considerado como principal autor da concepção geossistêmica ligado à escola francesa, a exemplo de Sothava na escola Russo-Soviética, Bertrand também deixou um legado significativo para os estudos integrados da paisagem, tanto do ponto de vista teórico/conceitual quanto do ponto de vista metodológico, de mapeamentos e análises (TROPPEMAIR; GALINA, 2006; DINIZ; OLIVEIRA, 2018; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020; ROSA; FERREIRA, 2022).

Com relação ao enfoque teórico/conceitual a ênfase no estudo dos geossistemas foi centrada nas relações existentes entre o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação

antrópica, com destaque para o homem como elemento organizador ou desorganizador do geossistemas. Dessa maneira, na proposta do autor, a relação sociedade/natureza vista pela perspectiva geossistêmica deveria necessariamente ressaltar o papel dominante exercido pelas atividades humanas sobre os demais polos da relação tripartite. Já do ponto de vista metodológico, de mapeamentos e análises a escola francesa se restringiu ao mapeamento e a análise fisionômica e qualitativa do complexo territorial natural, diferente de Sotchava, cuja abordagem metodológica privilegiava os aspectos quantitativos e os estudos aplicados da paisagem (OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020; ROSA; FERREIRA, 2022).

É importante enfatizar que os maiores representantes das escolas Russo-Soviética e Francesa tiveram dificuldades em estabelecer conexões entre a concepção geossistêmica e a Geografia, tendo em vista a vastidão do objeto de estudo da Geografia.

Bertrand e Sotchava enfrentaram o desafio da amplitude do objeto da Geografia, na tentativa de modelização de um sistema de apreensão da relação sociedade x natureza na sua expressão espacial, ou seja, um sistema que conseguisse conectar todos os elementos da geosfera terrestre, que fosse geral em sua escala de aplicação e, ao mesmo tempo, específico, por representar um sistema aberto (DIAS; PEREZ-FILHO, 2017, p. 415).

Todavia, é inegável o legado que esses dois autores deixaram para a compreensão dos sistemas ambientais terrestres, ao lançarem e estabelecerem as bases sobre as quais se busca entender a complexidade do mundo real e a subjetividade, por meio da decomposição das estruturas complexas em estruturas mais simplificadas, sem perder, contudo, a visão totalitária do sistema (DIAS; PEREZ-FILHO, 2017).

A partir das contribuições desses importantes teóricos mencionados ao longo desta discussão, inúmeros geógrafos brasileiros também teceram suas considerações a respeito do geossistemas e de sua utilidade nos estudos das paisagens brasileiras. Tais estudos sobre os geossistemas no Brasil, em geral, preocuparam-se com os aspectos teóricos, sendo poucas as publicações que aplicaram a Teoria dos Geossistemas à organização do espaço (TROPMAIR; GALINA, 2006).

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro se destaca como um dos principais disseminadores e formuladores do conceito geossistêmico no Brasil, em virtude da aproximação que ele manteve com estudiosos russos e franceses (NEVES *et al.*, 2014).

Na visão dele o Geossistemas é concebido como um sistema singular, complexo, em que interagem os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos e que os elementos socioeconômicos não se caracterizam como um sistema antagonico e oponente, mas sim estão

inseridos no funcionamento do sistema. De maneira sintética, Monteiro (2001, p. 81) descreve o geossistemas e as respectivas etapas atreladas ao seu estudo, apontando que o geossistemas:

[...] visa a integração das variáveis “naturais” e “antrópicas” (etapa análise), fundindo “recursos”, “usos” e “problemas” configurados (etapa integração) em “unidades homogêneas” assumindo papel primordial na estrutura espacial (etapa síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (etapa aplicação) do “diagnóstico”.

Destaca-se também, segundo esta conceituação e nas etapas nela circunscritas, que apesar dos produtos cartográficos com base geossistêmica gerarem diversas e excelentes possibilidades de leitura do meio ambiente, é imprescindível o trabalho de campo, visando à constatação da dinâmica de mudança contida no meio ambiente e comparando com o que se observa nos produtos cartográficos gerados, fato que evidencia a necessidade de avaliações subsequentes do geossistemas analisando sua evolução. Evidencia-se, por isso, a necessidade de realização de estudos aplicados acerca da temática (NEVES *et al.*, 2014).

De acordo com Ferreira (2010), Monteiro também propôs o uso de modelos múltiplos para múltiplas realidades vigentes em virtude da existência de peculiaridades geográficas de tamanho, grau de desenvolvimento econômico, como também na distinta capacidade científica e tecnológica das regiões. Para Monteiro, são fundamentais “o estudo conjunto da estrutura” - expressando morfológicamente o estado das partes e “o processo” - delineando a dinâmica da organização funcional do geossistemas.

Para Christofolletti (1999), a Geografia Física se preocupa com o estudo da organização espacial dos sistemas ambientais e físicos denominados de geossistemas. Estes, por sua vez, proporcionaram, desde a sua concepção, avanços para a ciência, pois possibilitaram a disseminação de uma nova visão de mundo alicerçada na totalidade, exigindo dos pesquisadores a adoção de trajetórias metodológicas rigorosas, do ponto de vista analítico e operacional.

Desta forma, torna-se necessário identificar, delimitar e estabelecer os limites dos sistemas ambientais ou geossistemas, de modo que as fronteiras e os elementos destes, possam ser distinguidos da área de contato e dos componentes de outros sistemas, a partir das características morfológicas e do aninhamento hierárquico das grandezas espaciais (CHRISTOFOLETTI, 1999; SILVA; SOARES, 2017).

Troppmair e Galina (2006) também se destacaram nos estudos dos Geossistemas, definindo-os como uma unidade complexa, um espaço vasto concebido por certa homogeneidade de seus elementos constitutivos, com estruturas, fluxos e relações que, integrados, acabam por formar o ambiente físico onde ocorre exploração biológica.

Acrescentam, por fim, que as pesquisas devem contemplar a inter-relação entre todos os componentes, sejam eles vivos ou inanimados, cuja relação se reflete na conformação e na modelagem da paisagem.

Na concepção de Souza e Oliveira (2011, p. 51), “o geossistemas constitui o objeto formal de estudada Geografia Física, assim como o ecossistema é para a ecologia”, sendo ambos os objetos “interdisciplinares por excelência”. Nessa perspectiva, o geossistemas pode ser caracterizado como “um sistema geográfico natural ligado a um território”, resultando das relações mútuas estabelecidas de modo contínuo entre os componentes do potencial ecológico e da exploração biológica e destes últimos uma ação antrópica.

Assim, entende-se que o geossistemas enfatiza de modo peculiar as inter-relações horizontais ou geográfico-espaciais, cuja análise da relação tripolar pelo investigador deve se dar necessariamente através do prisma interativo. Do contrário, no ecossistema, a ênfase está centrada na relação vertical entre os seres vivos e o ambiente. Extrai-se daí, portanto, a diferenciação fundamental entre os dois conceitos, além do fato de o ecossistema apresentar-se como uma concepção intrinsecamente biológica.

Sendo o geossistemas uma derivação da Teoria Geral dos Sistemas e considerando que esta foi bastante incorporada à análise integrada da paisagem, particularmente pela Geografia ao possibilitar a análise, a síntese e a discussão dialética do espaço geográfico, Nascimento e Sampaio, (2004, p. 168-169) estabelecem que:

O geossistemas deu à Geografia Física melhor caráter metodológico, até então complexo e mundialmente indefinido, facilitando e incentivando os estudos integrados das paisagens. Desta forma, pode-se afirmar que o método geossistêmico calhou bastante às análises ambientais em Geografia, pois [...] possibilita um prático estudo do espaço geográfico com a incorporação da ação social na interação natural com o potencial ecológico e a exploração biológica.

Dentro desse contexto, propostas que conjecturem discutir a importância do método sistêmico nas pesquisas geográficas, não podem se eximir de assinalar que para uma boa interpretação e análise da paisagem é imprescindível a sua compartimentação; esta por sua vez, pode ser elaborada em diferentes escalas e em cada uma delas são delineadas as respectivas unidades de paisagem, com a finalidade de hierarquizar, reduzir, simplificar e tornar mais acessível à compreensão multiescalar dos estudos geossistêmicos (DINIZ; OLIVEIRA, 2015).

Nesta seara, destacam-se ainda os trabalhos realizados por Vicente e Perez Filho (2003), Perez Filho (2007), Perez Filho e Quaresma (2011) e Perez Filho *et al.* (2008). Em trabalho mais recente Dias e Perez Filho (2017) tratam das organizações espaciais como objeto de estudo

da geografia, compreendendo-as como uma espécie de nível hierárquico superior, fruto direto da relação, estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos e sociais, enquadrada no mesmo nível hierárquico, entre geossistemas e sistemas antrópicos, sintetizando-as da seguinte forma:

A organização espacial deve ser caracterizada como entidade organizada na superfície terrestre formada pelos sistemas físico-natural (geossistemas) e antrópico, bem como por suas interações. O sistema físico-natural é composto por elementos e processos relacionados ao clima, solo, relevo e flora/fauna, enquanto os componentes e processos do sistema antrópico são ligados às atividades desenvolvidas pelo homem, como urbanização, industrialização, agricultura e mineração, dentre outras manifestações da sociedade, a exemplo da cultura e política [...] a organização espacial é, portanto, um sistema complexo, e como tal, deve levar em conta as partes existentes, suas inter-relações e a totalidade que as engloba [...] - percepção que vai ao encontro do pensamento de Morin (1977) [grifo nosso] (DIAS; PEREZ FILHO, 2017, p. 417).

A partir dessa compreensão e tendo como ponto de ancoragem a abordagem sistêmica, Dias e Perez Filho (2017), mencionam que a Geografia Física tem como objeto de estudo os geossistemas, cujos elementos e processos manifestam-se temporalmente e espacialmente em organizações espaciais próprias. Já os sistemas antrópicos ou sociais, através do uso e ocupação das terras, desfrutam das riquezas naturais dos geossistemas e, na maioria das vezes, embaraçam o funcionamento, rompem o equilíbrio dinâmico e modificam as expressões temporais e espaciais existentes no sistema natural, criando novas organizações espaciais. Sob esse prisma, a existência de uma interação entre os geossistemas e os sistemas antrópicos em nível hierárquico superior, pode ser considerado como objeto de estudo da Geografia, proposições teóricas que se encontram em fase de maturação, portanto em construção.

Diante da exposição é notório o crescimento de pesquisas e investigações integradas das paisagens no Brasil. Fora do eixo Centro-sul do país, vem se firmando recentemente no Nordeste brasileiro um importante polo de pesquisa sobre estudos sistêmicos da paisagem, como se observa nas publicações da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), as quais vêm se consolidando como dois centros de pesquisa de excelência e referência acerca da temática (BARREIROS, 2017).

Na UFC uma equipe de pesquisa vem trabalhando na disseminação de conceitos, teorias e aplicação da Geoecologia da Paisagem, proposta em que a visão geossistêmica se insere como ferramenta fundamental na análise ambiental, desde que se considere os mecanismos de formação e regulação sistêmica das paisagens, a amplitude dos processos degradantes ou o nível de degradação, de modo a possibilitar a mensuração do estado ambiental dos geossistemas em consonância com a ecodinâmica de Tricart (1977).

Assim, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) classificaram o estado ambiental dos geossistemas nos níveis: a) estável (não alterado), conservando a estrutura original; b) medianamente estável (sustentável), com poucas mudanças estruturais e problemas pontuais leves a moderados; c) instável (insustentável), ocorrendo mudanças na estrutura espacial e funcional, mas sem perder as funções ecológicas; d) crítico, com perda parcial da estrutura espacial e funcional e eliminação progressiva das funções ecológicas, ocorrendo em áreas onde o uso da terra excedeu a capacidade de suporte dos geossistemas; e) muito crítico, com perda e alteração generalizada da estrutura espacial e funcional, em que os geossistemas deixam de cumprir as funções geocológicas, tornando as áreas afetadas inadequadas para o uso humano.

Na UFPE Cavalcanti e colaboradores vêm realizando discussões sobre a teoria dos geossistêmica, bem como no emprego de mecanismos que buscam incorporar a Cartografia das Paisagens à análise integrada dos ambientes naturais. Entre as contribuições apresentadas por esse grupo de pesquisa, destacam-se: a) técnicas de campo para descrição e parâmetros qualitativos dos geossistemas; b) fundamentos para o mapeamento e monitoramento de paisagens com ênfase em sua dinâmica e evolução; c) emprego do processo científico nas sínteses naturalistas e delimitação de áreas naturais homogêneas e heterogêneas; d) vasta publicação em livros e artigos em periódicos científicos (BARREIROS, 2017).

Trabalhando majoritariamente uma das cinco categorias ou tipos de geossistemas existentes – “geossistemas naturais” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022), cujo princípio norteador da pesquisa está centrado nos aspectos estruturais, Cavalcanti (2016, 2018, 2020) e Cavalcanti e Corrêa (2016) têm utilizado a Cartografia de Paisagens como proposta metodológica de estudos integrados, principalmente no semiárido nordestino a partir da delimitação de suas unidades de paisagens.

No que tange a importância da definição das unidades de paisagens para a gestão ambiental e o ordenamento territorial, Cavalcanti (2020) esclarece que seu valor reside na síntese das informações ambientais, bem como na síntese do funcionamento dos elementos das paisagens, na medida em que a estrutura da paisagem acaba modulando a taxa de operações dos processos naturais, em particular do balanço de energia, do balanço hídrico, da produtividade de fitomassa, dos riscos associados aos sistemas ambientais, erosão, dentre outros.

Cavalcanti (2018, 2020) discorre que as unidades de paisagem funcionam como células fundamentais de planejamento com grande relevância para os estudos ambientais integrados. No entanto, ele alerta para críticas que vêm sendo feitas a este método de análise,

principalmente, quando se realiza a delimitação das unidades de paisagem considerando apenas um aspecto (somente a geomorfologia ou o uso e a cobertura da terra, etc.) de forma isolada.

A respeito dessa problemática, Cavalcanti (2020) a ilustra com uma série de exemplos. Segundo ele, o relevo é um fator muito importante para explicar diferentes variáveis ambientais, principalmente em virtude dele apresentar muitas faces (variáveis geomorfológicas diferentes) que repercutem na posição do relevo, na orientação das vertentes, curvatura, declividade, sendo que cada uma dessas variáveis geomorfológicas acaba por exercer influência sobre a formação dos solos, a organização e espacialização da vegetação, o umedecimento dos materiais superficiais, riscos de erosão e deslizamentos de encosta, dentre outros.

Assim, para Cavalcanti (2018, 2020), é notória a importância do relevo como elemento norteador para a delimitação de uma unidade de paisagem. Por outro lado, é fundamental a compreensão de que a paisagem não se reduz ao relevo. Desse modo, faz-se necessário considerar outros atributos (geossistemas) que constituam as unidades paisagem, principalmente no momento da descrição, ocasião que deve contemplar outros elementos que integram a paisagem, a exemplo das pessoas, que também devem ser incluídas no zoneamento.

Segundo Cavalcanti (2020) a utilização da perspectiva geossistêmica nos estudos e mapeamentos das paisagens se dá justamente na possibilidade de se fazer digressões nos temas ambientais, compreendendo sobre o clima, quais fatores que o afetam e que por ele são também afetados, sobre a geologia (se é antiga ou superficial), da mesma forma sobre os solos, a vegetação, o uso da terra. Ressalta que o último ponto é muito importante, sobretudo quando se está trabalhando em escala grande, num nível de detalhe maior, onde é possível perceber que o uso da terra muda muito a paisagem, notadamente se há predomínio de usos antigos.

Assim, na condição de geógrafos é necessário que se entenda as manifestações antropogênicas sobre os complexos naturais, buscando o melhor planejamento territorial para que as atividades humanas não desencadeiem crises ecológicas e conflitos de uso da terra, numa época em que as relações homem-natureza tem se processado sob uma lógica cada vez mais ligada ao mercado. Esta lógica tem culminado com bruscas alterações na paisagem, a exemplo do aumento de áreas com erosão acelerada no semiárido brasileiro, cujos estudos e mapeamentos integrados de uso da terra tornaram-se importantes no equacionamento, ou ao menos na mitigação do problema (DIAS; PEREZ-FILHO, 2017; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020; ROSA; FERREIRA, 2022), perspectiva utilizada na compreensão dos processos erosivos acelerados existentes em áreas nos interflúvios tabulares no Baixo Jaguaribe – Ceará.

3.4 Considerações sobre os tabuleiros cearenses e jaguaribanos

De maneira geral, o relevo cearense se apresenta com predomínio de terrenos de baixa altimetria (abaixo de 200 metros) prevalecendo superfícies do tipo aplainadas a suavemente onduladas. As demais formas de relevo, representadas pelos maciços residuais cristalinos e planaltos sedimentares constituem áreas de exceção, quando comparadas a magnitude espacial das terras baixas do Ceará (SOUZA, 2000; BRANDÃO; FREITAS, 2014).

Entre os sistemas ambientais que compõem os terrenos baixos cearenses, a Formação Barreiras – base geológica que sustenta as feições geomorfológicas dos tabuleiros, corresponde a uma fração bastante representativa (CAVALCANTE *et al.*, 2022). Assim, essa formação sedimentar pode ser conceituada como uma extensa unidade geológica que margeia a costa setentrional e oriental brasileira. No Ceará ela costuma aflorar sob a fisionomia de vastos tabuleiros ou falésias de variada altimetria, não havendo, entretanto, opinião pacífica na literatura quanto à gênese de seus sedimentos (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014).

Desse modo, os estudos sobre o tema ora se conectam, se entrelaçam, se justapõem e, ora se alternam, mudam e por vezes se contrapõem. Também não há consenso nem quanto às designações utilizadas para esta unidade geológica, sendo ela indistintamente designada pelos vocábulos “série”, “grupo” ou “formação” (MOURA-FÉ, 2014).

Ressalta-se que esta pesquisa se alinha a proposta de estudos recentes que utiliza a denominação mais usual “Formação Barreiras”, a mesma adotada por Suguio *et al.* (1985), Pastana (1995), Maia (2005), Araújo *et al.* (2006), Furrier, Araújo e Menezes (2006), Gomes Neto (2007), Bezerra (2009), Bezerra e Maia (2012), Gomes Neto, Morales e Hamelak (2012), Maia (2012), Dominguez *et al.* (2013), Moura-Fé (2014), Silva (2017), Aderaldo e Perez-Filho (2020), Costa *et al.* (2020), Ferreira (2020), West e Melo (2020), Dominguez e Guimarães (2021), Mesquita *et al.* (2021), Gouvea Junior, Fernandes e Castro (2022), Maia e Amorim (2022), dentre outros, excetuando-se eventuais transcrições diretas contidas no texto, que podem fazer menção aos demais termos designativos.

Além disso, diversos estudos buscaram explicar a origem dos sedimentos da Formação Barreiras, contudo, a literatura científica nacional não chegou ainda a uma resposta conclusiva. Por um lado, alguns autores atribuem origem continental aos sedimentos, por outro há teóricos defensores de que os sedimentos em questão são de origem marinha, conforme se destaca abaixo.

Tradicionalmente, considerava-se que os sedimentos do Grupo Barreiras foram depositados em ambiente continental, mas estudos recentes têm demonstrado evidências irrefutáveis de influência marinha, tanto de natureza paleontológica, como sedimentológica (ARAI, 2006, p. 1) [...] a origem desses depósitos é atribuída à elevação eustática global que teve seu máximo no Mioceno (23 Ma – 5,3 Ma), mais precisamente no intervalo entre 20 e 12 milhões de anos. Essa transgressão marinha, no caso da América do Sul, teria inundado até um terço do continente, propiciando a deposição de sedimentos epicontinentais de mar alto constituindo as “barreiras”. Posteriormente, houve um soerguimento crustal, particularmente no Nordeste do Brasil, onde as ocorrências residuais do Grupo Barreiras formam tabuleiros e ocorrem em cotas topográficas cada vez maiores em direção ao interior (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014, p. 31).

No entanto há também uma terceira perspectiva que considera a existência de um sistema deposicional misto para a Formação Barreiras, cuja constituição dar-se-ia a partir da ação de dois sistemas simultâneos de deposição. O primeiro, de natureza continental, com a presença marcante de leques aluviais, depósitos fluviais de rios meandrantés, considerável presença de argila e composição de fração grosseira (resistatos) – originados em períodos de maior energia de correntes fluviais. O segundo, por sua vez, caracterizado por um típico sistema marinho dominado pelo movimento das marés, sendo caracterizado pela presença de pelitos misturados a restos vegetais fósseis (PASTANA, 1995).

Complementarmente, a natureza litológica dessa unidade pode ser descrita como uma complexa variedade de conglomerados oligomíticos, arenitos diversos e pelitos, concebidos como depósitos assentados em ambiente que varia de continental fluvial a deltaico, relativamente influenciado pela atividade das marés. Além da Formação Barreiras, o litoral cearense se encontra recoberto por depósitos eólicos costeiros recentes edificados sob a forma de campos de dunas, que junto aos depósitos interiores, constituem o domínio sedimentar Cenozoico das terras baixas do Ceará (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014).

Quanto aos depósitos interiores, que se exibem na paisagem sob as feições de tabuleiros interiores ou interflúvios tabulares que separam bacias de drenagem (CPRM, 2022), podem ser compreendidos a partir da acumulação paulatina de material sedimentar de categoria clástica, inconsolidados ou parcialmente cimentados, relacionados à preservação ou erosão do regolito desenvolvido sobre o substrato cristalino, acompanhando indistintamente a rede de drenagem, as escarpas e a margem continental. Tais sedimentos podem se assentar em ambiente natural diverso, como nas zonas aluviais (sendo muito retrabalhados devido à erosão e deposição), em áreas de tálus (de característica colúvio-eluvionar, típico de sopé de encosta), fluviais (próprios de bacias de drenagem em geral) e praias (deposição fluvial ou marinha com dominância de areias quartzosas) (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014).

Quanto aos sedimentos fluviais, de modo específico, são constituídos majoritariamente por depósitos de cascalheiras com calhaus de quartzo de veios arredondados e fragmentos de diversas rochas que acompanham os cursos dos principais rios cearenses que se acumulam em suas margens formando terraços, em geral, de pequena altimetria. No baixo curso do rio Jaguaribe, a margem esquerda desse curso d'água apresenta inúmeros exemplares de terraços fluviais de baixo nível, compostos por seixos de composição quartzosa, conglomerados e arenitos, sustentados pela vegetação ribeirinha (MAIA, 2005; CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014; SILVA, 2017).

Dentre as áreas de menores cotas altimétricas no Ceará, se destacam àquelas formadas por coberturas sedimentares cenozoicas que compreendem o litoral – com seus campos de dunas modelados em sedimentos atuais e depósitos mais antigos representados por sedimentos da Formação Barreiras, entalhados pela drenagem superficial de maneira incipiente, mas o suficiente para isolar os interflúvios tabulares representados pelos tabuleiros costeiros e interiores, além dos vales dos rios escavados na grande depressão sertaneja originando extensas planícies aluviais (SOUZA, 2000; BRANDÃO; FREITAS, 2014).

Quanto aos tabuleiros, o estudo que resultou no ZEEC definiu tais feições sedimentares através de características bastante singulares. Desse modo, os tabuleiros se destacam pela forma topográfica de terreno similar a dos baixos planaltos, limitada por declives, compondo um geocomplexo paisagístico (CAVALCANTE *et al.*, 2022).

Para Florenzano (2008) os tabuleiros compreendem áreas com relevo de origem sedimentar de baixa altitude e com limite abrupto, tipicamente presentes na costa do Nordeste brasileiro.

Segundo Guerra (1993) os tabuleiros são caracterizados como formas topográficas cujos terrenos se assemelham a planaltos terminando geralmente de maneira abrupta. O autor esclarece que no Nordeste brasileiro os tabuleiros aparecem de modo geral em toda a costa. Suas feições correspondem a paisagens de topografia plana, de natureza sedimentar e de baixa altitude que além do Nordeste Setentrional e Extremo Oriental também aparecem na zona costeira da Bahia e do Espírito Santo.

Ampliando a discussão, Costa *et al.* (2021) afirmam que a existência de planuras superficiais sedimentares, notadamente representadas por relevos tabuliformes e com variados graus de dissecação identificadas na paisagem constitui o que se pode denominar de tabuleiros. Igualmente, na visão dos autores, antigos paleoterraços fluviais, coberturas colúvio-eluviais

detríticas e extensões de terrenos laterizados encontrados em cotas altimétricas distintamente suaves, também podem entrar no rol das feições conceituadas como tabuleiros.

Já o Instituto Água e Terra do Paraná ao definir o geocomplexo dos tabuleiros acrescentaram novas informações, destacando que tais feições sedimentares correspondem a formas topográficas que se assemelham a planaltos, cujas extremidades terminam quase sempre de forma brusca. Possuem declividade média inferior a 10%, o que equivale a aproximadamente 6° (graus) e extensão geralmente superior a 10 hectares (IAT, 2022).

Os tabuleiros podem ainda ser entendidos como coberturas sedimentares superficiais sobrepostas ao embasamento cristalino e ligeiramente inclinadas em direção ao litoral, com sutileza quanto ao nível do caimento topográfico (LOUREIRO; CASTRO, 2019).

No estado do Ceará, os tabuleiros tendem a formar um vasto glacis de deposição constituído a partir das exposições de sedimentos da Formação Barreiras. Genericamente apresentam relevo tabular, sendo dissecados por pequenos cursos d'água. Chegam a penetrar inúmeros quilômetros no interior do continente, cujo caso mais expressivo ocorre na margem esquerda do rio Jaguaribe. Nessa região os tabuleiros se aproximam do açude Castanhão, em Jaguaribara/CE, distante 153,4 km em direção reta até a linha de costa. Raramente ultrapassam 80 metros de altitude e podem chegar ao litoral constituindo falésias ativas ou inativas (BEZERRA; MAIA, 2012; SILVA, 2017; LOUREIRO; CASTRO, 2019).

A espessura do pacote sedimentar dos tabuleiros oscila de acordo com o contato discordante que eles mantêm com o substrato bastante irregular do embasamento cristalino cearense. De maneira geral se aprofundam em direção à costa onde se encontram normalmente abaixo dos sedimentos eólicos que constituem as paleodunas, e se tornam mais a afilados rumo ao continente, esparçados muitas vezes em manchas sedimentares desconectadas espacialmente com os tabuleiros costeiros (BEZERRA, 2009; BEZERRA; MAIA, 2012; LOUREIRO; CASTRO, 2019; COSTA *et al.*, 2021).

O geocomplexo dos tabuleiros ocupa uma área total de aproximadamente 13.970 km², o que equivale a 9,6% do território cearense. São constituídos fundamentalmente por sedimentos da Formação Barreiras (BRANDÃO; FREITAS; SHINZATO, 2014).

Importante estudo realizado por técnicos e pesquisadores CPRM) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropccuária (EMBRAPA) intitulado de “Origem das Paisagens”, descreveu de forma minuciosa, dentre outros sistemas ambientais, o sistema dos tabuleiros cearenses.

Os tabuleiros do Grupo Barreiras consistem de formas de relevo tabulares, de extensos topos planos, esculpidas em rochas sedimentares, em geral pouco litificadas, com predomínio de processos de pedogênese e formação de solos espessos e bem drenados, com baixa suscetibilidade à erosão nas áreas de topo e moderada a forte nas vertentes. [...] fracamente entalhados por uma rede de canais de moderada densidade de drenagem. Esta unidade está compreendida, junto ao litoral, pelas planícies costeiras e, em direção ao interior, pelas superfícies aplainadas da Depressão Sertaneja. Frequentemente, o contato entre os tabuleiros e os pediplanos adjacentes ocorre por meio de pequenos degraus erosivos, provenientes de remoção progressiva do capeamento sedimentar. Também foram incluídas nesta unidade as superfícies tabulares sustentadas por arenitos e conglomerados, de idade paleógena, das formações Camocim e Faceira. Esses tabuleiros estão posicionados em cotas entre 30 e 100 metros, sendo que são crescentes à medida que estas formas de relevo avançam em direção ao interior, podendo embasar superfícies situadas até 140 metros de altitude. Na costa leste cearense, por vezes, atingem a linha de costa formando falésias, sendo que estas feições se prolongam pelo litoral potiguar (DANTAS *et al.*, 2014, p. 42).

Do exposto, observa-se que os tabuleiros são formações sedimentares compostas por um pacote de sedimentos de datação mais antiga da Formação Barreiras, cujos estudos pretéritos apontam para achados de sedimentos que variam do Neógeno ao Quaternário. Dispostos de maneira paralela à linha de costa, imediatamente à retaguarda dos sedimentos Quaternários marinhos, eólicos e fluviomarinhos que integram a planície litorânea, os tabuleiros também se alongam em estreitas faixas semicontínuas em direção ao interior do continente por dezenas de quilômetros acompanhando o curso dos principais rios cearenses (COSTA *et al.*, 2021; CAVALCANTE *et al.*, 2022).

O sistema deposicional dessa formação sedimentar envolve complexos mecanismos desenvolvidos em áreas de extensos planos superficiais de agradação e de deposição análogos, incluindo desde a presença de leques aluviais coalescentes até sedimentos coluviais. A faciologia sedimentar superficial apresenta alternância de padrão de seus elementos constitutivos a depender de certas condições específicas do meio, destacando-se as áreas mantenedoras dos sedimentos, os mecanismos de transporte envolvidos no processo e as condições de deposição do material derivado das etapas anteriores (BEZERRA, 2009; CAVALCANTE *et al.*, 2022).

Igualmente, a estratigrafia é bastante heterogênea, sendo composta a partir de diversos materiais entre os quais se destacam:

[...] materiais areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado, mal selecionados, com granulometria variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos. Horizontes lateríticos são frequentes. A matriz é argilosa caulínica, com cimento argilo-ferruginoso e às vezes silicoso (BRANDÃO; FREITAS; SHINZATO, 2014, p. 126).

No que se refere à natureza litológica e estratigráfica dos materiais estabelecida por Carvalho *et al.*, (2019), verifica-se uma dominância de sedimentos areno-argilosos de cores vermelho-amarelas e creme esbranquiçadas bastante parecida com a proposição de Brandão, Freitas e Shinzato (2014). Na descrição, incluem-se ainda “arenitos argilosos de cores amarelo, vermelho e verde, matriz argilo-caulínica, com cimento argiloso, ferruginoso e às vezes silicoso de granulação fina a média, com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base” (CAVALCANTE *et al.*, 2022, p. 44).

A composição mineralógica aliada às características texturais dos sedimentos, constituem um histórico importante acerca da gênese, do transporte e da deposição desse material, haja vista que as etapas anteriores (origem e traslado dos elementos) se dão em função direta do intemperismo das rochas matrizes pré-existentes na bacia de drenagem. São formadas por rochas variadas, a partir de uma constituição mineralógica, compactação e materiais inconsolidados diferentes. Igualmente, a natureza e a efetividade dos processos intempéricos dependem fundamentalmente das condições climáticas, das propriedades das rochas matrizes, da vegetação e do lençol freático (BEZERRA, 2009; LOUREIRO; CASTRO, 2019).

Embasado em análises mineralógicas e sedimentológicas de remanescentes em tabuleiros, observa-se a existência de duas unidades sedimentares distintas nessas feições geomorfológicas que integram a Formação Barreiras, uma “[...] a mais antiga, depositada no Mioceno e Plioceno, apresenta origem fluvial gerando Argissolos Amarelos [...] e a outra [...] mais recente, de idade pleistocênica, apresenta origem eólica, gerando Neossolos Quartzarênico [...]” (DANTAS *et al.*, 2014, p. 43).

Na unidade sedimentar mais antiga os Argissolos costumam apresentar diferença textural entre os horizontes superiores e o subsuperficial provocando infiltração diferencial da água, que em condições topográficas íngremes tendem a tornar o solo muito suscetível à erosão, como ocorre nas áreas de borda dos tabuleiros. Já nas áreas mais planas como nos topos tabuliformes, em condições normais de uso os solos não apresentam suscetibilidade erosiva, pois sendo bem drenados e permeáveis a drenagem subdendrítica incipiente não proporciona um entalhe expressivo. Por sua vez na unidade sedimentar mais recente, de topografia plana a suavemente ondulada que favorecem a prática de agricultura mecanizada, dominam solos arenoquartzosos (Neossolos Quartzarênicos), que são muito profundos, bem drenados, com elevada condutividade hidráulica, com baixa retenção de umidade e avançado estágio de intemperismo. Mesmo nessas condições, podem ser afetados por erosão em pontos mais declivosos, como nos tabuleiros dissecados, em virtude da retirada indiscriminada da vegetação

nativa que se apresenta degradada ou em estado de sucessão ecológica (BRANDÃO; FREITAS; SHINZATO, 2014; CAVALCANTE *et al.*, 2022).

Em caráter genérico, os tabuleiros no Ceará (sentido amplo) e os terraços do Baixo Jaguaribe (sentido restrito/específico) apresentam coberturas sedimentares cujos materiais predominantes são constituídos de sedimentos areno-argilosos, pouco consolidados. Por este motivo, costumam ser pouco resistentes ao corte e à penetração, sendo facilmente escavados, além de serem propícios à construção de estradas, à expansão urbana, excetuando-se as áreas com declives mais acentuados, como as áreas de bordas de tabuleiro (BRANDÃO; FREITAS; SHINZATO, 2014).

Por fim, sob o prisma da ecodinâmica, as áreas que denotam maior declividade e aquelas em que o relevo termina de forma abrupta, nelas incluídas as rampas/bordas de tabuleiros e as falésias, respectivamente, caracterizam-se como ambientes fortemente instáveis, possuindo alta vulnerabilidade à ocupação, em face da forte influência de processos pluviais que impõem a formação de sulcos de erosão, ravinas e até voçorocas, problemas também evidenciados no recorte espacial dessa pesquisa (CAVALCANTE *et al.*, 2022; LOUZEIRO; RABELO; ALMEIDA 2022).

3.5 Uso da terra, alterações na paisagem e ocorrência de processos erosivos acelerados no mundo e no Brasil

Mudanças paisagísticas e problemas socioambientais associados ao uso e ocupação da terra ocorrem em todo o mundo. Assim, os traços da presença humana numa determinada base territorial são percebidos pelas mais diversificadas alterações reproduzidas nas paisagens, principalmente a partir do surgimento e manutenção de processos erosivos acelerados. A erosão dos solos caracteriza-se como um problema de ordem mundial que tem causado impactos ambientais, econômicos e sociais. Sua origem está associada tanto a causas naturais quanto a ações antrópicas (BOCA, 2020; DEMARCHI; PIROLI, 2020).

Quando relacionada a um processo natural a erosão pode ser definida como a remoção de partículas terrosas e rochosas das partes mais elevadas do relevo pela ação das águas da chuva, dos rios e pela ação do vento, resultando no transporte e na deposição dessas partículas para as partes mais baixas do relevo ou para o fundo dos corpos hídricos. Esse fenômeno se processa em um ritmo lento, compatível com o tempo geológico e geomorfológico correspondente à formação do solo denominado de pedogênese (LEPSCH, 2002, 2010; SANTOS *et al.*, 2018; LATUF *et al.*, 2019; ROMÃO *et al.*, 2022).

De acordo com Lepsch (2010), o maior ou o menor grau de suscetibilidade que os solos apresentam ante a erosão está diretamente condicionado a fatores como o tipo de clima, a natureza do solo, a declividade do terreno e ao tipo de manejo. Conforme Guerra (2010), o início da erosão hídrica superficial resulta, sobretudo, da ação da chuva (erosividade). Especialmente em áreas de clima tropical a erosividade tende a ser maior, uma vez que os índices pluviométricos costumam ser mais elevados e concentrados em certas estações do ano (GUERRA, 2010). Conforme Sousa e Paula (2019), além erosividade, outras importantes variáveis como a erodibilidade, o relevo e a cobertura vegetal devem ser mencionados em estudos sobre a averiguação do potencial natural de erosão dos solos.

De maneira sintética a erosividade é entendida como a capacidade energética da chuva de provocar erosão em solos desprovidos de cobertura vegetal (SOUSA; PAULA, 2019). A erosividade pode ser expressa por meio de um índice numérico que reflete a capacidade esperada da chuva de causar erosão em área de solo exposto, ou seja, sem a proteção natural da vegetação nativa, sendo ela resultante da soma dos valores mensais dos índices de erosão de uma dada localidade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014; MORAIS; SALES, 2017). Sousa e Paula (2019) acrescentam ainda que a erosividade da chuva é um indicador que demonstra o potencial que a água precipitada possui para desagregar as partículas do solo e transportá-las por meio do escoamento superficial para áreas topograficamente mais rebaixadas.

Já a erodibilidade representa a capacidade que um determinado solo possui em resistir à atuação de processos erosivos. Este indicador encontra-se diretamente relacionado tanto aos atributos físicos, como a textura, estrutura, permeabilidade e densidade, quanto às características químicas, biológicas e mineralógicas dos solos (SALOMÃO, 2010; MORAIS; SALES, 2017). É importante que se compreenda que a erodibilidade é uma propriedade inerente a cada tipo específico de solo. Ademais, ela é definida por fatores como a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade de armazenamento de água no solo. Outras propriedades também a influenciam como a resistência oferecida às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte das partículas de solo pela água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014; SOUSA; PAULA, 2019).

Considerando-a ainda como um fenômeno natural, a erosão dos solos ocorre em todas as paisagens que apresentem algum tipo de declividade, sendo mais suscetíveis àquelas que possuam este atributo superior a 3° graus (JORGE; GUERRA, 2013). Em investigações sobre a dinâmica de processos erosivos, também é relevante que se considere além da declividade

outros fatores topográficos, como o comprimento de rampa, indicador correlato ao comprimento das vertentes ou encostas (ROMÃO *et al.*, 2022).

No outro polo, quando a erosão é desencadeada por ações humanas, o processo erosivo tende a constituir-se como um dos mais sérios impactos causados ao meio ambiente e a sociedade, criando mudanças significativas nas taxas de erosão e na produção de sedimentos. Rompe-se, com isso, o equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese de modo que a intensificação da erosão passa a se processar numa velocidade muito maior que a formação dos solos, causando perda de camadas ou horizontes, fenômeno associado ao predomínio da morfogênese (GOUDIE, 1990, 2013; SANTOS *et al.*, 2018; ROMÃO *et al.*, 2022) Assim, intensificada por atividades humanas, a erosão traz como consequências a redução da fertilidade do solo e deterioração de áreas agrícolas, o assoreamento de corpos hídricos, o desaparecimento de mananciais, a intensificação de inundações, entre outras (DEMARCHI; PIROLI, 2020).

Em Moçambique, as mudanças nos tipos de uso e ocupação do solo determinadas pela intensa urbanização, especialmente àquelas relacionadas à erosão dos solos, são fomentadas em razão da ocupação desordenada ou irregular dos espaços em que a fragilidade ambiental é mais elevada, como ocorre nas áreas de dunas eólicas na cidade de Xai-Xai (BOCA, 2020).

De acordo com Boca (2020, p. 89) “quando há mudança muito aguda num sistema natural, acaba-se perdendo parte da herança natural e cultural, em resultado da interferência nos elementos estruturantes da paisagem”, sendo que essas perdas podem ocorrer nas seguintes dimensões: a) componentes físicos ou abióticos; b) componentes biológicos ou bióticos; c) componentes humanos.

Em Moçambique essa problemática é acrescida de fatores conjunturais adversos como “guerra colonial, civil e calamidades naturais”, tornando alguns espaços urbanizados mais atrativos em detrimento a outros, resultando numa “implosão urbana” em certos locais, cujos reflexos se estendem à dinâmica transformada da paisagem (BOCA, 2020, p.88).

Também em Moçambique, Chicombo (2022) realizou estudo sobre a dinâmica de uso e ocupação da terra no distrito municipal de Katembe, após a construção da ponte que liga a capital Maputo àquele distrito. Conforme o autor, o uso da terra é caracterizado por uma intervenção humana de caráter permanente com a intenção de suprir as necessidades materiais dos indivíduos através dos recursos disponíveis no ambiente natural, por meio do desenvolvimento de atividades relacionadas à agricultura, pecuária, indústria, comércio, serviços urbanos, habitação, mobilidade urbana, dentre outros. Logo, como se trata de interferência antrópica sobre a natureza, é importante que a ocupação da terra esteja

condicionada previamente à realização de estudos de impacto ambiental, bem como de um planejamento de ocupação do solo (espaço) urbano, de modo a evitar futuros problemas ao meio ambiente.

Contudo, a inexistência de planejamento prévio na região de Katembe desencadeou sérios problemas socioambientais que se materializaram através da ausência de infraestrutura necessária à manutenção básica das condições vida da população, agravada pela distribuição espacial desordenada da habitação, incluindo áreas baixas propensas às inundações. Além da ocupação irregular de áreas ribeirinhas, foram listadas ainda a apropriação de espaços e o desenvolvimento de atividades em ambientes frágeis como dunas e falésias, cuja supressão da vegetação costeira para múltiplos usos tem provocado a instabilização desses meios, promovendo alterações na dinâmica das paisagens (CHICOMBO, 2022).

Estudos sobre mudanças nas paisagens e problemas ambientais também foram realizados no baixo curso dos rios Sutlej e Beas, visando avaliar o impacto humano de curto e longo prazo na dinâmica fluvial dos canais e no entorno deles. Nessa região, no Centro-Sul da Ásia, Vercruysse e Grabowski (2021) observaram que as paisagens são alteradas em maior escala pela atividade humana quando comparada às mudanças geomórficas da dinâmica natural, pois o intenso uso da terra naquele território, associados ainda ao crescimento econômico e à urbanização contribuíram para intensificar eventos de erosão de margens, deslizamentos, assoreamentos e mudanças no canal fluvial. Ademais, restou demonstrado que as relações de causa-efeito da erosão natural e antrópica tem resposta temporal que variam em magnitude (gradual vs. abrupto) e em tipologia (centenário vs. sazonal), respectivamente

Estudos realizados na Nova Zelândia comprovaram que a extensão e as taxas de erosão em áreas próximas aos rios estão condicionadas a fatores como escala, vegetação ribeirinha, uso da terra, topografia, frequência e magnitude do escoamento, eventos geomorfológicos extremos e fatores antropogênicos. Esses condicionantes agindo juntos ou de forma isolada tem impactado de forma severa nas taxas de erosão das margens de rios, que nesse país foram aceleradas pelo desmatamento após a colonização europeia desde o século XIX (SPIEKERMANN *et al.*, 2017).

Ainda na Ásia, pesquisadores chineses realizaram estudo sobre o efeito da vegetação ribeirinha na estabilidade de margens e terraços fluviais não consolidados do rio Tarim, na China. Foram comparadas áreas sem vegetação ripária com outras recobertas por junco, arbustos e algumas árvores. Os resultados do estudo mostraram que na última área houve um aumento de 63,6% a 88,2% na estabilidade das margens e dos terraços, a depender do tipo de

planta predominante. Os autores constataram que as raízes das plantas ribeirinhas diminuíram o colapso das margens, agindo como um reforço coesivo adicional para os solos, reduzindo de modo significativo o volume total de erosão (YU *et al.*, 2020).

Do mesmo modo, estudos realizados por MCCloskey *et al.* (2016) identificaram os gatilhos e formas de controle da erosão ciliar na zona ribeirinha do rio Victoria, região Norte dos trópicos semiáridos australianos. A pesquisa contemplou a análise de oito complexos de ravinas e voçorocas em vários estágios de desenvolvimento.

Foi constatada uma predisposição natural da região a ocorrência de processos erosivos que apresenta precipitação sazonal anual (90-95%) entre novembro e abril, ciclones tropicais associados a chuvas intensas e concentradas e solos suscetíveis à erosão, porém o pastoreio do gado introduzido pelo colonizador europeu há mais de 100 anos também contribuiu para metamorfosear a área (MCCLOSKEY *et al.*, 2016).

Buscando explicar a diversidade espacial de áreas suscetíveis à erosão na região do Mediterrâneo, García-Ruiz *et al.* (2013, p. 32) concluíram que [...] “esses processos são consequência de complexas interações entre fatores ambientais e humanos” [...], sendo produto direto da “[...] ocorrência de chuvas intensas e secas prolongadas, presença de encostas íngremes, diversidade topográfica, alta evapotranspiração, atividade tectônica recente e da longa história da atividade humana com o uso recorrente do sobrepastoreio e agricultura [...]”, cuja ampliação dessas atividades produtivas, deu-se em resposta ao crescimento populacional.

Outro fator relevante para acelerar os processos erosivos foi a expansão de áreas urbanas próximas às zonas rurais, conduzindo essas áreas a um nível de degradação mais acelerado, quando comparada a outras com usos produtivos menos intensos (GARCÍA-RUIZ *et al.*, 2013).

No Brasil, dissonâncias entre a ocupação da terra e do solo e o uso racional e equilibrado desses recursos têm causado ao longo do tempo múltiplos problemas de igual magnitude, ou até superior àqueles verificados em outras partes do mundo, como mostram Frota Filho, Abreu e Vieira (2020). Os autores fizeram o monitoramento de uma voçoroca entre os anos de 2005 a 2014 no bairro Nova Cidade, na Zona Leste de Manaus, destacando que fatores físicos, químicos, biológicos e sociais relacionados através de uma dinâmica espaço-temporal podem alterar o meio ambiente, causando desequilíbrios.

Os pesquisadores enfatizaram que a situação erosiva de um dado espaço “fica mais evidente quando ocorre a interferência do fator antrópico sobre a natureza” (FROTA FILHO; ABREU; VIEIRA, 2020, p. 313), pois embora haja uma predisposição natural da área à erosão, a interferência humana no bairro Nova Cidade maximizou o problema com a remoção da

vegetação, terraplanagem, compactação e perda do solo em zona de declividade (FROTA FILHO; ABREU; VIEIRA, 2020; MOLINARI, 2022), características semelhantes às aquelas verificadas nos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe.

Conforme os autores acima, os resultados apontaram que a incisão aberta no solo teve aumento expressivo de 83 m de comprimento, uma vez que em 2005 ela media 27 m e no ano de 2014 avançou para 110 m de extensão, pois a ausência de vegetação associada à compactação do solo favoreceu a formação de fluxos superficiais concentrados, corroborando para o crescimento da voçoroca, que na última aferição alcançou cerca de 17.600 m² de área erodida (FROTA FILHO; ABREU; VIEIRA, 2020).

No Centro-Oeste brasileiro, Lima e Ferreira (2020) analisaram como a expansão da fronteira agrícola e o processo de urbanização contribuíram para a fragmentação da cobertura vegetal nativa e a expansão de áreas desmatadas na Região Metropolitana de Goiânia – RMG, cuja intensificação do uso da terra sobre áreas preservadas ampliou as zonas com solos desnudos e potencializou a erosão em diversas escalas e magnitudes.

Lima e Ferreira (2020, p. 427) esclarecem que “à medida que as transformações avançam, aumenta-se também o grau de isolamento dos remanescentes de vegetação”, corroborando para fragilizar o ambiente e favorecendo o surgimento de erosão laminar. Os autores elencam que “dentre os fatores responsáveis pela fragmentação de habitats, tem-se causas naturais, como flutuações de cursos hidrográficos, alagamentos, bem como as causas associadas à expansão das atividades humanas”.

Quanto ao cerrado, de modo específico, o estudo apontou que as causas de sua fragmentação resultaram principalmente dos desmatamentos e das queimadas. Desse modo, a forte pressão antrópica causada pela expansão urbana e por atividades agropastoris, causaram problemas adicionais como a perda de solo por erosão laminar, que no cenário atual trazem prejuízos ambientais, sociais e econômicos sem precedentes (LIMA; FERREIRA, 2020).

Em estudo recente a problemática erosiva foi também investigada em Marabá Paulista (SP), num cenário que contemplou os anos de 1963 a 2015. Nele, Zanatta *et al.* (2017, p. 200) demonstraram que “o fenômeno erosivo se constitui em um processo da natureza que pode ocorrer independente da ação humana”, mas que a intervenção humana quando incompatível com as características naturais aceleram a erosão, por meio do pastoreio excessivo e contínuo em solos de textura arenosa, do desmatamento para pastagem e do arrendamento de terras para o cultivo de cana-de-açúcar por grupos sucroalcooleiros, com posterior abandono das áreas.

Ainda em território paulista, na alta bacia do córrego Tucum localizada no município de São Pedro, Mathias, Lupinacci e Nunes (2020) mapearam feições erosivas lineares em adiantado estágio evolutivo (ravinas e voçorocas), cuja topografia da região alinhada a presença de terraços tectogênicos impulsionaram o processo erosivo. Outrossim, a presença de estradas não pavimentadas em zonas de terraços aumentou a dinâmica erosiva, pois tais vias são também os caminhos preferenciais do escoamento concentrado, sendo este potencializado por formas de uso e ocupação da terra.

No município de Garanhuns, no Agreste Meridional Pernambucano, estudos demonstraram a existência de grandes parcelas de terras degradadas por erosão, que apesar de ser um processo natural, “a estrutura e a intensidade das formas de uso e cobertura da terra têm uma significativa influência sobre a frequência e a magnitude do escoamento superficial” (BISPO *et al.*, 2018, p. 323), potencializando-a. Além disso, os resultados atestaram a existência de um caráter secundário da vegetação, sendo esta remanescente de áreas em recuperação outrora degradados, cujos exemplares vegetacionais menos fechados deixaram a terra vulnerável aos processos morfodinâmicos e antrópicos, resultando na aceleração da erosão sob a forma de extensas voçorocas.

Na região semiárida do Nordeste brasileiro as formas de ocupação dos sistemas ambientais se processaram de modo desajustado por meio do desenvolvimento de atividades econômicas primárias seculares e também modernas, responsáveis, em grande parte, pelos processos de degradação das paisagens, cuja erosão dos solos também se insere nessa dinâmica. Desse modo, na Sub-bacia sedimentar de Tucano Central, no semiárido baiano, pesquisa recente monitorou uma feição erosiva posicionada numa vertente cujo padrão do topo até a base apresentava declividade abrupta (20% a 75%) respectivamente. Essas condições naturais aumentam a velocidade do fluxo concentrado de água, criando cicatrizes erosivas irregulares no terreno (PINTO; ARAÚJO, 2020).

Assim, em Tucano Central, mesmo existindo a uma susceptibilidade natural à erosão, os resultados demonstraram que a vegetação, fator fundamental para auxiliar no processo de estabilização de erosão da encosta, não conseguiu exercer essa função como deveria, pois, de acordo com Pinto e Araújo (2020, p.19) “a vegetação secundária da Caatinga já não atua como elemento protetor por conta de desmatamentos antigos que desestabilizaram a vegetação nativa”, denotando que o uso contínuo da terra sem o manejo adequado acelerou os processos erosivos nesta porção do semiárido baiano.

Ainda no âmbito do semiárido brasileiro, Cavalcante (2018) enfatiza que a erosão e os respectivos processos deposicionais podem estar atrelados a fluxos e eventos excepcionais cuja compreensão dessa dinâmica deve levar em consideração além das condições climáticas, fator dominante no semiárido, as variantes litológicas e de declividade, haja vista serem dois fatores importantes que impactam na determinação de maior ou menor produção de sedimentos.

Estudos no rio São Francisco mostraram que margens e terraços fluviais em que predominam silte e argila em sua composição básica margeados por grama e vegetação mesmo esparsa, tiveram erosão reduzida quando comparadas àquelas sem proteção vegetal, comprovando que a litologia e a inclinação do terreno são determinantes para a produção de sedimentos em maior ou menor escala. Por fim, foram elencados os principais impactos socioambientais causados pela erosão de margens e terraços em rios do semiárido: assoreamento do canal fluvial, ocupações irregulares, poluição, industrialização, agronegócio, carcinicultura, dentre outros, promovidos paulatinamente pela lógica de produção capitalista (CAVALCANTE, 2018).

Em Feira de Santana/BA, cidade do semiárido que experimentou nas últimas quatro décadas expressiva urbanização, foi adotado modelo de crescimento urbano que deixou inúmeros reflexos na paisagem, pois as atividades antrópicas desenvolvidas no perímetro urbano não levaram em consideração as fragilidades dos sistemas ambientais, que começaram a ser degradados inicialmente pelo desmatamento excessivo, seguido depois por processos de erosão dos solos, redução da infiltração da água pluvial, aumento do escoamento superficial, transporte de materiais superficiais, dentre outros (SILVA; VALE, 2016).

No estado do Ceará a degradação da terra por erosão é um problema recorrente e preocupante, pois a pressão imposta por atividades antropogênicas acaba por desencadear o aumento da vulnerabilidade ambiental diante da fragilidade do estrato pedológico, que em geral se apresenta com a predominância de solos rasos, cascalhentos e por vezes arenoargilosos. A erosão, cuja gênese se associa a sua forma natural é considerada como gradual e lenta, tendendo o solo a se comportar de maneira relativamente estável. No entanto, quando o homem atua como agente acelerador do processo erosivo, os danos ambientais tendem a ser severos (CABRAL; VALLADARES; AQUINO, 2016).

Diante desse quadro, pesquisa recente avaliou a susceptibilidade à erosão das terras do alto curso do rio Banabuiú, localizado no sertão central do Ceará, por meio de técnicas de geoprocessamento, estudos pedológicos, geomorfológicos e erosividade das chuvas. Inserido na região semiárida brasileira, o Alto Banabuiú apresenta um regime pluviométrico irregular,

com eventos de chuvas torrenciais que associadas à reduzida cobertura vegetal com características caducifólias, condiciona ao surgimento de cenários com elevado risco de perda de solos por processos erosivos. O relevo ondulado a montanhoso também entra no rol de fatores que alavancam a erosão, caracterizando-se tais áreas como impróprias a práticas agropecuárias. No entanto, Cabral, Valladares e Aquino (2016, p. 106) destacam que “as necessidades humanas precisam ser supridas e inadequadamente essas terras têm sido usadas”. O resultado é que “o uso intensivo do solo, sem interrupção e sem técnicas de conservação, especialmente nessas regiões mais declivosas, tem provocado erosão e comprometido à produtividade do solo”, prejudicando o meio natural e a própria população com a estagnação do sistema produtivo local.

Também no Ceará, pesquisadores locais estudaram a dinâmica erosiva do escoamento superficial nas margens do canal principal de duas microbacias (Mulungu e Mandigueira), pertencentes à bacia hidrográfica do rio Acaraú em dois períodos chuvosos distintos (2005 e 2006). Desse modo, as estimativas de perda de solos por erosão pontual/eventual visaram correlacionar parâmetros como pluviosidade, água do escoamento pluvial e sedimentos no período mais chuvoso dos anos supracitados, com a pretensão de compreender a dinâmica existente entre os processos hidrológicos e erosivos. Restou evidenciado que “o transporte de sedimento está vinculado às magnitudes dos eventos climáticos, principalmente as intensidades (volume) dos eventos hidrológicos, associada às características do solo” (FALCÃO; SOBRINHO, 2019, p. 20).

Outro aspecto relevante é que os sedimentos carregados nas duas microbacias foram superiores nas áreas que se encontravam sem cobertura vegetal, quando comparadas àquelas com vegetação mais abundante, ratificando a importância da mata ciliar nativa, mesmo arbustiva para a proteção natural dos solos. Ademais, o uso e ocupação das terras foram parâmetros essenciais para definição de maior ou menor intensidade na produção de sedimentos nas duas microbacias, pois serviram para reafirmar o quanto o manejo adequado do solo é importante para a sua preservação e controle da erosão. Os resultados mostraram que a vegetação é fundamental para manutenção do equilíbrio de microbacias por diminuir o escoamento e a rugosidade superficial, o transporte de sedimentos, impedindo que estes cheguem à rede de drenagem (FALCÃO; SOBRINHO, 2019).

De modo particular, outro recorte espacial do semiárido nordestino que merece ser mencionado quanto ao uso e ocupação de terra são as áreas sedimentares, que abrangem os ambientes fluviais (planícies) e as porções do entorno delas (tabuleiros costeiros e interiores).

Segundo a literatura dominante os terrenos desses sistemas ambientais apresentam características geológicas e topográficas condizentes à expansão urbana, excetuando-se os setores marcados por declives mais expressivos e aqueles onde os sedimentos do Grupo Barreiras atingem a linha de costa sob as feições de falésias, cujas condições morfogenéticas são de elevada instabilidade (BRANDÃO; FREITAS; SHINZATO, 2014).

Assim, as planícies fluviais e as áreas de tabuleiros têm grande importância socioeconômica ao permitirem o desenvolvimento de múltiplas atividades em virtude das condições ambientais nelas estabelecidas. Nos últimos tempos, essas regiões passaram a apresentar elevada atratividade para a instalação de novas atividades produtivas, cujos reflexos percebidos na paisagem são impactos dos mais diversificados tipos e em variadas escalas (ROCHA; CLAUDINO-SALES; SALES, 2011; OLIVEIRA; MARQUEZ NETO, 2020; MELO; ALBUQUERQUE; VILELA, 2021).

Nos tabuleiros costeiros localizados no estuário do rio Apodi-Mossoró/RN, caracterizados como feições tabulares com altitudes médias entre 70 a 100 m, outrora colonizadas por mata de tabuleiro, em que existe apenas manchas espaçadas devido ao intenso uso da terra. Por ser uma região estratégica do ponto de vista econômico, nela desenvolveu-se uma série de atividades produtivas, a maior parte voltadas para a exportação, destacando-se tanto aquelas seculares como é o caso da produção salineira, quanto outras recém-incorporadas à economia regional, como a produção de frutos tropicais (melão, castanha de caju, banana, manga), pescado (peixes e crustáceos, como lagosta e camarão), além de petróleo e mel. Essa dinâmica intensiva de uso da terra corroborou para transfigurar a paisagem da região, agravando os problemas ambientais e comprometendo a sustentabilidade do ecossistema estuarino (ROCHA; CLAUDINO-SALES; SALES, 2011; MELO; ALBUQUERQUE; VILELA, 2021), a exemplo do que vem ocorrendo ao longo do tempo na região do baixo curso do rio Jaguaribe, no estado do Ceará.

A região do Baixo Jaguaribe sempre exerceu um papel de destaque na dinâmica de ocupação e no desenvolvimento econômico do Estado do Ceará, haja vista sua localização estratégica e a disponibilidade de grande quantidade de recursos naturais como água, solos abundantes, majoritariamente férteis e relevo predominantemente plano, o que facilita o desenvolvimento de múltiplas atividades produtivas (PANTALENA; MAIA, 2014).

Assim, o uso e a ocupação da terra neste espaço foram marcados pela ocorrência de sucessivos ciclos econômicos que perpassaram desde a interiorização da criação do gado, em que a paisagem sertaneja pontilhada por fazendas deu origem as primeiras vilas, distritos e

idades próximas ao curso do rio, até o vertiginoso emprego da agricultura empresarial de frutas voltada para a exportação, que notadamente inseriu a área no contexto de modernização e internacionalização da economia, causando, em contrapartida, desarranjos na relação sociedade-natureza (MAIA, 2005; COSTA, 2009; PANTALENA; MAIA, 2014).

Em estudo realizado na região, Pantalena e Maia (2014) concluíram que os problemas ambientais no Baixo Jaguaribe ocorreram desde o início de sua ocupação a partir do desenvolvimento de atividades produtivas desordenadas, porém ambos se intensificaram com o modelo de crescimento econômico adotado pelo Estado, que beneficiou o capital privado e os proprietários de terras. Para os autores, este modelo é marcado pela ausência ou pelo incipiente planejamento dos impactos ambientais gerados pelo conjunto das atividades econômicas.

Assim, Pantalena e Maia (2014) demonstraram que os diferentes ciclos econômicos induziram o aparecimento e a manutenção de impactos ambientais residuais ou cumulativos relevantes na região do baixo curso do rio Jaguaribe, conforme descritos a seguir:

- a) Pecuária e agricultura: desmatamento da mata natural (caatinga), degeneração da cobertura vegetal e dos recursos hídricos, erosão e assoreamento dos cursos d'água;
- b) Mineração: extração mineral desordenada, poluição do manancial hídrico e produção de resíduos poluentes e fumaça;
- c) Turismo: degradação da vegetação e da paisagem natural, poluição dos recursos hídricos e produção de resíduos sólidos;
- d) Produção de energia: desmatamento, alterações paisagísticas, geotécnicas, morfológicas e no transporte de sedimentos eólicos, poluição do solo e dos recursos hídricos;
- e) Aquicultura: desmatamento, erosão e assoreamento das áreas de estuário, alterações físico-químicas do substrato e do fluxo de marés (PANTALENA; MAIA, 2014, p. 468).

Pela mesma razão, no Baixo Jaguaribe, um recente estudo investigou a degradação ambiental nos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí. Por ser uma das áreas de maior disponibilidade hídrica do Ceará, diversas atividades agropecuárias se estendem sobre os tabuleiros e nas áreas de mangue, a exemplo da produção de frutas, da carcinicultura e piscicultura, além da crescente urbanização dos três municípios (SILVA NETO *et al.*, 2019).

A degradação ambiental foi investigada através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) dos anos 1984 e 2016 após o fim do período chuvoso. Por meio da comparação das mudanças evidenciadas nas respostas espectrais das imagens de satélite, foram identificadas duas regiões com maiores níveis de degradação: as planícies litorâneas – onde são praticadas as atividades de carcinicultura, piscicultura, turismo e os tabuleiros pré-litorâneos - onde se aglutinam a maior parte das áreas destinadas para agricultura com monocultivos de

caju, coco-da-baía, manga, goiaba, mamão, maracujá, limão e outras frutas diversas, incorporando também nos últimos tempos a carcinicultura (SILVA NETO *et al.*, 2019).

As respostas do estudo apontaram para a diminuição das áreas classificadas no ano de 1984 como alta e moderadamente alta dos Índices de Cobertura Vegetal – ICV, passando a predominar no ano de 2016 o aumento nas áreas de médio a baixo ICV, sendo tal fato associado à degradação da mata nativa pela expansão das atividades produtivas na região, contribuindo para a ocorrência de erosão dos solos expostos. Logo, foram identificados que os principais impactos a nível regional, estão atrelados à retirada da vegetação nativa, ao manejo inadequado e ao descarte impróprio dos efluentes da carcinicultura, problemas que precisam ser enfrentados com urgência (SILVA NETO *et al.*, 2019).

Outra pesquisa no Baixo Jaguaribe analisou por meio de sensoriamento remoto o uso e ocupação em áreas de carcinicultura com o objetivo de caracterizar o padrão do canal fluvial, detectar a erosão nas margens do rio e em seu entorno (tabuleiros pré-litorâneos), bem como identificar áreas suscetíveis a contaminações por efluentes da carcinicultura, principalmente na zona estuarina do rio Jaguaribe, ambiente mais sensível à ação antrópica. Os resultados mostraram que “a atividade de carcinicultura avançou de forma desordenada”, de maneira que o desenvolvimento intensivo dessa atividade produtiva “contribuiu para a degradação das margens do rio, comprometendo as áreas de manguezais e conseqüentemente alterando o aporte de sedimentos no sistema” (MARTINS; CASTELO BRANCO; MAGINI, 2011, p. 138).

Como se pode observar as mudanças promovidas pelo uso da terra e do solo têm deixado marcas registradas nas paisagens naturais ao redor do mundo. Assim, não é por acaso, que o uso e ocupação da terra tem sido um dos temas mais explorados pela comunidade científica internacional durante as últimas décadas, uma vez que esse tipo de alteração acaba por afetar os ciclos e processos naturais, reduz a diversidade biótica e desencadeia problemas sociais para o ser humano – vetor da problemática (DÍAZ; VÁZQUEZ; MACHUCA, 2018).

Portanto, compreender a relação entre o uso e a ocupação da terra, a expansão urbana, o desenvolvimento de atividades produtivas e os problemas socioambientais a eles inerentes, é tarefa importante, mas acompanhar/monitorar o aprofundamento de tais questões, tanto empíricas quanto teórico-metodológicas é fundamental não só para propor medidas mitigadoras para os problemas encontrados, como também para subsidiar ações e auxiliar na elaboração do planejamento territorial justo e equilibrado (PINTO; MOREIRA, 2022), incluindo propostas de planejamento para os interflúvios tabulares no Baixo Jaguaribe.

A partir da coletânea de trabalhos analisados durante o processo de revisão de literatura, fica evidente que a mudança no uso da terra, na maioria dos casos, caracteriza-se como principal vetor que desencadeia o processo de erosão, sendo ela uma das principais preocupações de cientistas e pesquisadores durante as últimas décadas, pois esse tipo de fator exerce alteração nos ciclos e processos naturais, afetando finalmente a mudança global e a redução da diversidade biótica, alteração causada pela interação inadequada entre o homem-ambiente, conforme se verifica nas áreas dos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe (DÍAZ; VÁZQUEZ; MACHUCA, 2018).

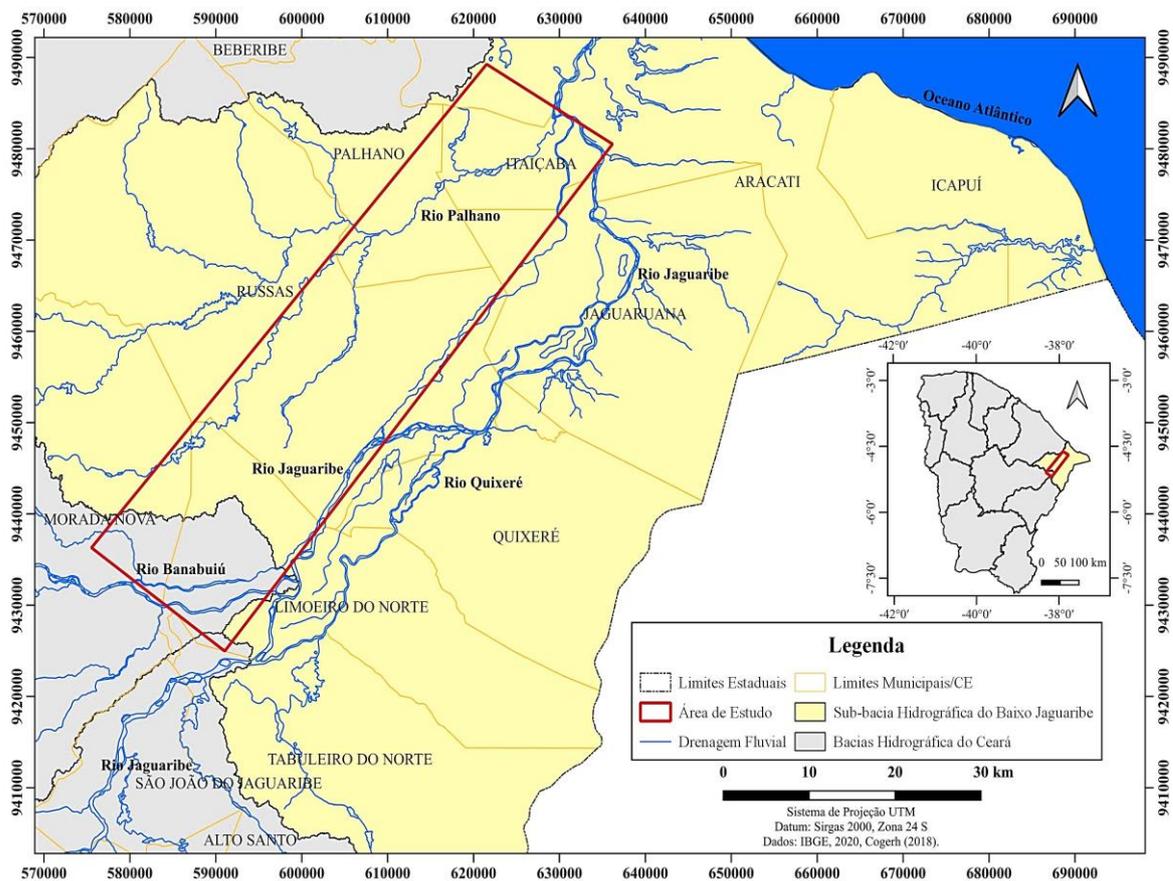
Nas porções de tabuleiros, geralmente por sua composição, os solos deste geocomplexo são muito suscetíveis à erosão, principalmente em zonas mais abruptas, sendo que essa suscetibilidade aumenta mais ainda nas áreas de borda dos tabuleiros, à medida que a declividade se eleva e que se retira a proteção natural da cobertura vegetal para as mais diversificadas atividades produtivas, fatos que também se observam nos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe (BRANDÃO; FREITAS; SHINZATO, 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Delimitação e localização da área de estudo

A área de estudo contempla a porção centro-oeste da Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe conforme Figura 02, abrangendo o total de 1.421 km². A área escolhida para o desenvolvimento da pesquisa perpassa parcialmente por territórios pertencentes aos municípios de Limoeiro do Norte, Morada Nova, Quixeré, Russas, Jaguaruana, Palhano, Itaiçaba e Aracati, no estado do Ceará.

Figura 02 – Localização da área de estudo. Destaques para a Sub-bacia do Baixo Jaguaribe, setor de ocorrência dos interflúvios tabulares (polígono) e drenagem fluvial



Fonte: Andrade, 2023.

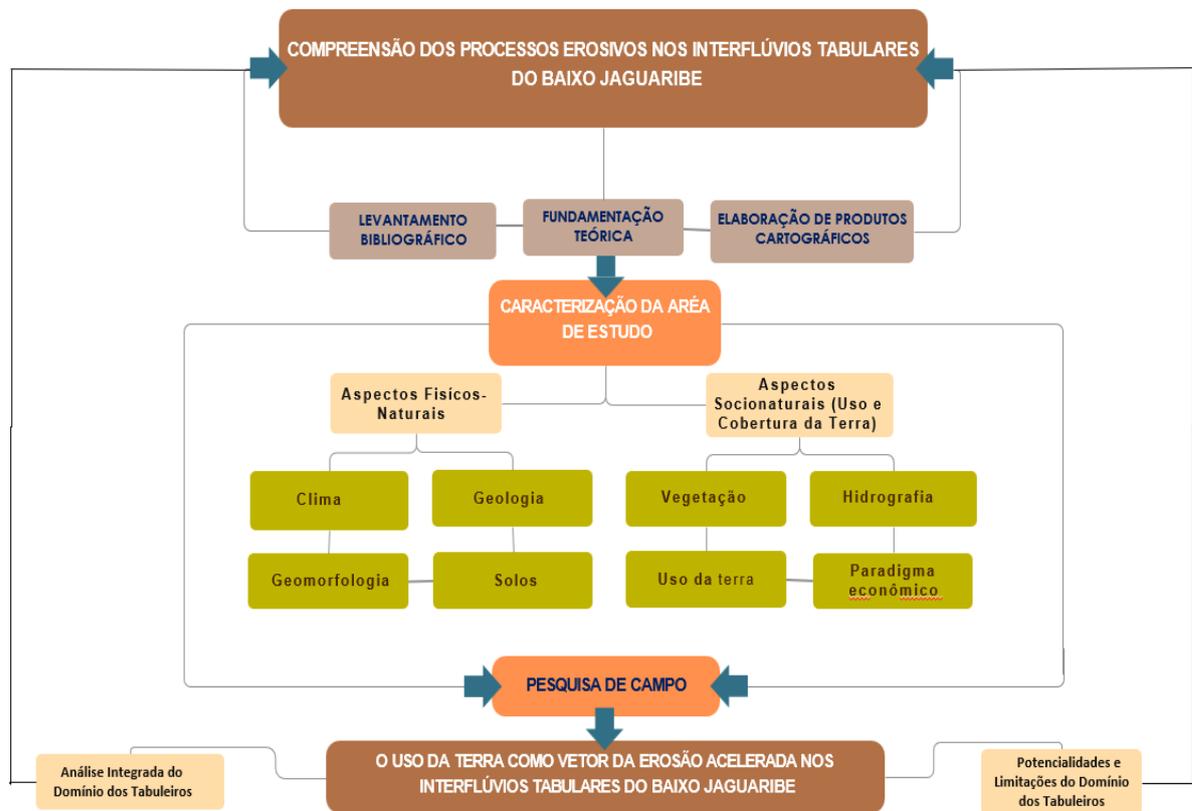
De maneira geral, por está situado em uma zona de falhas e fraturas, o vale do Jaguaribe apresenta descontinuidades no embasamento que alinhada as mudanças climáticas do Cenozoico e as alterações do nível de base influenciaram na delimitação do vale fluvial por meio do entalhe e da deposição de sedimentos, notadamente no baixo curso da bacia. Essas

condicionantes repercutiram sobremaneira na geomorfologia regional e no delineamento da bacia hidrográfica, que de modo particular apresenta 04 (quatro) fases evolutivas: 1) formação de superfícies de aplainamento com a presença pontual de inselbergs; 2) deposição da Bacia Potiguar no Cretáceo através da abertura do oceano Atlântico, com posterior e contínuo recuo lateral da escarpa no sentido leste promovendo a exumação dos inselbergs graníticos em meio a planície fluvial; 3) deposição das Formações Barreiras e Faceira proporcionadas pelas variações eustáticas e por mudanças climáticas no Quaternário; 4) evolução progressiva de migração do canal no sentido leste, cuja presença de terraços e a concentração de paleocanais à oeste do canal atual, bem como a dominância no sentido de caimento das camadas da Bacia Potiguar, em direção ao rifte, à leste, são indicadores geomorfológicos que confirmam a migração e o condicionamento de drenagem da bacia em orientação (NE/SO) a existência de um controle estrutural do relevo, conforme Figura 02 (MAIA, 2005; SILVA, 2017).

4.2 Procedimentos técnico-metodológicos

Buscando alcançar os objetivos propostos, optou-se em dividir a operacionalização dos procedimentos metodológicos em etapas distintas, mas complementares, conforme enumeração a seguir: pesquisa bibliográfica, fundamentação teórica, elaboração de material cartográfico, pesquisa de campo e identificação do uso da terra como vetor dos processos erosivos acelerados nos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe, por meio do diagnóstico integrado, e, delimitando posteriormente as potencialidades e limitações dessas feições, conforme Figura 03.

Figura 03 – Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Queiroz, 2021

4.2.1 Pesquisa bibliográfica

No que se refere a este importante aspecto teórico-conceitual, a abordagem socioambiental na Geografia trouxe respostas convincentes ao problema da pesquisa, destacando-se as contribuições dos seguintes autores: Suertegaray e Nunes (2001), Suertegaray (2005, 2017), Troppmair e Galina (2006), Moreira (2009), Mendonça (1996, 1998, 2001, 2012), Nogueira e Carneiro (2013), Souto (2016), Souza (2018a), Santos e Pinto (2019), Souza (2019), Aragão (2020), Zanella, (2006), Silva (2021), Lelis, Pedroso e Rodrigues (2022).

4.2.1.1 Reflexões sobre o conceito e a utilização da paisagem enquanto categoria de análise geográfica

Quanto a este tópico conceitual foram relevantes os ensinamentos de autores como Bertrand (1969, 2002, 2004), Salgueiro (2001), Ab'sáber (2003), Suertegaray (2005), Emídio (2006), Santos (2006), Zacharias (2006), Vitte (2007), Bastos e Cordeiro (2012), Verdum (2012), Cavalcanti e Corrêa (2016), Jesuz e Santos, (2016), Ozorio (2016), Cavalcanti (2018,

2020), Souza (2018b), Chávez, Puebla e Trombeta (2019), Dias e Chávez, (2019), Santos *et al.* (2019), Fonseca (2021), Passos (2022).

4.2.1.2 Considerações sobre os Geossistemas nos modernos estudos integrados da paisagem

Nesta subseção, buscou-se realizar um rápido resgate acerca da gênese da teoria geossistêmica e de sua aplicabilidade às modernas pesquisas integradas da paisagem, destacando-se autores cujos subsídios teórico-metodológicos foram fundamentais para a compreensão da problemática dos processos erosivos acelerados existentes na área de estudo. Desse modo, elencamos os trabalhos de Humboldt (1858), Bertrand (1969, 2002), Sotchava (1977, 2015), Capra (1996), Christofolletti (1999), Monteiro (2001), Salgueiro (2001), Nascimento e Sampaio (2004), Troppmair e Galina (2006), Ferreira (2010), Silva (2010), Souza e Oliveira (2011), Neves *et al.* (2014), Diniz e Oliveira (2015, 2018), Cavalcanti (2016, 2018, 2020), Cavalcanti e Corrêa (2016), Barreiros (2017), Dias e Perez-Filho (2017), Silva e Soares (2017), Rodriguez e Silva (2019), Oliveira e Marquez Neto (2020), Peixôto, Pereira-Neto e Guedes (2021), Passos (2022), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), Rosa e Ferreira (2022).

4.2.1.3 Considerações sobre os tabuleiros cearenses e jaguaribanos

No tocante ao geocomplexo dos tabuleiros, este corresponde a uma fração bastante representativa das terras baixas do Ceará. Na região jaguaribana, se estendem majoritariamente no Baixo Jaguaribe, ocupando a parte centro-oeste dessa sub-bacia hidrográfica. Quanto ao tópico, para embasar esta pesquisa, apoiou-se nos seguintes autores: Suguio *et al.* (1985), Guerra (1993), Pastana (1995), Souza (2000), Maia (2005), Arai (2006), Araújo *et al.* (2006), Furrier, Araújo e Menezes (2006), Gomes Neto (2007), Florenzano (2008), Bezerra (2009), Bezerra e Maia (2012), Gomes Neto, Morales e Hamelak (2012), Maia (2012), Dominguez *et al.* (2013), Brandão e Freitas (2014), Brandão, Freitas e Shinzato (2014), Cavalcanti e Cavalcante (2014), Dantas *et al.* (2014), Moura-Fé (2014), Silva (2017), Carvalho *et al.*, (2009), Loureiro e Castro (2019), Aderaldo e Perez-Filho (2020), Costa *et al.* (2020), Ferreira (2020), West e Melo (2020), Claudino-Sales, Carvalho e Pedrosa (2021), Costa *et al.*, (2021), Dominguez e Guimarães (2021), Mesquita *et al.* (2021), CEARÁ (2022), Gouveia Junior, Fernandes e Castro (2022), IAT (2022), Maia e Amorim (2022).

4.2.1.4 Uso da terra, alterações na paisagem e ocorrência de processos erosivos acelerados no mundo e no Brasil

Quanto a esta importante temática conceitual, é tema já pacificado na literatura que a origem de processos ligados à erosão está associada a causas naturais, sendo intensificada por atividades humanas. Quanto à questão, destacam-se as contribuições dos seguintes autores: Goudie (1990, 2013), Lepsch (2002, 2010), Maia (2005), Costa (2009), SALOMÃO (2010), Martins, Castelo Branco e Magini (2011), Rocha e Sales (2011), García-Ruiz *et al.* (2013), Jorge e Guerra (2013), Bertoni e Lombardi Neto (2014), Pantalena e Maia (2014), Cabral, Valladares e Aquino (2016), McCloskey *et al.* (2016), Silva e Vale (2016), Morais e Sales (2017), Spiekermann *et al.*, (2017), Zanatta *et al.* (2017), Bispo *et al.* (2018), Cavalcante (2018), Díaz, Vázquez e Machuca (2018), Santos *et al.* (2018), Falcão e Sobrinho (2019), Latuf *et al.* (2019), Silva Neto *et al.* (2019), Sousa e Paula (2019), Boca (2020), Demarchi e Piroli (2020), Frota Filho, Abreu e Vieira (2020), Lima e Ferreira (2020), Lupinacci e Nunes (2020), Oliveira e Marquez Neto (2020), Pinto e Araújo (2020), Yu *et al.* (2020), Melo, Albuquerque e Vilela (2021), Vercruysse e Grabowski (2021), Chicombo (2022), Pinto e Moreira (2022), Romão *et al.* (2022).

Ainda nessa etapa, além dos seis tópicos anteriormente detalhados, realizou-se o levantamento dos dados secundários. Buscou-se informações em artigos, dissertações e teses existentes nas mais diversas esferas/níveis do conhecimento científico (internacional, nacional, regional, estadual e local) que abordam informações a respeito das características físicas e antrópicas da área de estudo, bem como da problemática levantada. Também foram realizadas visitas em portais eletrônicos de órgãos governamentais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente (MMA), CPRM, EMBRAPA, Unidade Descentralizada de Pesquisas dos Tabuleiros Costeiros e da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE).

4.2.2 Levantamento e produção do material cartográfico

Esta etapa consistiu na elaboração dos materiais cartográficos com a finalidade de representar através de mapas temáticos e perfis topográficos, o espaço geográfico da área de estudo.

Ademais, é importante destacar que todos os produtos cartográficos foram confeccionados no *Software* livre Qgis *A Coruña* versão 3.10.5, utilizando o Sistema de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS 2000), Fuso 24 Sul.

Para os mapas de litologia e relevo, utilizou-se da base cartográfica do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007), com o *shapefile* da Geodiversidade do Estado do Ceará em escala de 1:500.000 e IBGE (2020, 2021), nos quais possibilitou o mapeamento de 16 unidades litoestratigráficas.

No que se referem aos mapas de hipsometria, declividade e perfis topográficos, manipulou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 m do Projeto TOPODATA, hospedado no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011), proveniente do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizado pela *United States Geological Survey* (USGS).

No mapa de hipsometria, foram definidas 06 (seis) classes e uma grade de cores de elevação, em que as cores mais claras (azul, verde, amarelo) representam os setores de relevo mais rebaixados e as cores mais escuras (laranja, marrom, preto), as áreas mais elevadas.

Para o mapa de declividade foram definidas 04 (quatro) classes, a partir da classificação proposta pela EMBRAPA (2018), em que no intervalo de 0 – 3% corresponde ao um “terreno plano”; de 3 – 15% as feições são consideradas como “suave onduladas”; de 15 – 30% foram incluídos os terrenos com traços “ondulados”; maior que 30% o relevo foi considerado como “forte ondulado”. Dada as características de baixa altimetria na área de estudo, verifica-se a ausência de relevos montanhosos e fortemente escarpados.

Além disso, baseando-se no traçado dos perfis representativos (A-B, C-D e E-F) da área de estudo foi possível obter uma melhor compreensão do relevo. A partir dessa percepção, foram identificadas as feições geomorfológicas seguindo a taxonomia utilizada pela CPRM e pelo IBGE para toda a pesquisa. Assim, confeccionou-se o mapa de geomorfologia, utilizando-se as bases cartográficas da CPRM (2008) e IBGE (2020, 2021) em escala de 1:5.000, o que proporcionou a delimitação de 09 unidades geomorfológicas.

Já para as Classes de Solos, utilizou-se o mapeamento do IBGE, do ano de 2020, em escala de 1:250.000, resultando em 06 (seis) classes distintas de solos.

No tocante aos mapas de Uso e Cobertura da Terra para os anos de 1985, 1997, 2009 e 2021 foram elaborados a partir do material do Projeto Mapbiomas – Coleção 7, publicado em agosto de 2022, disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Para a confecção dos mapas foi utilizada a base cartográfica do projeto em escala de 1:100.000, permitindo a identificação de 13 categorias de uso e cobertura da terra.

No que se refere ao mapa dos tipos climáticos da área de estudo, foram utilizadas em sua confecção bases cartográficas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

(FUNCEME) (2009) e IBGE (2020) em escala de 1:5.000 em que se observa a existência de duas tipologias, o Clima Tropical Quente Semiárido e o Clima Tropical Quente Semiárido Brando.

Quanto ao mapa de pluviometria média (1973 a 2021) foram utilizadas bases cartográficas do IBGE (2020) e do Projeto Alocar (2022). Este último, trata-se de estudo hidrológico das incertezas dos regimes pluviais, fluviais e operacionais dos hidrossistemas, criando cenários propositivos para otimizar a gestão hídrica do Ceará. Assim, baseado em dados de 27 estações pluviométricas cadastradas no Portal HidroWeb (ANA, 2020) e disponibilizadas no Portal Hidrológico (FUNCEME, 2023) apresentadas no Quadro 01, traçamos para o período de 48 anos as isoietas da área de estudo em escala de 1:5.000, cuja pluviometria média se encontra entre 720 mm/ano a 850 mm/ano mostrada na Figura 07.

Quadro 01 – Estações pluviométricas presentes no entorno e na área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará

Estações Pluviométricas Cadastradas no HIDROWEB no ano de 2020						
Estação	Código	Município	Latitude	Longitude	Responsável	Operadora
ARACATI	437000	ARACATI	-4,567	-37,767	FUNCEME	FUNCEME
FAZENDA JEQUI	437002	JAGUARUANA	-4,767	-37,767	DNOCS	DNOCS
JAGUARUANA	437006	JAGUARUANA	-4,833	-37,783	FUNCEME	FUNCEME
JAGUARUANA (UNIÃO)	437007	JAGUARUANA	-4,783	-37,767	INMET	INMET
PALHANO	437009	PALHANO	-4,750	-37,967	FUNCEME	FUNCEME
RUSSAS	437010	RUSSAS	-4,933	-37,967	FUNCEME	FUNCEME
ELEVATÓRIO - COGERH	437014	ITAIÇABA	-4,650	-37,833	FUNCEME	FUNCEME
SANTA TEREZA	437015	ARACATI	-4,600	-37,867	FUNCEME	FUNCEME
AEROPORTO DE ARACATI	437017	ARACATI	-4,550	-37,783	FUNCEME	FUNCEME
ITAIÇABA	437024	ITAIÇABA	-4,683	-37,817	FUNCEME	FUNCEME
BORGES	437025	JAGUARUANA	-4,883	-37,867	FUNCEME	FUNCEME
GIQUI	437026	JAGUARUANA	-4,767	-37,767	FUNCEME	FUNCEME
AÇUDE STO ANTÔNIO DE RUSSAS	438007	RUSSAS	-4,833	-38,167	DNOCS	DNOCS
BIXOPA	438013	LIMOEIRO DO NORTE	-4,983	-38,217	SUDENE	SUDENE
CAPIM GROSSO SÍTIO	438057	RUSSAS	-4,833	-38,167	DNOCS	DNOCS
TIMBAUBA MACORE	438059	RUSSAS	-4,833	-38,233	FUNCEME	FUNCEME
BIXOPA	438074	LIMOEIRO DO NORTE	-4,983	-38,217	FUNCEME	FUNCEME
PEIXE	438091	RUSSAS	-4,917	-38,083	FUNCEME	FUNCEME
SÍTIO TIMBAUBA	438092	RUSSAS	-4,833	-38,233	FUNCEME	FUNCEME

CAPIM GROSSO SANTO	438093	RUSSAS	-4,867	-38,217	FUNCEME	FUNCEME
ANTÔNIO DE RUSSAS	438094	RUSSAS	-4,833	-38,167	FUNCEME	FUNCEME
SÍTIO ÁGUA FRIA	438098	MORADA NOVA	-4,870	-38,397	ANA	CPRM
LAGOA DA SERRA	438109	MORADA NOVA	-4,981	-38,335	FUNCEME	FUNCEME
QUIXERÉ	537041	QUIXERÉ	-5,067	-37,983	FUNCEME	FUNCEME
LIMOEIRO DO NORTE	538009	LIMOEIRO DO NORTE	-5,133	-38,100	FUNCEME	FUNCEME
SÍTIO MALHADA	538059	LIMOEIRO DO NORTE	-5,183	-38,083	FUNCEME	FUNCEME
FLORES	538073	RUSSAS	-5,050	-38,050	FUNCEME	FUNCEME

Fonte: HIDROWEB (ANA, 2020)

Para o mapa de delimitação da Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe foi utilizada a base cartográfica de drenagem e sub-bacias da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) (2015), em escala de 1:5.000 em que se destacam os limites das bacias hidrográficas, os corpos hídricos, a área de estudo, além da rede de drenagem propriamente dita.

Já para a confecção do mapa de direção de fluxo de drenagem da Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, lançou-se mão da base cartográfica de drenagem de fluxo por SRTM da NASA (2015) em escala de 1:5.000 em que se obteve o total de 08 (oito) fluxos direcionais, destacando-se também o limite das bacias hidrográficas, os corpos hídricos, a área de estudo e a própria rede de drenagem.

Quanto aos mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental da área de estudo, utilizou-se o modelo de Crepani *et al.* (1996, 2001) com adaptações de Brandão (2003), cuja análise demonstrou ser mais compatível para a região semiárida, uma vez que o segundo autor utilizou notas de quantificação que variaram de (01 – 10) enquanto o primeiro autor usou notas que oscilam entre (01 – 3).

A confecção dos mapas de Vulnerabilidade Natural envolveu três etapas. A primeira foi a elaboração de um mapa de unidades homogêneas de paisagem. Na segunda, associou-se o mapa preliminar de unidades homogêneas obtido na primeira etapa com o mapeamento temático da área de estudo (mapas geológico, geomorfológico, pedológico, de cobertura vegetal e dados climatológicos) já existente. Esta associação permitiu caracterizar tematicamente as unidades ambientais ou de paisagem. Depois disso, na terceira etapa, foi realizada a classificação do grau de estabilidade ou vulnerabilidade de cada unidade de paisagem, conforme os processos de morfogênese e pedogênese. Cada variável ambiental recebeu notas

que variaram de (01 a 10) como se visualiza no Quadro 02. Uma nota próxima de 01 revela baixa vulnerabilidade natural e próxima a 10, alto grau de vulnerabilidade (BRANDÃO, 2003).

Quadro 02 – Vulnerabilidade Natural

Grau de Vulnerabilidade	Nota
Muito alta	09 – 10
Alta	07 – 08
Moderada	05 – 06
Baixa	03 – 04
Muito baixa	01 – 02

Fonte: Brandão (2003).

Dessa maneira, o cálculo da vulnerabilidade natural de uma área é resultante da média aritmética das vulnerabilidades de 05 cinco sistemas ambientais, conforme a expressão matemática mostrada na Quadro 03 abaixo:

Quadro 03 – Cálculo da Vulnerabilidade Natural

$$\text{Vulnerabilidade} = \frac{\text{NT geologia} + \text{NT geomorfologia} + \text{NT pedologia} + \text{NT vegetação} + \text{NT clima}}{5}$$

Fonte: Crepani *et al.*, 1996.

Onde:

NT = Nota da variável

Com esses procedimentos, obtiveram-se os mapas da Vulnerabilidade Natural da área de estudo para os anos de 1985, 1997, 2009 e 2021 em escala 1:5.000, destacando a existência de 04 graus de vulnerabilidade (baixa, moderada, alta e muito alta).

Já a obtenção do mapa de Vulnerabilidade Ambiental ocorreu para os anos de 1985, 1997, 2009 e 2021 na mesma escala, consistindo no cruzamento dos mapas de Vulnerabilidade Natural com os mapas de Uso e Cobertura da Terra para os mesmos anos analisados, evidenciando-se a presença de 03 níveis (moderada, alta e muito alta) para essa modalidade.

4.2.3 Trabalho de campo

Nesta etapa, realizou-se a pesquisa de campo para a obtenção de dados primários e ratificação ou retificação dos dados secundários. Tais informações são fundamentais para se compreender melhor as variáveis dos sistemas ambientais que integram a área de estudo como a litologia, o relevo, os solos, o uso e a cobertura da terra, bem como para aferir o modo como eles vêm suportando a pressão antrópica ao longo do tempo. O trabalho de campo foi importante ainda para o refinamento e melhoria da consistência dos resultados alcançados na pesquisa.

Para o desenvolvimento deste item da pesquisa, realizou-se inicialmente um levantamento de imagens de satélite utilizando a ferramenta gratuita do Google Earth Pro, versão para computadores do serviço de localização e mapeamento via mapa *mundi* disponibilizado pela Google Inc., corporação multinacional americana. Por meio deste foi traçado um polígono demarcado pelos pontos extremos “X” (Lat. 4°37'31.10"S e Long. 37°54'19.30"O), “W” (Lat. 4°42'16.91"S e Long. 37°46'23.19"O), “Y” (Lat. 5°6'42.22"S e Long. 38°18'49.37"O) e “Z” (Lat. 5°12'16.97"S e Long. 38°10'27.62"O) perfazendo uma área total de 1.421 km² correspondente a área de estudo.

Posteriormente foram marcados dentro deste polígono 28 pontos. Nestes pontos e em áreas do entorno deles foram observadas através das imagens orbitais a existência manchas ou clareiras com extensões variadas, compatíveis com possíveis alterações na paisagem natural, tais como desmatamento, áreas de pastagem, lavoura, mineração, incisões erosivas, entre outras.

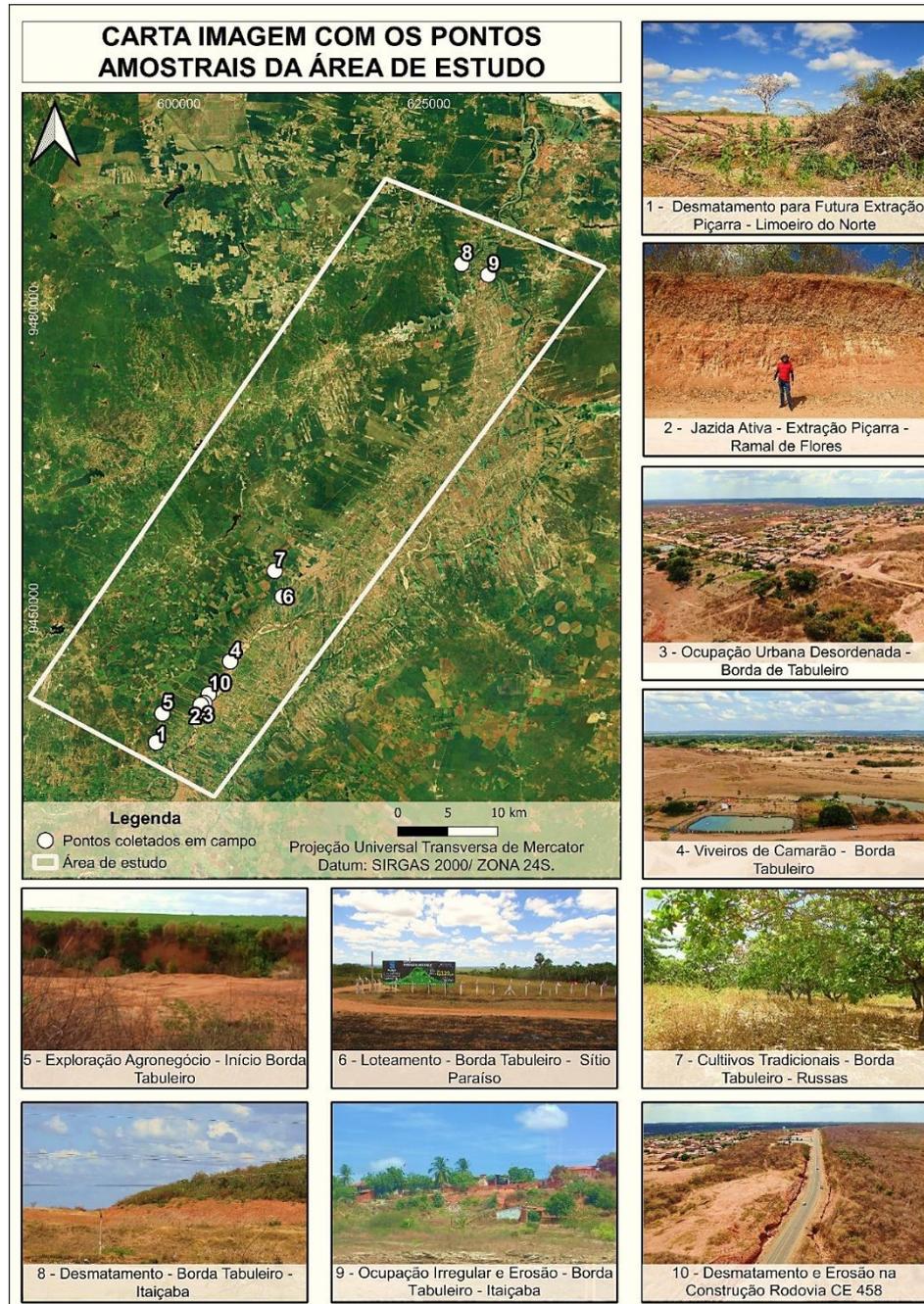
Com o intuito de validar o que foi verificado nas imagens de satélite, realizou-se 05 (cinco) sobrevoos com uso de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) do tipo Drone DJI Mavic 2 Zoom 12 MP 4K GPS cedida pela COGERH, equipamento devidamente registrado no Sistema de Aeronaves Não Tripuladas - SISANT da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC em nome da própria companhia. Os sobrevoos ocorreram nas seguintes datas: a) 22 de outubro de 2021; b) 05 de novembro de 2021; c) 16 de novembro de 2021; d) 12 de abril de 2022; e) 03 de agosto de 2022. Nessas ocasiões, foram percebidas as primeiras impressões da área de estudo e obtido acervo fotográfico.

A partir do mapeamento com o drone, percebeu-se que ainda restavam algumas dúvidas e lacunas a serem preenchidas quanto à gênese e a evolução dos processos erosivos acelerados nos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe. Desse modo, ocorreram mais duas visitas técnicas de campo nos dias 03 e 27 de setembro do ano de 2022.

Assim, utilizou-se como método para a observação da paisagem o Transecto Poligonal proposto por Cavalcanti *et al.* (2013), entendido como uma técnica semiflexível de mapeamento em que se busca abranger a maior diversidade possível dentro da área previamente mapeada, cujos pontos de observação são marcados com antecedência e confirmados em campo seguindo um caminho pré-estabelecido, sem impedir, contudo, a marcação de pontos extras a critério, juízo e entendimento do observador da paisagem.

Para demarcação das coordenadas dos pontos visitados, fez-se uso do GPS (*Global Positioning System*) *Garmin Etrex 30x*, que posteriormente foram sistematizados no *Software Microsoft Excel* e espacializados numa carta-imagem totalizando agora 10 pontos com os usos mais significativos dos recursos naturais como mostrado na Figura 04, uma vez que se observou que tais usos e as respectivas alterações por eles deixados na paisagem se repetiam com certa frequência entre 28 pontos inicialmente selecionados.

Figura 04 – Setores da área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, Brasil que apresentam usos intensos dos recursos naturais



Fonte: Queiroz, 2023.

Por fim, no trabalho de campo foi utilizada a ficha de caracterização e avaliação do meio físico adaptada de Souza (199-) disponibilizada na seção “Anexo” desta pesquisa. A ficha contém dentre outros, itens básicos como identificação do técnico responsável, a finalidade do trabalho, perfil ou ponto de observação, número do ponto, coordenadas, data, início e término da atividade, a unidade geoambiental pertencente, a situação preliminar do ponto de observação

(características topográficas, compartimento do relevo, altitude, declividade, bacia hidrográfica, vegetação primária e uso atual), hidrologia, processos morfodinâmicos envolvidos, formações superficiais e processos pedognéticos, cobertura vegetal, problemas ambientais visualizados, potencialidades e limitações ao uso.

Para identificação dos aspectos litológicos interpretou-se as informações a partir do mapeamento e confirmou-se em campo se a estrutura dela era de natureza sedimentar ou cristalina. No caso das estruturas sedimentares, buscou-se identificar à primeira vista (contato) a possível origem dos sedimentos, se eram depósitos aluviais antigos, coberturas colúvio-eluviais detríticas ou um sistema misto de deposição formado a partir dos dois anteriores. Essa informação primária foi checada a posteriori visando à obtenção de dados conclusivos.

Para análise do relevo considerou-se a forma da vertente (côncava, convexa, retilínea, etc.), as classes de declividade (plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado), pediplanos e pedimentos (conservado, parcialmente dissecado e dissecado), as feições de dissecção (lombada, colina, outeiro, morro, esporão, tabuleiro, meseta e morro testemunho) as feições residuais (crista simétrica, crista assimétrica, frente de cuesta, escarpamento estrutural, pontão, inselberg e Lajedo).

Em relação aos solos, foi observado preponderantemente se existiam incisões erosivas, e em caso afirmativo, qual seria o tipo de erosão dominante (laminar, em sulcos, ravinas, voçorocas, misto ou sem erosão).

No tocante às observações de cobertura e uso da terra em campo, analisou-se a área ocupada em relação à cobertura vegetal a partir de dois pontos de vista: o aspecto fisionômico e o estado de conservação da vegetação. Desse modo, foi verificada se a vegetação era aberta, fechada ou esparsa; quanto à fisionomia, se era arbórea, arbustiva, herbácea, gramíneo-lenhosa; no que se refere à fisiologia, se era perene, decídua e semidecídua.

Com relação à investigação do nível de conservação da cobertura vegetal, considerou-se a existência de 04 (quatro) estágios padrões de conservacionismo: a) Altamente degradada – correspondem a áreas cuja capacidade regenerativa é mínima e os efeitos da degradação ambiental são praticamente irreversíveis; b) Moderadamente degradada – são áreas que apresentam um conjunto de problemáticas em relação à capacidade produtiva dos recursos naturais, mas que tais problemas podem ser revertidos; c) Pouco degradada – áreas que possuem capacidade produtiva dos recursos naturais que variam de boa a razoável, apresentando cobertura vegetal primária ou derivada de sucessão ecológica com dinâmica progressiva; d) Vegetação primária – caracterizam-se por apresentar boa capacidade produtiva dos recursos

naturais, cujas limitações pontuais podem ser sanadas com o uso de tecnologias simples. São áreas ainda pouco suscetíveis à erosão, haja vista o estado de conservação da cobertura vegetal (SOUZA, 2000).

Sobre os problemas ambientais na área de estudo, verificou-se apenas os itens desmatamento desordenado, deficiência ou inexistência de práticas de Educação Ambiental, cultivo em vertentes e erosão dos solos. Acrescentou-se, porém, outros itens percebidos em campo como extração mineral desordenada, expansão da carcinicultura e ocupação irregular em Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme o Código Florestal Brasileiro (CFB), instituído pela Lei 12.651/2012.

Tal dispositivo legal em seu Art. 3º, Inciso II, estabelece de modo categórico as zonas consideradas como APP, conceituando-as como categoria de área protegida, encontrando-se elas recobertas ou não por vegetação nativa, com o objetivo de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, assegurar a proteção do solo e garantir o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2023).

Mais adiante no Art. 4º, o CFB caracteriza de forma pormenorizada o rol de ambientes localizados tanto em zona rural quanto em zona urbana enquadradas como APP's. Ademais, o Inciso VIII do mesmo artigo estabelece que as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais são consideradas zonas de APP, devendo, portanto, serem protegidas (BRASIL, 2023), fato que não se verifica em alguns pontos da área de estudo.

4.2.4 Classificação do uso da terra e dos processos erosivos acelerados: diagnóstico integrado, potencialidades e limitações nos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe

Nesta etapa, realizou-se o diagnóstico integrado das potencialidades e limitações nos tabuleiros da área de estudo, buscando identificar se o uso da terra foi o principal fator que desencadeou a erosão acelerada na região do Baixo Jaguaribe nos anos de 1985, 1997, 2009 e 2021.

Para tanto, adotou-se como referência os trabalhos desenvolvidos por Brandão, Freitas e Shinzato (2014), que trabalhou as limitações e adequabilidades/potencialidades frente ao uso e à ocupação da terra, Pantalena e Maia (2014) que enumerou cada ciclo econômico do Baixo Jaguaribe discorrendo sobre cada atividade e indicando os possíveis impactos ao ambiente e Cavalcante *et al.* (2022) que mapeou os ativos ambientais, a capacidade reprodutiva dos

recursos naturais, os impactos e riscos de ocupação, a unidade de intervenção e meio ecodinâmico e as diretrizes de uso dos sistemas ambientais da zona costeira do Ceará, cujos métodos de análise integrada da paisagem foram adaptados, abstraindo-se somente os aspectos relevantes a esta pesquisa, sendo-os posteriormente fundidos com a proposta de Bertrand (1969; 2007).

A unidade de paisagem adotada como referência para o estudo foi “o geocomplexo” (DINIZ *et al.*, 2022), unidade taxonômica atualizada por Bertrand (1969; 2007) a partir do “geossistemas”, pois este autor entendeu que o último termo corresponderia a um modelo, a uma abstração da realidade a ser mensurada, enquanto que o primeiro vocábulo representaria de forma mais palpável as unidades de terreno, organizadas sistematicamente por meio de uma matriz de grandezas hierarquizadas: Zona, Domínio, Região Natural, Geocomplexos, Geofácies e Geótopos.

Desse modo, considerando que o geossistemas/geocomplexo está posicionado entre a 4ª e a 5ª ordem de grandeza tempo-espacial, levando em conta ser este compreendido como uma unidade cujas dimensões podem variar de poucos quilômetros quadrados a muitas centenas de quilômetros quadrados e acrescentando que é nesta grandeza escalar onde se manifestam os mais diversificados fenômenos que interferem nos elementos da paisagem - campo fértil para o trabalho do geógrafo (BERTRAND, 2004). Assim, assegura-se com convicção que tais definições se ajustam com clareza e têm aplicabilidade à área dessa pesquisa, o que corrobora com a escolha do geocomplexo como parâmetro norteador para o estudo.

A delimitação do geocomplexo dos tabuleiros da área de estudo está ancorada na metodologia de Silva (2018), utilizando o critério geomorfológico como o principal fator de delineamento, definição e descrição dos elementos presentes na extensão territorial da pesquisa, haja vista ser o relevo mais estável e menos mutável que outros componentes naturais ao longo do tempo, possibilitando, assim, uma delimitação mais precisa da área e de seu entorno.

Utilizou-se, subsidiariamente a vegetação como segundo critério para a delimitação do geocomplexo dos tabuleiros, pois mesmo sendo a cobertura vegetal menos estável e mais mutável que o relevo (SILVA, 2018), é justamente essa singularidade sensitiva quanto às mudanças na paisagem que auxiliará na confirmação de que os aspectos fitofisionômicos, e consequentemente, os padrões de uso da terra são os vetores preponderantes dos processos erosivos acelerados na região do Baixo Jaguaribe.

Por fim, munido das mais relevantes informações da área de estudo, foram identificadas as potencialidades e limitações do geocomplexo dos tabuleiros. Para isso, foi utilizada a análise

de Brandão, Freitas e Shinzato (2014), que permite interpretar as influências do meio físico (geologia e relevo) sobre as limitações, as adequabilidades e as potencialidades da grande diversidade de terrenos geológicos e paisagens naturais do território cearense, no que diz respeito aos seguintes aspectos: obras de engenharia, agricultura, recursos hídricos subterrâneos e suas vulnerabilidades a fontes poluidoras, recursos minerais, aspectos ambientais diversos e potencial turístico/geoturístico.

Buscou-se apoio também na proposta metodológica de Pantalena e Maia (2014), que através de uma tabela cronológica de ciclos econômicos e possíveis impactos ambientais no Baixo Jaguaribe elencou os ciclos econômicos praticados ao longo, as atividades desenvolvidas em cada ciclo e os impactos causados ao ambiente.

Apropriou-se ainda na sistematização metodológica de Cavalcante et al. (2022), que estabeleceu um modelo de uso sustentável para os tabuleiros baseado nos ativos ambientais existentes, na capacidade produtiva dos recursos naturais (contemplando as potencialidades e limitações), nos impactos e riscos de ocupação, na unidade de intervenção e no meio ecodinâmico e nas diretrizes de uso (contemplando as proibições e não recomendações de uso e as permissões e usos mediante controle).

5 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Aspectos climáticos

A compreensão das nuances climáticas de uma dada porção da superfície terrestre é fundamental para o entendimento da gênese, manutenção e evolução dos componentes que integram os sistemas ambientais desse espaço. Assim, a partir das diferentes variações climatológicas aliadas a outras condicionantes do Sistema Terra é que são determinados os tipos de intemperismo e o fraturamento dos corpos sólidos, a tipologia pedológica formada a partir da desagregação das rochas, as geoformas existentes, os processos erosivos e de deposição dominantes e a cobertura vegetal característica da área (NIMER, 1989; NOBRE, 2018; QUEIROZ, 2021).

O Nordeste Brasileiro (NEB), região que apresenta vasta extensão de terras, aglutina em seu território um mosaico de paisagens. Estas englobam áreas que vão desde amplas planícies e vales rebaixados com cotas altimétricas que não ultrapassam os 500 m de altitude até superfícies que podem alcançar cotas próximas de 1.200 m. Diferentes sistemas de circulação atmosférica agem sobre a região corroborando para que a climatologia desse espaço seja considerada uma das mais complexas do mundo, ocorrendo certas singularidades que vão de grandes diferenciações térmicas a uma miscelânea climática que repercute diretamente nos níveis de pluviometria da região (NIMER, 1989; QUEIROZ, 2021).

De maneira geral, o clima de uma região é determinado em função do sistema de circulação geral da atmosfera. Este, por sua vez, decorre de fatores como a incidência desigual de radiação solar em diferentes pontos da terra, a assimetria na distribuição dos oceanos e continentes pelo planeta e das características topográficas das terras emersas do globo (FEREIRA; MELLO, 2005; OLIVA, 2019; QUEIROZ, 2021).

Nesse sentido, julga-se ser importante conhecer os sistemas atmosféricos que determinaram as oscilações climáticas quaternárias e que estabelecem atualmente as condições climáticas do NEB e do Ceará, nele inserido. Essas características climáticas alinhadas a outros fatores como as variações do NRM, o condicionamento estrutural da drenagem e a neotectônica regional corroboraram no processo de gênese e evolução das formas de relevo sedimentar na área de estudo (BEZERRA; BARRETO; SUGUIO, 2003; SUGUIO, 2010;

SOUZA; PEREZ FILHO, 2019; SOUZA *et al.*, 2020; PEREZ FILHO *et al.*, 2021; LÄMMLE *et al.*, 2022).

Assim, para a compreensão do clima do NEB, em especial da porção NE do estado do Ceará onde o Baixo Jaguaribe se encontra inserido, elaborou-se um quadro-síntese (Quadro 04), de acordo com as proposições de Ferreira e Mello (2005) e Oliva (2019), contendo os sistemas atmosféricos atuantes e as principais características e influências que eles acarretam às áreas onde atuam, fatos que resultam na grande variabilidade climatológica já mencionada.

Quadro 04 – Sistemas atmosféricos atuantes no NEB

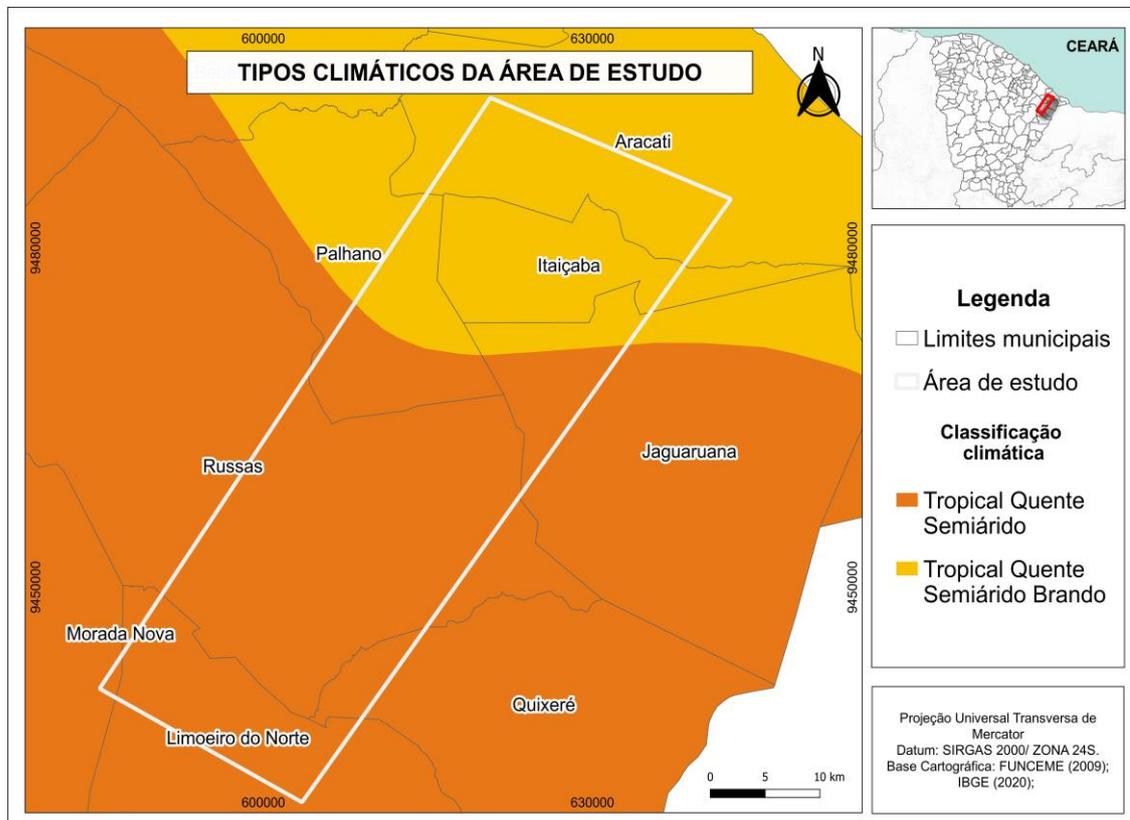
Sistemas atmosféricos atuantes no NEB	Características
Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	Setor de confluência de ventos alísios provenientes dos hemisférios norte e sul. Forma-se em condições de baixos níveis, baixa pressão, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação. Este é o fator mais importante na determinação de chuvas da porção norte do NEB.
Frentes Frias	Formam-se na região a partir do encontro (choque) entre uma massa de ar frio com uma massa de ar quente, ocorrendo entre os meses de novembro a janeiro.
Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)	Conjunto de nuvens que giram em forma de círculo no sentido horário, sendo próprio do oceano Atlântico. Ocorrem com maior frequência nos meses de janeiro e fevereiro.
Linhas de Instabilidade (LI)	Nuvens causadoras de chuva, do tipo cumulus, cuja atuação se organiza em forma de linhas, daí a denominação. Ocorrem nos meses de fevereiro e março pela proximidade com a ZCIT.
Complexos Convectivos em Mesoescala	Formados devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc. Provocam chuvas fortes, de curta duração, acompanhadas de fortes rajadas de vento, ocorrendo, geralmente, de maneira isolada.
Ondas de Leste	Ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, provocando chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte. Excepcionalmente, quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis, provocam chuvas no estado do Ceará (parte centro-norte) nos meses de junho, julho e agosto.
Brisas Marítimas e Brisas Terrestres	Sistema de menor envergadura, resultando do aquecimento e do resfriamento diferencial que se estabelece entre a terra e a água. No NEB, as brisas apenas contribuem para mudar um pouco a direção e a velocidade dos ventos alísios. São importantes também para suavizar a sensação térmica, principalmente no semiárido.

Fonte: Adaptado Ferreira e Mello (2005) e Queiroz (2021).

Inserido nesse contexto, o estado do Ceará também apresenta uma variabilidade climatológica. Embora os índices pluviométricos mais elevados ocorram nas faixas litorâneas e em áreas pontuais mais elevadas no interior do estado em virtude do fator orográfico (planaltos sedimentares e enclaves residuais úmidos), a maior parte do estado apresenta um quadro de baixas precipitações (normalmente inferiores a 800 mm/ano), altas temperaturas durante todo o ano (geralmente acima de 26°) e elevados índices de evapotranspiração (em torno de 1.719 mm/ano), contribuindo para que o estado tenha uma situação de déficit hídrico na maior parte do ano (MONTEIRO; ZANELLA, 2019; MONTEIRO, 2022).

Em relação à região em que a área de estudo está inserida (Baixo Jaguaribe), evidencia-se que os principais sistemas atmosféricos atuantes são a ZCIT, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis e os Complexos Convectivos em Mesoescala, resultando em dois tipos climáticos dominantes, o Clima Tropical Quente Semiárido, cuja influência ocorre em área mais interioranas e o Clima Tropical Quente Semiárido Brando, tendente a apresentar maior volume de chuvas por atuar mais próximo ao litoral conforme (FEREIRA; MELLO, 2005; OLIVA, 2019).

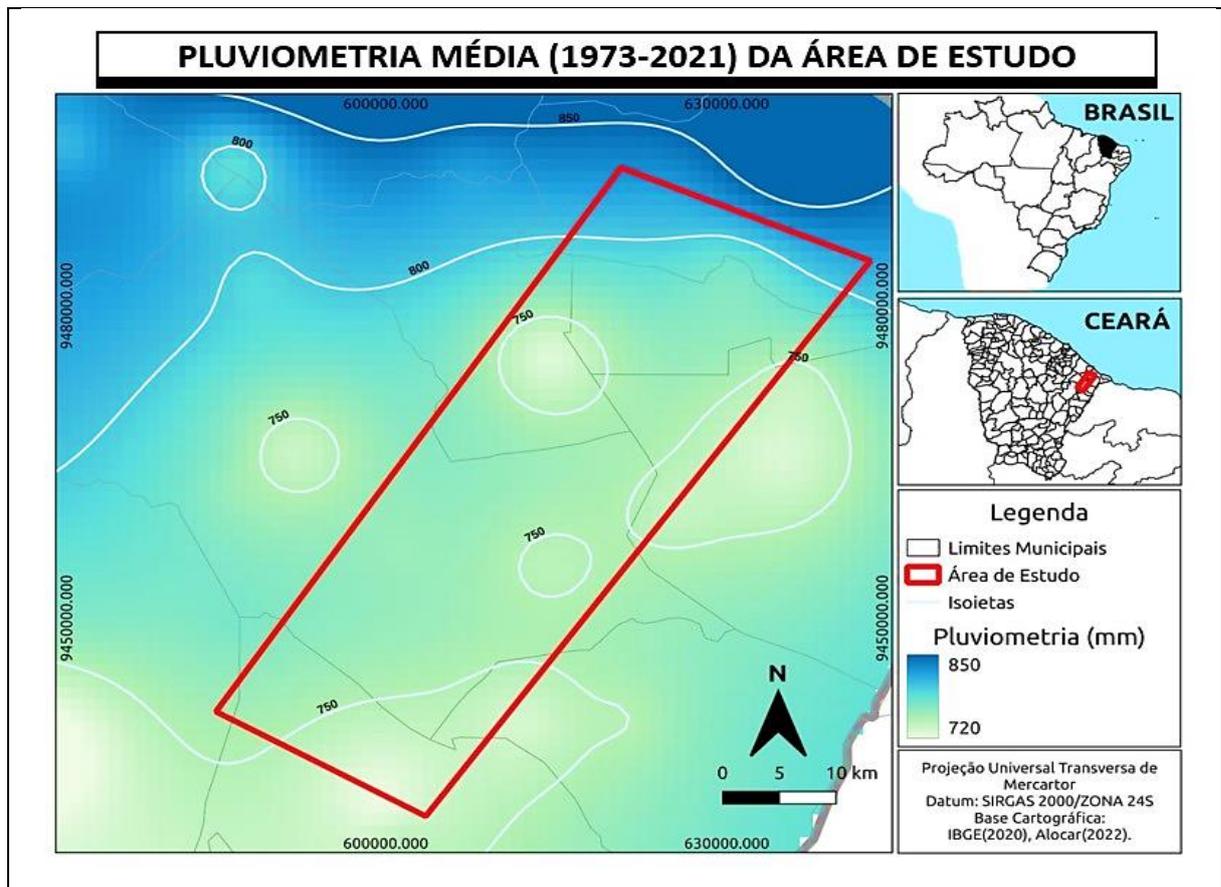
Figura 05 – Tipos climáticos existentes na área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará



Fonte: Queiroz (2021).

Encontrando-se totalmente imersa na região semiárida, que de maneira geral, se destaca pelas elevadas temperaturas (25° a 30° C) e por índices pluviométricos baixos que variam entre 500 e 800 mm/ano (NASCIMENTO *et al.*, 2022), o setor de pesquisa apresenta sensíveis variações quanto ao padrão médio destacado acima, com temperaturas médias entre 26° a 28° C e valores médios anuais de precipitação entre 720 mm e 850 mm como se visualiza na Figura 06.

Figura 06 – Pluviometria média da área de estudo



Fonte: Estácio (2022).

Destaca-se a existência de duas estações do ano bem definidas, uma estação chuvosa irregular e curta, entre os meses de janeiro a abril e outra estação prolongada seca, em geral de maio a dezembro (NASCIMENTO *et al.*, 2022). Em virtude desse quadro de irregularidade de chuvas, o regime pluviométrico controla o fluxo hídrico dos rios a exemplo do Jaguaribe, ao longo dos primeiros meses do ano. Isto se deve aos sistemas atmosféricos causadores ou inibidores de chuvas que atuam no NEB, em consonância com os estudos de Ferreira e Mello (2005). Oliva (2019), Monteiro e Zanella (2019) e Monteiro (2022) aqui já retratados.

Assim, analisando-se a distribuição das precipitações ocorridas entre os anos de 1973 a 2021 na área de estudo (Gráfico 01), constata-se a existência de uma pluviometria irregular (típica de regiões semiáridas), cujas variações se dão tanto intranuais quanto interanuais.

Intranualmente, as discrepâncias se dão entre setores localizados mais próximos ao litoral e porções mais encravadas no continente. As áreas litorâneas sofrem influência direta do Clima Tropical Quente Semiárido Brando, tendendo a apresentar maior volume de chuvas do que as porções mais interioranas, com destaque para o município de Aracati que se sobressai dos demais apresentando as maiores concentrações pluviométricas para cada ano da série histórica.

Já as variações interanuais, podem ser explicadas a partir de características inerentes os ambientes semiáridos. Nestes, há alternância cíclica de anos chuvosos com anos de escassez de chuvas, que corrobora para existência de médias anuais de pluviometria geralmente abaixo de 800 mm. No que se refere a área de estudo, as médias anuais de precipitação pluviométrica ficam em torno de 740,29mm, índice característico dos ambientes semiáridos.

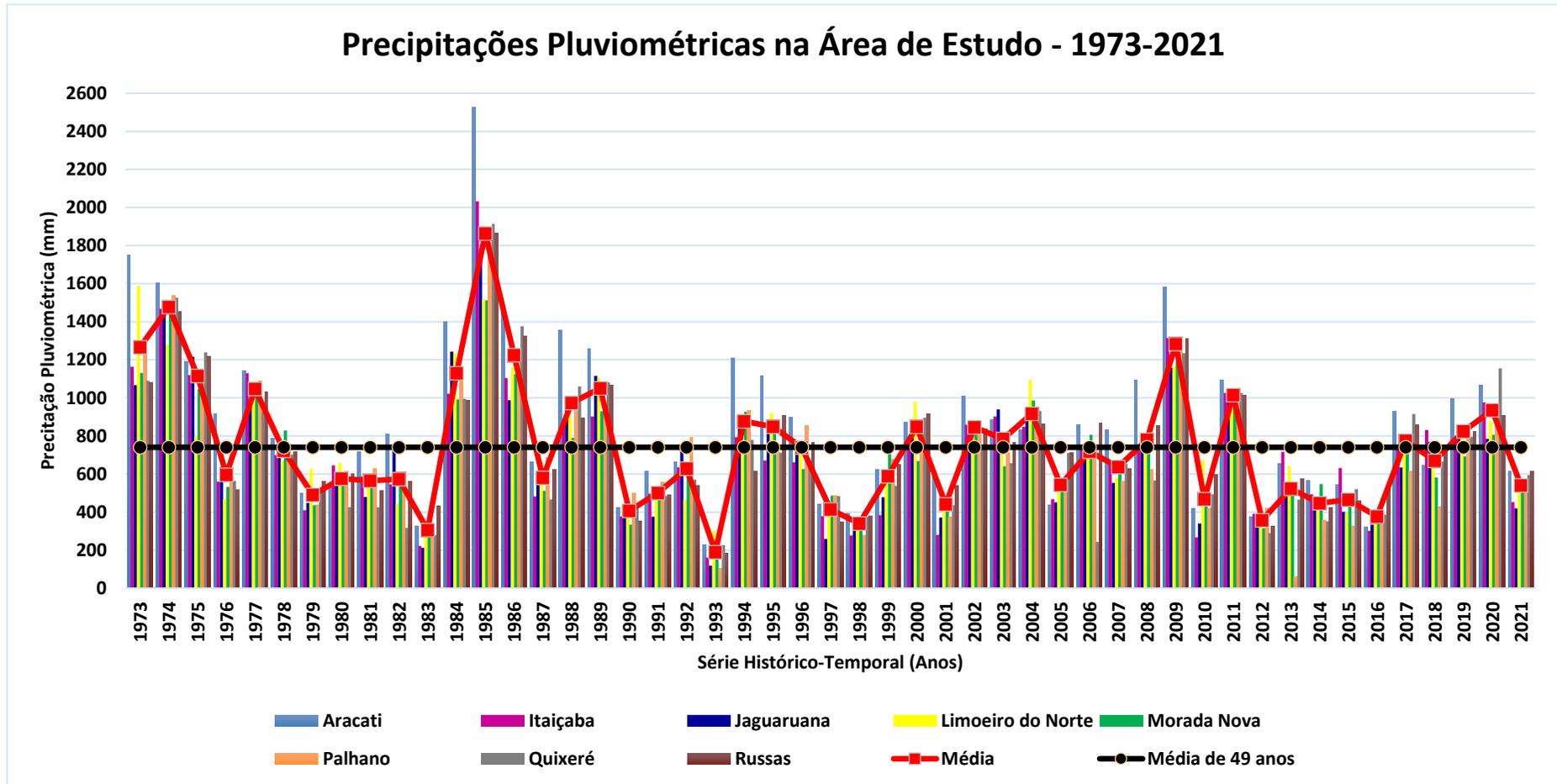
A partir de dados obtidos das estações pluviométricas (Portal HIDROWEB/ANA) e de um conjunto de planilhas eletrônicas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME foi construída uma série histórica de precipitação da área de estudo (1973 a 2021). A análise dos dados revelou que os anos mais chuvosos (anos de exceção), portanto acima de 740,29 mm (média da série) apresentaram índices de pluviometria superiores a 1.000 mm, como em 1973 (1.265,4 mm), 1974 (1.478,3 mm), 1975 (1.114,9 mm), 1977 (1.046,7 mm), 1984 (1.129,5 mm), 1985 (1.863,6 mm), 1986 (1.225,1 mm), 1989 (1.49,8 mm), 2009 (1.282,5 mm) e 2011 (1.014,5 mm), conforme se visualiza no (Gráfico 01).

Por outro lado, considerando a mesma série histórica (Figura 07 – Gráfico 01), verificou-se que os anos de maior escassez (anos também de exceção) apresentaram índices de pluviometria inferiores a 500 mm, portanto abaixo de 740,29 mm (média da série), como em 1979 (490 mm), 1983 (306,5 mm), 1990 (406,5 mm), 1993 (189,5 mm), 1998 (340,4 mm), 2001 (440,9 mm), 2010 (467,1 mm), 2012 (356,3 mm), 2014 (446 mm), 2015 (464,7 mm) e 2016 (377,2 mm).

A avaliação dos dados acima confirma o quão variável são as características pluviométricas locais, cuja oscilação de um extremo a outro (escassez ou excesso de chuvas) pode ocorrer de um ano para outro ou permanecer numa sequência relativamente duradoura, seja de seca ou de abundância dos recursos hídricos. Desse modo, é provável que a ocorrência de eventos com totais de extremos de chuvas da magnitude daqueles registrados nos anos de

1984, 1985, 1986, 2004, 2009 e 2011 possam intensificar ainda mais os processos erosivos nos interflúvios tabulares da área de estudo, haja vista o progressivo quadro de degradação a que estes sistemas ambientais se encontram atualmente.

Figura 07 – Gráfico 01: Precipitações na Área de Estudo. Variação anual e média no período de 1973 a 2021



Fonte: Organizado pelo autor, a partir de FUNCEME (2023).

5.2 Unidades litoestratigráficas e geomorfológicas

O conhecimento dos aspectos geológicos de uma área por meio da identificação de suas particularidades morfoestruturais e morfotectônicas é fundamental para o planejamento e o desenvolvimento das atividades humanas, a exemplo da execução de obras de engenharia, do uso e ocupação do solo urbano e rural, na condução de pesquisas e exploração de recursos minerais, bem como na avaliação e mitigação de impactos ambientais sobre as paisagens, advindos da relação homem-natureza (GOMES NETO, 2007; QUEIROZ, 2021).

Outro ponto de vista a ser considerado é que a geologia estabelece significativas conexões com os demais sistemas ambientais existentes. Desse modo, o relevo, a hidrografia e a pedologia estão interligados por características tectônicas, morfoesculturais, hidrológicas e climáticas similares, cujo liame entre eles é designado a partir da litologia (FARIAS, 2012; QUEIROZ, 2021).

Nesse sentido, torna-se imprescindível compreender a litologia de um lugar, pois além de ampliar o conhecimento dos recursos minerais, dos riscos geológicos e das paisagens naturais existentes, essa compreensão permite também que sejam identificadas de maneira mais clara, objetiva e segura as potencialidades e limitações de uso dos recursos naturais, assim como os impactos provenientes de seu manejo inapropriado. Tal manuseio, ao longo do tempo, tem promovido de maneira geral, alterações significativas nas paisagens semiáridas conforme se observa na área do geocomplexo dos interflúvios tabulares no Baixo Jaguaribe (OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2019; QUEIROZ, 2021; DINIZ *et al.*, 2022).

Além disso, a partir da compreensão da base litológica da área de estudo, pode-se entender o comportamento da modelagem do relevo, haja vista que a formação das Unidades Geomorfológicas se encontra fortemente interligada às condições litológicas, principalmente no que se refere ao grau de fraturamento, resistência, sistema hidrogeológico, porosidade e sistemas deposicionais (QUEIROZ, 2021).

Associado a isso, é importante também considerar os fatores exógenos que a todo momento agem sobre o modelado relevo, e, que nele, imprimem novas características morfoesculturais cujo resultado se reflete na existência de um cenário multifacetado de feições na paisagem semiárida (CLAUDINO-SALES, 2021; QUEIROZ, 2021).

Os estudos geomorfológicos, sejam eles em escalas de detalhe ou regionais, constituem-se numa importante contribuição que a Geografia Física pode trazer à sociedade, uma vez que o relevo é uma síntese resultante da relação entre o arcabouço litoestrutural, eventos tectônicos, e ações climáticas. Assim, o conhecimento satisfatório de tais análises é imprescindível para os

estudos integrados, sejam no âmbito acadêmico ou técnico (DINIZ *et al.*, 2017; QUEIROZ, 2021).

Assim, esse tópico traz a caracterização das Unidades Litoestratigráficas e Geomorfológicas da área de estudo, baseada em Gomes Neto (2007) e Cavalcanti e Cavalcante (2014).

5.2.1 Caracterização das Unidades Litoestratigráficas

A geologia repercute de maneira marcante na forma exterior, na disposição e na configuração das características singulares de cada paisagem. Desse modo, ela desempenha importante papel na reativação de falhas e dobras (presença ou ausência de fraturas), na geração de estruturas deformacionais, orientação de processos erosivos, controle estrutural da drenagem, no arranjo distributivo das rochas, nos planos de estratificação, suscetibilidades às modificações químicas, como também na determinação do grau de permeabilidade dos corpos sólidos (MAIA; BEZERRA; CLAUDINO-SALES, 2010; SOUSA, 2012; MAIA; BEZERRA, 2014; QUEIROZ, 2021).

Tratando-se da evolução geológica do Nordeste brasileiro, as rochas que compõem o embasamento cristalino despontam majoritariamente como a unidade litoestratigráfica mais representativa do Nordeste Oriental, se estendendo do sul da Bahia ao Ceará (MEDEIROS, 2016; QUEIROZ, 2021). Essa magnitude de rochas cristalinas também é observada na estrutura geológica do Ceará.

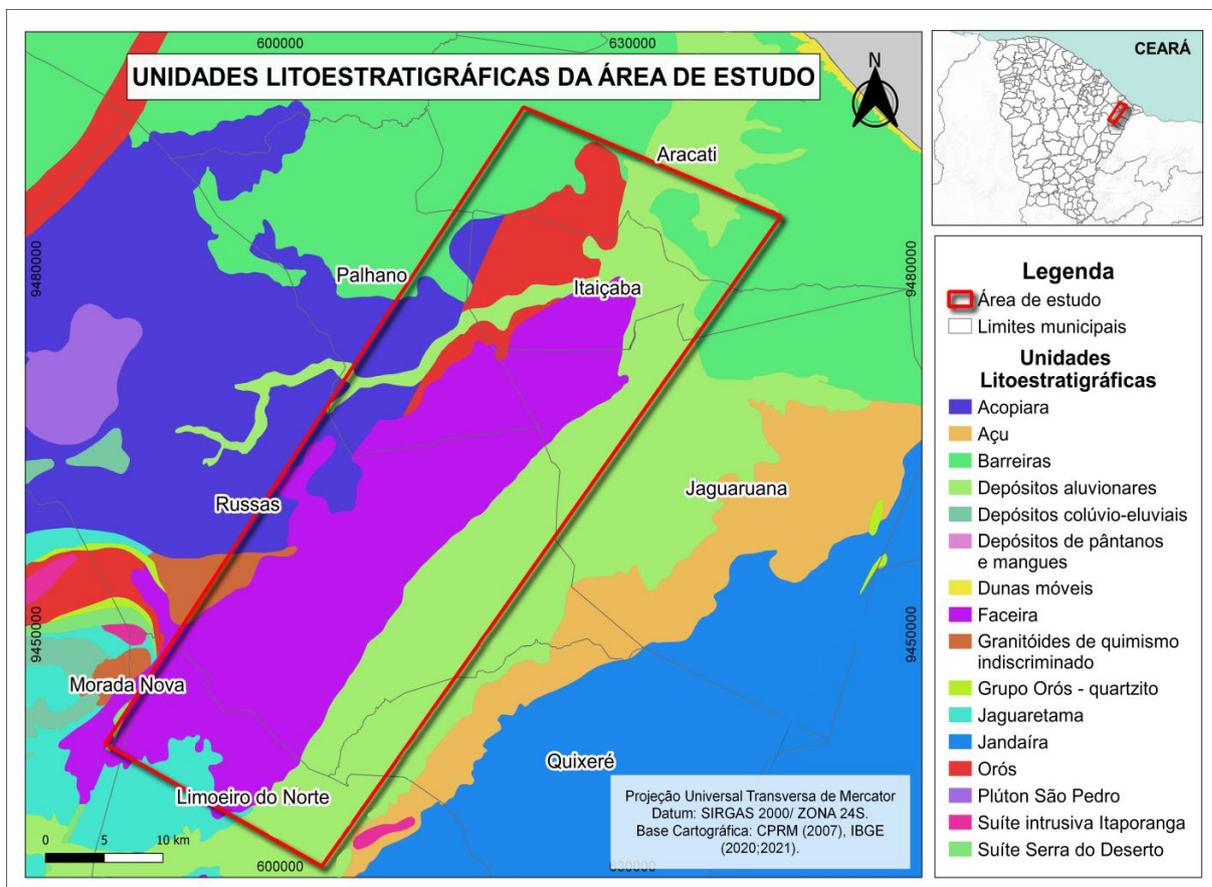
Do ponto de vista tectônico, a maior parte do território cearense se encontra inserido na porção setentrional da Província Borborema, cuja origem remonta a um passado geológico distante, com indícios de ter integrado o supercontinente Gondwana formado a partir da aglutinação de massas continentais (África, América do Sul, Austrália, Índia e Antártica), envolvendo múltiplas e sucessivas colisões, que se iniciaram em 750 milhões de anos e perduraram até 530 milhões de anos. Nesse contexto, o Ceará apresenta registros de rochas de diversos episódios da história geológica da terra que vão da Era Hadeana a Era Cenozoica, destacando-se dois marcos geológicos principais: a) o Pré-cambriano, que marca o início da formação da terra com o resfriamento do magma em 4,6 bilhões de anos, finalizando este ciclo em 542 milhões de anos, no final do Proterozoico; b) o Fanerozóico, que se inicia no Cambriano em 542 milhões de anos até os dias atuais (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014).

Pela dominância de material de origem Pré-cambriana, pode-se constatar que a maioria das rochas do Ceará teve sua gênese concentrada em éons ou eras geológica bastante antigas,

fato que corrobora para que se achem rochas pré-cambrianas em mais de 75% do território cearense (GONÇALVES *et al.*, 2007). Igualmente, a área que abrange os interflúvios tabulares no Baixo Jaguaribe comporta diversificadas litologias, que vão desde rochas antigas pré-cambrianas até rochas sedimentares recentes, essas últimas, apresentando-se sobrepostas as primeiras e expostas as mais diferentes ações dos agentes externos naturais e antrópicos.

Assim, a partir da compreensão sistêmica pela qual se depreende que os sistemas ambientais estabelecem conexões entre si, interferindo uns nos outros, preferiu-se elencar o panorama geológico completo para o Baixo Jaguaribe, destacou-se no mapa um polígono referente a litologia dos interflúvios tabulares (área de estudo). Abaixo, marcou-se em negrito as litologias comuns ao Baixo Jaguaribe e a área de estudo. Portanto, apresentam-se em maior proporção as unidades **Barreiras**, **Depósitos Aluvionares**, **Faceira**, **Orós**, **Acopiara**, **Açu**, **Jandaíra** e **Jaguaretama** e em menor proporção as Dunas Móveis, Depósitos de Pântanos e Mangues, Grupo Orós Quartzito, Plúton São Pedro, **Granitoides Indiscriminados**, Depósitos Colúvio-Eluviais, Suíte Intrusiva Itaporanga e **Suíte Serra do Deserto** conforme Figura 08.

Figura 08 – Mapa das unidades litoestratigráficas



Fonte: Queiroz, 2022.

Em estudo recente Cavalcanti e Cavalcante (2014) realizaram uma investigação pormenorizada acerca da evolução geológica do Ceará. Para tanto, utilizando um mapeamento em média escala visando cobrir integralmente o território cearense, os autores dividiram geologicamente o estado do Ceará em 07 (sete) domínios geológicos:

- I) **Província Costeira;**
- II) **Depósitos Cenozoicos;**
- III) **Domínio Rio Grande do Norte;**
- IV) Província Parnaíba;
- V) Domínio Médio Coreaú;
- VI) Domínio Ceará Central;
- VII) Subprovíncia Transversal.

Quanto ao Baixo Jaguaribe e a área dos interflúvios tabulares especificamente, interessa conhecer de forma mais detalhada as características inerentes aos 03 (três) domínios destacados em negrito, haja vista que a porção NE cearense está assentada sobre eles. Cada domínio é composto por frações menores (Unidades Litoestratigráficas) mapeadas em escala maior visualizadas na Figura 08 que serão caracterizadas a seguir.

Para uma melhor interpretação das Unidades Litoestratigráficas, apoiou-se na proposta de Medeiros (2016), dividindo-as didaticamente conforme a natureza do material constituinte em 03 (três) classes: Unidades de Embasamento Cristalino, Unidades Sedimentares e Unidades Sedimentares Aluvionares.

5.2.1.1 Unidades Litoestratigráficas de Embasamento Cristalino (**Orós, Acopiara, Jaguaritama, Granitoides Indiscriminados e Suíte Serra do Deserto**)

Integrando o Domínio Rio Grande do Norte, no estado do Ceará, o Sistema Orós-Jaguaribe se apresenta como uma acanhada faixa sigmoidal com cerca de 500 km de extensão formadas a partir de duas sequências metavulcanossedimentares paralelas (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014).

Estruturas sigmoidais podem ser definidas como sistemas de estratificação cruzadas constituídos por meio de uma sucessão de sigmoides, depósitos que tangenciam tanto na base quanto no topo tendo a sua maior largura na parte mediana. Caracterizam-se, ainda, por possuir espessura variável, dispostos de frente um do outro em contato direto, mas sem atividade

erosiva (NOWATZKI, 2019). Visualiza-se, pois, a presença dessas estruturas no setor NO do polígono da área de estudo na região de Itaiçaba em consulta a Figura 08.

De maneira geral, as rochas metassedimentares da Faixa Orós-Jaguaribe são constituídas por xistos aluminosos com quartzitos contendo lentes de mármore (calcíticos, dolomíticos e magnesianos), rochas cálcio-silicáticas e xistos carbonáceos. Já a constituição das rochas metavulcânicas envolve a associação de minerais, principalmente metarriolitos, metadacitos e, localmente, metatufos félsicos de natureza alcalina a subalcalina de ambiente continental com idades que variam entre 1,8 e 1,75 bilhão de anos. É recorrente no Sistema Orós-Jaguaribe ortognaisses de composição granítica (metaplutônicas) recortando a sequência vulcanossedimentar. Na Faixa Jaguaribe, há dominância de associação de rochas vulcano-plutônica sobre as metassedimentares, estas últimas constituídas por quartzitos e xistos e as metavulcânicas por lavas e piroclásticos ácidos, recortadas por rochas metaplutônicas antigas (SÁ *et al.*, 1995; PARENTE; ARTHAUD, 1995; CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014).

Notabiliza-se, ainda, a presença de relevos residuais dispostos em vastos alinhamentos de morrotes ou morros de centenas de quilômetros de extensão, controlados por rochas mais resistentes de antigas faixas miloníticas, com destaque para os quartzitos do Grupo Orós, cujas feições se exibem em “uma espetacular sequência de morrotes alinhados de direção N-S que ocorrem entre Orós e Banabuiú e depois inflete para NE até ser inumada pelos sedimentos do Grupo Barreiras, já próximo ao litoral”, visualizado no contato das Unidades Orós-Barreiras a NO do polígono da área de estudo na região de Aracati (DANTAS *et al.*, 2014, p. 47).

No que se refere à Unidade Litoestratigráfica Complexo Acopiara, esta possui idade criogeniana. Trata-se de uma sequência de rochas metassedimentares paleoproterozoicas com contribuições restritas de rochas vulcânicas básicas, depositadas em ambiente de rifte continental, particularmente metamorfizadas em fácies anfíbolito, com idade máxima de sedimentação estimada em torno de 840 milhões de anos (PALHETA, 2014; CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014). No Baixo Jaguaribe e no polígono da área de estudo, ela aparece no setor oeste englobando parte do território de Russas, Palhano e uma menor fração de Itaiçaba.

Esta unidade abrange um amplo conjunto de serras baixas, cuja altitude atinge entre 600 e 800 metros e planaltos isolados. Estes terrenos de relevo dinâmico exibem um vigoroso condicionamento litoestrutural, devido à ocorrência de zona de cisalhamento de direção preferencial SW-NE e sobressaem-se de um lado a outro da paisagem aplainada ou colinosa da Depressão Sertaneja por elevações entre 100 e 300 metros acima do nível de base regional (DANTAS *et al.*, 2014).

Na região imediatamente abaixo aparecem outros materiais de natureza cristalina conforme observaram Dantas *et al.* (2014, p. 57), ao descreverem que “mais ao sul afloram quartzitos, paragnaisses, xistos e migmatitos do Complexo Acopiara, cortados por granitos, granodioritos e dioritos neoproterozoicos da suíte intrusiva Itaporanga”.

Na região de Banabuiú também afloram rochas antigas do complexo gnáissico-migmatítico de Acopiara, descritas como uma sequência paraderivada de idade imprecisa (paleoproterozoica a neoproterozoica), associadas frequentemente a evidências de fusão parcial. Entretanto, em trabalhos de campo Martins *et al.* (2014, p. 143) identificaram novas formações na região central do Ceará, o que evidencia a complexidade geológica do território cearense: “para além das formações paraderivadas do Complexo Acopiara, também ocorrem na região faixas alongadas de ortognaisses migmatíticos, definindo dobras de escala quilométrica com plano axial subvertical e direção variando de N-S a NNE-SSW”, concluindo que tanto a sequência paraderivada como os materiais ortoderivados foram afetados por metamorfismos durante a Orogenia Brasileira atingindo condições de fusão parcial que geraram migmatitos com amplo espectro de morfologias, fato que explica, dentre outros fatores, o mosaico geológico das terras cearenses e o elevado condicionamento da drenagem.

Caracterizado pelo predomínio de rochas metaplutônicas com intercalações de rochas supracrustais, o Complexo Jaguaretama, data do Paleoproterozoico, e está inserido no Subdomínio Jaguaribeano, despontando principalmente no extremo sul e SO da área de estudo. Assim, apresenta um intemperismo físico e químico de baixa a alta atividade e sistema hidrogeológico fissural (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014; QUEIROZ, 2021).

O Complexo Jaguaretama é composto por ortognaisses graníticos a granodioríticos cinzentos e gnaisses bandados, ocasionalmente migmatizados. Sua composição também contempla a presença de lentes/camadas de mármore, rochas calciossilicáticas, quartzitos e anfibolitos/gnaisses anfibolíticos, com idade riaciana, em torno de 2,1 bilhões de anos (PARENTE; ARTHAUD, 1995; CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014).

Os pesquisadores Xavier e Xavier (2020) em trabalho de campo que visava mapear áreas com ocorrência de caulim em Itaiçaba encontraram pequenas manchas compatíveis com litotipos do complexo Jaguaretama nos arredores da zona urbana do município de Palhano. Uma das manchas corresponde a uma elevação utilizada por populares em seus rituais religiosos.

Segundo os autores a mancha pontual teve sua constituição pautada por minerais multivariados, mas há prevalência de ortognaisse bandado, exibindo feições de migmatitos, de coloração cinza escuro, com neossomas e paleossomas bem definidos, equivalente ao terreno

gnáissico-migmatítico do Complexo Jaguaretama, que constitui o embasamento local (XAVIER; XAVIER, 2020).

Tais manchas não são visualizadas na Figura 08 em virtude da escala empregada em nosso mapeamento. Outro aspecto a ser considerado é que na região de Palhano predominam rochas cristalinas do Complexo Acopiara em maior proporção e do Grupo Orós em ínfima dimensão. Assim, a coexistência de pequenos enclaves de rochas pertencentes ao Complexo Jaguaretama (pontos de exceção) reforça o quadro geológico heterogêneo do Ceará, do Baixo Jaguaribe e da área de estudo.

Ademais, a presença marcante das 03 (três) Unidades Litoestratigráficas de Embasamento Cristalino aqui mencionadas, corrobora ainda para estabelecer um vigoroso padrão de controle estrutural sobre a drenagem, definida por trends de lineamentos de direção/orientação preferencial NE-SW e NW-SE (MAIA; BEZERRA, 2014; LIMA; CUNHA; PEREZ-FILHO, 2016).

As duas últimas Unidades Cristalinas têm pouca representatividade em termos de extensão territorial na área de estudo, entretanto, necessitam ser mencionadas e caracterizadas, haja vista que o desenvolvimento de estudos de natureza sistêmica deve contemplar todos os componentes existentes e perceptíveis na paisagem.

A Suíte Intrusiva Serra do Deserto, também pertencente ao Subdomínio Jaguaribeano, é a que tem menor expressão dentre todas as Unidades Litoestratigráficas Cristalinas presentes na área de estudo. Ela aparece no extremo SO do polígono da Figura 08 como uma pequena mancha (zona de exceção) na paisagem, quase imperceptível envolta por sedimentos da Formação Faceira.

Conforme a CPRM (2008) esta unidade data do Paleoproterozoico, sendo formada por anfibólio-biotita augengnaisses, cujas propriedades constitutivas variam de aspectos graníticos a granodioríticos, em que elementos porfiroclastos de feldspato atingem 4 cm de comprimento. Com expressão reduzida, também são observadas perfilações estruturais com textura granoblástica média a grossa (incluindo metassienitos).

Em recente estudo prospectando água subterrânea em terrenos cristalinos, Garces (2019) chamou a atenção para a natureza alcalina das rochas que compõem a Suíte Serra do Deserto. Estudos pretéritos já tinham considerado que esta suíte apresentava características com tendência alcalina, e por ela ser caracterizada como de ambiente intraplaca (anorogênico), acabaram por correlacioná-la com o vulcanismo félsico da Formação Campo Alegre do Grupo Orós (SÁ *et al.* 1995; CAVALCANTE, 1999).

Os enclaves granitoides ou “*inselbergs*” do Nordeste brasileiro e de modo particular aqueles existentes na área de estudo, tiveram durante muito tempo suas explicações associadas a uma origem erosiva e residual sob a luz das teorias geomorfológicas clássicas. No entanto, a partir da concepção de duplo aplainamento, verificou-se que os *inselbergs*, inclusive os da Província Borborema, localizam-se em áreas menos fraturadas ou mineralogicamente mais resistentes do embasamento, o que invalidaria, a princípio, a utilização dos modelos cíclicos de evolução do relevo para estudos pontuais em escala de detalhe (CORRÊA *et al.*, 2010; MAIA *et al.*, 2018).

Corroborando com a discussão Maia *et al.* (2015, p. 244) afirmam que “a maior ocorrência de *inselbergs* no Nordeste brasileiro, está relacionada aos núcleos granitoides com as menores densidades de fraturas, o que possibilitou sua manutenção como afloramento”. Este fato aliado à ação dos paleoclimas da região contribuiu extraordinariamente para desencadear a erosão diferencial, cujo resultado se materializa na exumação de tais formas.

De maneira geral, percebe-se que o embasamento cristalino da área de estudo é pouco perceptível na superfície, uma vez que sua exposição se torna prejudicada em virtude do domínio de rochas sedimentares a ele sobrepostas ao longo do tempo. Como já mencionado, o embasamento é composto por rochas migmatíticas, metassedimentos, rochas gnáissicas, quartzíticas, micaxistos, com elevado grau de metamorfismo variando de fácies anfíbolito a granulito e por núcleos granitoides, sendo estes últimos, por vezes, de características constitutivas indeterminadas (DNPM, 2013; SILVA, 2017).

No que se refere aos granitoides indiscriminados, são assim caracterizados por apresentarem composição petrográfica diversa, bem como por não permitirem que o conjunto de combinações ou de composição química de seus elementos constituintes seja identificado com clareza e precisão – “quimismo não determinado” (ANGELIM *et al.*, 2006). Eles afloram de forma pontual no lado direito da Formação Faceira, no extremo SE do polígono (pertencente a Suíte Intrusiva Itaporanga) e com maior expressividade no lado esquerdo dessa mesma formação a SO do polígono conforme Figura 08, sendo este granitoide de caracterização indiscriminada.

Margeando a Formação Faceira pela faixa direita (extremo SE) são encontrados dois importantes núcleos granitoides que se diferenciam na vasta paisagem plana de sedimentos aluviais, constituindo-se como verdadeiras zonas de exceção. Um deles está situado na Ilhota dos Morros (denominação local) no Município de Limoeiro do Norte/CE, distante 6,4 km da sede municipal e a 7,1 km da borda oeste da Chapada do Apodi (Bacia Potiguar) cuja principal

característica é dividir o canal do rio Jaguaribe em dois, formando uma pequena ilha em que os núcleos granitoides se estabeleceram no centro da ilha conforme se visualiza na Figura 09.

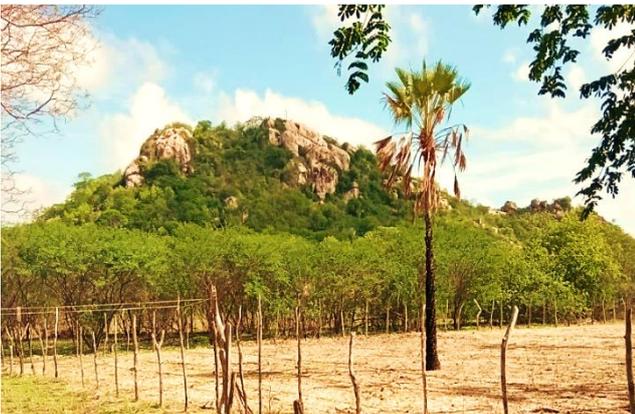
Figura 09 – Granitoides presentes na planície do rio Jaguaribe



Fonte: Acervo do autor, 2021

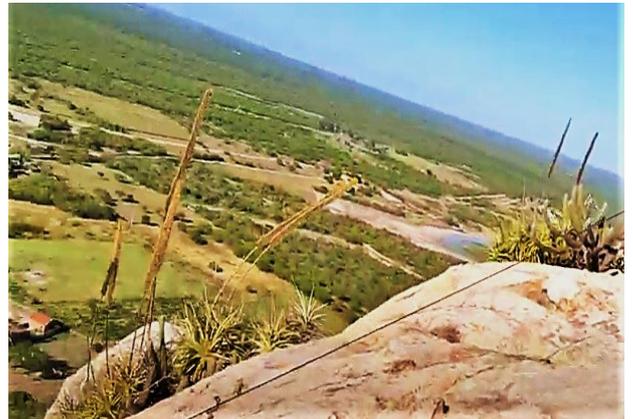
Por sua vez a SO da Formação Faceira são encontrados pronunciados afloramentos de núcleos granitoides de variadas extensões e altitudes, a exemplo dos Lajedos de Tanquinhos e Bixopá (Limoeiro do Norte/CE), Pedras (Morada Nova/CE) e o Serrote da Tapera (Russas/CE) – este último maior e mais imponente em extensão e altitude (superior a 100 m) de onde do topo é possível observar a grande depressão sertaneja conforme se verifica nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Granitoide a SO dos interflúvios tabulares do Baixo Jaguaribe – Serrote da Tapera – Russas/CE



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 11 – Visão panorâmica de cima do Serrote da Tapera no período chuvoso



Fonte: Acervo do autor, 2022.

5.2.1.2 Unidades Litoestratigráficas Sedimentares (**Formações Barreiras e Faceira**)

A era cenozoica, estágio mais recente da história evolutiva do planeta terra, compreende os períodos Paleogêneo (65 Ma – 23 Ma), Neogêneo (23 Ma – 2,5 Ma) e o Quaternário (2,5 Ma até os tempos atuais). O Cenozoico, no Ceará, é notadamente marcado pela presença de importantes eventos geológicos cujo desfecho resultou paulatinamente no vulcanismo alcalino Messeniano, na deposição dos sedimentos da Província Costeira (Formações Barreiras e Faceira) e dos depósitos interiores aluvionares (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014; ISC, 2022). Os sedimentos cenozoicos resultaram de longos processos de deposição fluvial e marinha. Eles capeiam discordantemente diferentes litologias e constituem, por vezes, áreas de grandes dimensões vistas na Figura 08, como a Formação Faceira e os Depósitos Aluvionares (porções central e Leste do polígono, respectivamente) e a Formação Barreiras (ao Norte do Polígono) em menor destaque. Por fins didáticos, os Depósitos Aluvionares serão tratados em separado.

A Província Costeira é composta principalmente pelos sedimentos da Formação Barreiras. Esta é caracterizada como a unidade geológica que ocorre ao longo da faixa costeira do Brasil, podendo aflorar sob a forma de extensos tabuleiros ou falésias de variada altimetria (CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014; SILVA, 2017). A Formação Barreiras ocorre em quase toda costa cearense, a partir das divisas com o Rio Grande do Norte e com o Piauí, sendo sua existência condicionada a complexos eventos deposicionais, sugerindo que a aggradação se deu através de sistemas estuarinos de vales incisos, em fase transgressiva (SILVA, 2017).

Tratando-se de sua litoestratigrafia, a Formação Barreiras é composta de arenitos argilosos de tonalidade amarelada, alaranjada, esverdeada, esbranquiçada e ocre, mas predominando diversos tons de vermelho conforme Figura 12. Sua composição possui ainda matriz argilo-caulínica, com cimento argiloso, ferruginoso e às vezes silicoso, de granulação fina a média, com leitos conglomeráticos na base; sua variada litoestratigrafia é também produto direto de seu complexo processo de deposição (CPRM, 2020).

Figura 12 – Falésias da Formação Barreiras em Canoa Quebrada – Aracati/CE



Fonte: Cavalcanti e Cavalcante, 2014.

Não bastasse a complexidade quanto a origem e a definição precisa dos processos deposicionais (SUGUIO *et al.*, 1985; PASTANA, 1995; ARAI, 2006; CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2014), bem como de suas múltiplas denominações (BEZERRA; MAIA, 2012; MOURA-FÉ 2014; ADERALDO; PEREZ-FILHO, 2020; MAIA; AMORIM, 2022), acrescenta-se que os sedimentos da Formação Barreiras também foram afetados pela neotectônica.

Nesse contexto, estudos pioneiros realizados no Ceará por Saadi e Torquato (1992) confirmaram que em momento posterior a deposição dos sedimentos da Formação Barreiras, ocorreu o soerguimento de blocos tectônicos situados na faixa do Domínio Ceará Central. Esta subida progressiva do embasamento foi promovida por esforços transpressivos gerados por transcorrências dextrais de direção SW-NE, demarcando, assim, os principais divisores da rede de drenagem cearense (GOMES NETO, 2007).

Outra consequência do arqueamento dos blocos centrais do Ceará foi o aumento da competência dos principais rios cearenses e a indução ao escalonamento das superfícies de erosão, controlando o confinamento da sedimentação pleistocênica às margens mais rebaixadas. Tal fato originou a evolução de pseudo-terraços (paleo-terraços) e contribuiu para deformação e posterior modelagem dos sedimentos da Formação Barreiras (SAADI; TORQUATO, 1992; GOMES NETO, 2007).

A respeito dos paleo-terraços formados a partir do arqueamento dos blocos centrais, Gomes Neto (2007, p. 43) esclarece que “os limites desses patamares escalonados são formados por degraus que coincidem com linhas de falhas e parecem representar escarpas de linhas de falhas mais ou menos evoluídas, no sentido continente-oceano”. Tais patamares de escalonamento constituem mais uma evidência de atividade neotectônica no Ceará e, por conseguinte, na área dessa pesquisa, repercutindo de forma ativa sobre os depósitos sedimentares cenozoicos das Formações Barreiras e Faceira.

No Baixo Jaguaribe, estudos preliminares foram realizados na década de 1960 pelo Grupo de Estudos do Vale Jaguaribe (GVJ) - missão franco-brasileira de pesquisadores coordenada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, que dentre outras pretensões, buscou definir e delimitar a área dessas duas formações sedimentares: a Formação Barreiras (no litoral) e a Formação Faceira (ao longo do rio, no continente). Entretanto, o grupo de trabalho não atingiu plenamente os objetivos propostos, tendo em vista a imprecisão quanto à definição e delimitação dessas formações, sobretudo no que se refere à Formação Faceira. Delimitou-se apenas que esta aflora com menor espessura em direção ao interior numa tênue camada de sedimentos sobre o embasamento. Diante do caráter inconclusivo, o estudo optou pela penecontemporaneidade das duas formações (SUDENE-ASMIC, 1967; SOUZA, 1973; MOURA-FÉ, 2014).

Constatou-se através de pesquisas bibliográficas que as investigações de cunho mais recentes se limitaram a descrever a Formação Faceira de forma superficial, principalmente nas seções de caracterização das áreas de estudo dos trabalhos científicos, sem aprofundar o assunto, conforme se constata em Morais *et al.* (2005), Gomes Neto (2007), Costa (2009), Moura-Fé (2014), Silva (2017), Costa *et al.* (2020) e Costa *et al.* (2021). A exceção foi o estudo realizado por Maia (2005) que tratou de forma mais aprofundada o processo de gênese e evolução da Formação Faceira.

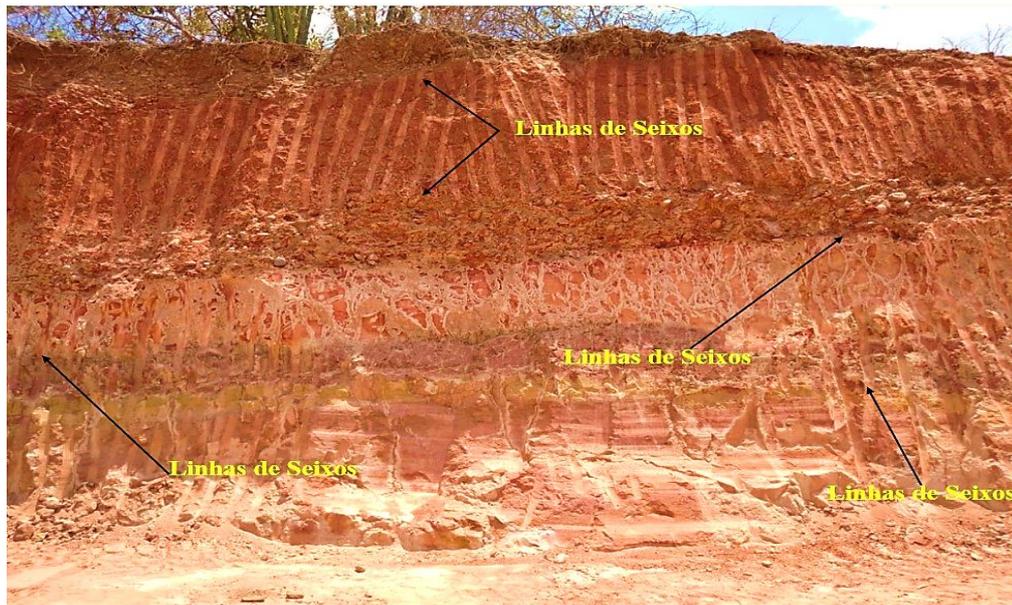
A Formação Faceira é constituída de conglomerados basais, de cor vermelha, com fragmentos líticos, arenitos pouco litificados de cor vermelha, com níveis de argila e de cascalhos, possuindo idade atribuída ao Pliopleistoceno. A ocorrência destes depósitos está situada na margem esquerda do rio Jaguaribe, depositada em discordância sobre o embasamento cristalino (SILVA, 2017; CPRM, 2020).

Corroborando com a discussão Andrade e Cordeiro (2023 p. 6) ratificam que “o pleistoceno constitui a primeira fase de deposição da Formação Faceira (depósito aluvial), situada na margem esquerda do rio Jaguaribe”. Esta fase caracterizou-se como a etapa

embrionária da deposição, daí a presença de níveis conglomeráticos constituídos por argila e de cascalhos.

Adicionalmente, mudanças climáticas ocorridas no Quaternário, alterações no nível de base e variações do nível relativo mar promoveram significativas alterações nas paisagens do semiárido nordestino. No recorte espacial dessa pesquisa, exerceram forte influência na formação da planície do Jaguaribe ocorrida a partir da época Pleistocênica em condições marcadas pela transição de clima mais úmido para um clima seco, cujos depósitos e as linhas de seixos evidenciados na Figura 13 acabam por comprovar a elevada energia do escoamento, ou seja, a forte competência hidráulica do rio nesta época geológica, característico já da fase de clima semiárido que ora se iniciava, com chuvas esporádicas, mas intensas e concentradas no tempo e espaço, contribuindo para remobilizar e sedimentar uma quantidade maior de materiais ao longo do tempo (ANDRADE; CORDEIRO, 2023).

Figura 13 – Depósitos com linhas de seixos na Formação Faceira. Evidência de eventos de maior competência do Rio Jaguaribe



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Segundo Andrade e Cordeiro (2023 p. 6) é importante destacar também as transformações naturais ocorridas na área de drenagem do rio e em zonas do entorno dele, pois:

A alteração do nível de base no baixo curso do Jaguaribe e as condições de um clima mais úmido proporcionou uma incisão na Formação Faceira que passou a sofrer com o processo de erosão lateral. Essa nova fase escultural acarretou a escavação e alargamento do vale, formando novas planícies de inundações e terraços fluviais que são feições que testemunham a história fluvial.

5.2.1.3 Unidades Litoestratigráficas de Sedimentos Aluvionares

As planícies fluviais são formas de acumulação encontradas longitudinalmente nas áreas dos coletores de drenagem, que na área de estudo, correspondem às calhas dos rios Jaguaribe, Banabuiú e Palhano, entalhados em terrenos cristalinos e na Formação Faceira (GOMES NETO, 2007).

Geologicamente, as planícies fluviais no Baixo Jaguaribe correspondem a um extenso e variado pacote sedimentar fluvial composto por sedimentos argilosos, silte, areias argilosas, quartzosas, quartzo feldspáticas e conglomeráticas e por cascalhos, cujo conjunto de componentes pode conter matéria orgânica ou não, a depender do local. As aluviões que se formaram encobriram o embasamento de forma discordante em camadas aluviais que por vezes se alternam em extratos argilosos (empregados em olarias) ou um pouco mais areno-argilosos, se aproximando de uma espécie de arenito – localmente denominado de “arisco”, muito utilizado na construção civil (VERÍSSIMO *et al.*, 1996; MAIA, 2005; GOMES NETO, 2007; BEZERRA, 2009; DNPM, 2013; SOUSA, 2020; FONTELES, 2022).

Ademais, estes sedimentos aluviais holocênicos estão distribuídos nas porções marginais dos cursos d’água. Tomando-se como referência o sentido interior-litoral, alargam-se para jusante, principalmente no baixo Jaguaribe a partir da confluência do rio Banabuiú com o coletor principal de drenagem nas proximidades da cidade de Limoeiro do Norte. Nessas imediações formam uma planície de cerca de 10 km de largura evidenciada na Figura 14 por 100 km de comprimento, acompanhada por baixos níveis de terraços, também chamados de terraços de várzea. Mais adiante, próximo a Jaguaruana, esta planície atinge aproximadamente 14 km de largura (MAIA, 2005; GOMES NETO, 2007; FONTELES, 2022).

Figura 14 - Planície fluvial rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte, Escarpa da Chapada do Apodi (primeiro plano) e granitoide da Ilhota dos Morros (linha do horizonte)



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Assim, os depósitos aluvionares representam as coberturas sedimentares mais expressivas do estado do Ceará, ocupando na Sub-bacia do Baixo Jaguaribe o equivalente a uma área de 1.000 km² (GOMES NETO, 2007; SILVA, 2017).

Quanto ao sistema de drenagem dominante, os canais fluviais que cortam o pacote de sedimentos aluviais podem variar facilmente de anastomosado a meandrante como mostrado na Figura 15. Tais padrões também repercutem nas formas deposicionais, sendo que a ocorrência de um ou outro modelo está condicionado ao regime hidrológico do curso do rio principal e de seus afluentes, regime este, fortemente dependente da pluviometria do período chuvoso (LIMA, 2009; FONTELES, 2022).

Figura 15 – Padrão meandrante do rio Jaguaribe próximo a cidade de Itaiçaba



Fonte: Acervo do autor, 2022.

5.2.2 Caracterização das Unidades Geomorfológicas

A geomorfologia exerce um extraordinário papel para a compreensão das geoformas terrestres e da problemática socioambiental moderna que atinge grande parte dos sistemas ambientais (FROTA FILHO, 2021; MOLINARI, 2022), especialmente no semiárido brasileiro. Estando intimamente vinculada à litologia ela proporciona a compreensão integrada da paisagem, pois permite que se investigue a gênese e a evolução do modelado terrestre a partir da identificação e da assimilação de cada uma das etapas que envolvem os processos morfogenéticos (OLIVEIRA, CHAVES, 2010; QUEIROZ, 2021).

Os aspectos geomorfológicos do Nordeste brasileiro são marcadamente expressos pela presença do controle estrutural sobre as formas do relevo. Desse modo, estruturas deformacionais dúcteis e rúpteis ligadas ao tectonismo regional condicionam este controle. O controle impresso pelos suportes dúcteis sobre o embasamento cristalino pré-cambriano dar origem a um conjunto de morfologias que se formam em zonas de falhas ou de fraqueza estrutural, a partir dos trends preferenciais de lineamentos (NE-SW e E-W) pelos quais os alinhamentos de cristas e os vales são orientados. Já o controle promovido pelo arcabouço rúptil é responsável pela dissecação e deposição quaternária que ocorrem por meio do comando estrutural da rede de drenagem no sentido NE-SW, como é o caso do rio Jaguaribe (MAIA; BEZERRA, 2014).

Corroborando com as discussões Maia, Bezerra e Claudino-Sales (2010) afirmam que a porção setentrional do Nordeste brasileiro apresenta múltiplas compartimentações geomorfológicas cuja origem remonta a notáveis eventos tectônicos, como o Ciclo Brasileiro, a separação América do Sul/África e a reativação cretácea.

Tais compartimentos se consubstanciaram a partir de impressões deixadas no relevo sob a forma de maciços residuais alinhados de acordo com a direção de diversas zonas de cisalhamentos, lineamentos estruturais que orientam a drenagem, dissecação do relevo das bacias mesozoicas afetadas por eventos pontuais de soerguimento, deposição dos terraços fluviais de várzea e dos interflúvios tabulares, a exemplo daqueles existentes no Baixo Jaguaribe (MAIA; BEZERRA; CLAUDINO-SALES, 2010; MAIA; BEZERRA, 2014; COSTA *et al.*, 2020).

Assim, a região do Baixo Jaguaribe e a porção que compreende o geocomplexo dos interflúvios tabulares se apresenta como uma importante área de experimentação para a comprovação de hipóteses sobre a evolução geomorfológica de relevos sedimentares assentados de forma discordante sobre estruturas cristalinas, notadamente mais rígidas e antigas (MAIA, 2005; MAIA; BEZERRA, 2014; SILVA, 2017).

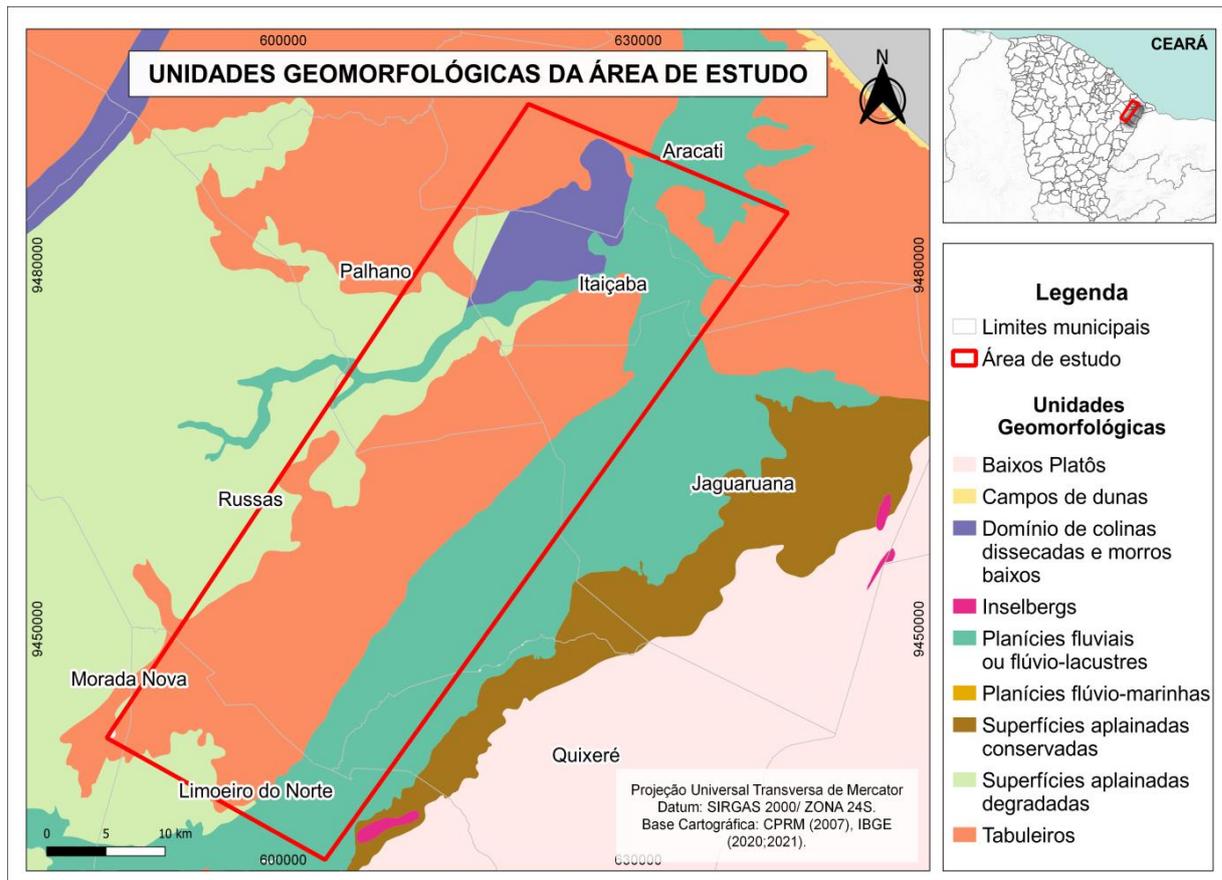
Tal proposição merece relevância, uma vez que este capeamento sedimentar exibe uma série de evidências relacionadas ao condicionamento estrutural e tectônico na área de estudo, como a presença de fortes inflexões na rede de drenagem, presença pontual de sismos, forma de disposição dos tabuleiros, dentre outros, além de contribuir para o surgimento e desenvolvimento de múltiplas formas de relevo (MAIA, 2005; MAIA; BEZERRA, 2014; SILVA, 2017).

Como reflexo do variado arcabouço litológico pré-existente que lhe dar sustentação, o quadro geomorfológico do Baixo Jaguaribe, dos interflúvios tabulares e do entorno deles, exibe também uma gama diversificada de formas de relevos, que vão desde a presença de campos de dunas até espetaculares inselbergs que se inserem na paisagem margeando a rede de drenagem.

Assim, a partir de uma compreensão integrada da paisagem pela qual se entende que os sistemas ambientais se interconectam e exercem influência uns sobre os outros, é que se preferiu demonstrar o panorama geomorfológico completo para o Baixo Jaguaribe. Destacou-se no mapa de geomorfologia um polígono referente à porção dominante dos interflúvios tabulares, sendo marcados em negrito as Unidades Geomorfológicas comuns ao Baixo Jaguaribe e área específica de estudo.

Portanto, apresentam-se em maior proporção as Unidades Geomorfológicas dos **Tabuleiros, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Superfícies Aplainadas Degradadas, Baixos Platôs** e Superfícies Aplainadas Conservadas. Por sua vez, aparecem em menor proporção as Unidades Geomorfológicas **Campos de Dunas, Planícies Flúvio-Marinhas, Domínios de Colinas Dissecadas e Morros Baixos** e os **Inselbergs** (Figura 16).

Figura 16 – Mapa das unidades geomorfológicas



Fonte: Queiroz, 2022.

Assim, o mapeamento permitiu que se identificasse um total de 09 (nove) Unidades Geomorfológicas no Baixo Jaguaribe e um total de 04 (quatro) Unidades Geomorfológicas comuns ao Baixo Jaguaribe e ao polígono demarcado como área específica do estudo evidenciadas na Figura 16.

Por fim, visando a uma melhor organização da discussão, as Unidades Geomorfológicas foram divididas e adaptadas a este estudo a partir da proposta de Medeiros (2016) em 02 (duas) categorias de análise: Unidades Denudacionais e Agradacionais. As Unidades Denudacionais são caracterizadas pela prevalência de feições de relevo dissecativo, geradas por processos

erosivos e com menores taxas de sedimentação. Já as Unidades Agradacionais se configuram como aquelas em que os volumes depositados são maiores que a quantidade de material erodido e transportado, ou seja, o potencial de deposição de sedimentos supera o poder erosivo dos agentes externos do relevo (MEDEIROS, 2016).

5.2.2.1 Unidades Denudacionais (**Superfícies Aplainadas Degradadas e Domínios das Colinas Dissecadas e Morros Baixos**)

As Superfícies Aplainadas Degradadas ou Depressão Sertaneja para Dantas *et al.* (2014), se destacam no rol das paisagens físicas do estado do Ceará por apresentar grande extensão espacial de terrenos planos em cotas altimétricas modestas. Essas características são produtos resultantes de uma prolongada atuação dos processos erosivos e denudacionais que promoveu o arrasamento do relevo sustentado pelo embasamento ígneo-metamórfico Pré-Cambriano (DANTAS *et al.*, 2014).

Desse modo, o predomínio de vastas superfícies aplainadas evidencia, do ponto de vista do tempo geológico, a existência de um longo período de relativa estabilidade tectônica e sem grandes alternâncias de nível de base regional. Estas condições devem ter ocorrido ao longo do Cenozoico, sendo consolidadas sob condições de paleoclimas quentes e semiáridos, com poucas variações em relação ao clima atual. Todavia, tais superfícies encontram-se pontilhadas por linhas de montes rochosos isolados (*inselbergs*), resultantes do processo de erosão diferencial e de um vigoroso e complexo arranjo tectono-estrutural do relevo (MAIA; BEZERRA; CLAUDINO-SALES, 2010; DANTAS *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2020).

Ao conceituar de forma pormenorizada as Superfícies Aplainadas Degradadas (Depressão Sertaneja), Dantas *et al.* (2014) optaram por dividi-la em 02 (duas) subunidades: a Depressão Sertaneja I e a Depressão Sertaneja II. A primeira equivale aos pediplanos bem elaborados e menos alterados, sobressaindo-se próximo ao litoral e se estendendo em direção ao interior, consistindo em vastas superfícies arrasadas, invariavelmente em cotas baixas, cujo piso situa-se entre 40 e 350 metros. Já a segunda corresponde as porções mais elevadas e dissecadas da Depressão Sertaneja, encravada nas zonas mais interioranas, mas ainda assim, enquadrada no contexto das grandes depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste Brasileiro, dispondo-se em cotas que variam de 250 a 550 metros.

As Superfícies Aplainadas da Depressão Sertaneja I também fazem parte do contexto das grandes depressões interplanálticas (DANTAS *et al.*, 2014). É justamente nelas que grandes porções de terras planas do Baixo Jaguaribe estão inseridas como mostram as Figuras 17 e 18,

ocupando de forma majoritária o setor oeste desta Sub-bacia. No polígono da área de estudo ela margeia os tabuleiros pelos flancos oeste e sul, mantendo contato pontual a NO com as Planícies Fluviais do rio Palhano (afluente do Jaguaribe) e com os Domínios de Colinas Dissecadas e Morros Baixos próximos a Itaiçaba dispostos na Figura 17.

Figura 17 – Depressão sertaneja vista de cima do Serrote da Tapera – Russas/CE, em período chuvoso



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 18 – Relevo suave ondulado a plano com vegetação xerófila na depressão sertaneja em Russas/CE, em período seco (de estiagem)



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Esta unidade caracteriza-se como a mais extensa no território do Ceará e se encontra embasada por rochas do embasamento ígneo-metamórfico Pré-Cambriano da Faixa de Dobramentos do Nordeste, sendo minuciosamente detalhada por Dantas *et al.* (2014, p.47).

Esta unidade se notabiliza por um conjunto de superfícies de aplainamento, que truncam e obliteram um complexo e diversificado conjunto de rochas ígneo-metamórficas, invariavelmente recobertas por caatinga. Este domínio é constituído por vastos pediplanos incipientemente dissecados por uma rede de drenagem de baixa densidade e por extensos pedimentos posicionados no sopé de maciços montanhosos ou da borda de cuevas e escarpas de chapadas. Estes pediplanos encontram-se, frequentemente, pontilhados por inselbergs e agrupamentos de inselbergs (muitos dos quais, sustentados por rochas graníticas resistentes) que, invariavelmente, destacam-se na paisagem monótona das superfícies aplainadas. Em alguns casos, estes relevos residuais estão dispostos em longos alinhamentos de morrotes ou morros de centenas de quilômetros de extensão, controlados por rochas mais resistentes de antigas faixas miloníticas (em especial, os quartzitos do Grupo Orós), com destaque para uma espetacular sequência de morrotes alinhados de direção N-S que ocorrem entre Orós e Banabuiú e depois inflete para NE até ser inumada pelos sedimentos do Grupo Barreiras, já próximo ao litoral.

De maneira geral, a Depressão Sertaneja, no estado do Ceará está delimitada por chapadas, a oeste, pela chapada da Ibiapaba; a leste, pela chapada do Apodi e pelo maciço estrutural de Pereiro; e a Sul, pela chapada do Araripe, daí surge outra denominação que também se dar a esta feição do relevo: “Depressões Interplanálticas”.

No que se refere aos Domínios de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, a primeira questão a ser apreendida é que esses relevos resultam de degradação em qualquer tipo de litologia. Ademais, os mesmos se apresentam com vertentes côncavo-convexas e topos arredondados ou aguçados, ou ainda nas feições de cristas em rochas do embasamento cristalino. Entre eles, geralmente predomina um sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas, como se verifica nas Planícies Fluviais do rio Palhano a NO do polígono na Figura 16 ou em vales fechados (GONÇALVES *et al.*, 2007; DANTAS, 2014).

Nessa Unidade Denudacional predomina uma amplitude altimétrica baixa de relevo, variando de 30 a 80 m, raramente ultrapassando essas cotas. Em virtude dessa baixa altimetria as vertentes costumam ser pouco inclinadas, apresentando padrões que oscilam quase sempre entre 5° e 20° graus de inclinação (DANTAS, 2014). No Baixo Jaguaribe aparecem manchas pontuais dessas feições a partir de um lieneamento rochoso localizado no extremo oeste e de outro bloco rochoso presente ao norte dessa Sub-bacia visto na Figura 16, ambos relativamente próximos ao litoral, daí também denominados de Maciços Pré-Litorâneos (GONÇALVES *et al.*, 2007).

Na área de estudo o Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos se exhibe de forma restrita a NO do polígono já próximo a Itaiçaba. Aparece ilhado por algumas Unidades Geomorfológicas, mantendo contato com os Tabuleiros a NO, com as Planícies Fluviais do rio Jaguaribe a NE, com as Superfícies Aplainadas Degradadas a O e S e por fim, com as Planícies Fluviais do rio Palhano a SE evidenciadas na Figura 16. Tal colina ou morro baixo trata-se da Serra do Ererê mostrada na Figura 19, feição elevada em relação à Depressão Sertaneja.

Figura 19 – Serra do Ererê – Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos. Destaca-se também o extremo NO da cidade de Itaiçaba com intensa carcinicultura na região



Fonte: Acervo do autor, 2022

O arcabouço estrutural da Serra do Ererê e do entorno dela é marcado pela presença de rochas da Faixa de Dobramentos Jaguaribeana - quartzitos, xistos e gnaisses, além de rochas sedimentares da Formação Barreiras - arenitos, siltitos e conglomerados (XAVIER; XAVIER, 2020).

Esta feição foi circunstanciadamente descrita por pesquisadores que prospectavam possíveis evidências de caulim próximo às margens da CE-123, entre as sedes dos municípios de Aracati-CE e Russas-CE. Assim, ao se defrontarem com a Serra do Ererê a caracterizam da seguinte forma:

[...] a Serra do Ererê, localizada no limite dos municípios de Aracati e Itaiçaba-CE, em cuja base, exposta pelo leito da rodovia, aflora material siltoso a argiloso de coloração branca, similar a caulim. [...] Esta, um inselberg típico que se destaca na

planície regional de cotas baixas, denominada de Depressão Sertaneja. Suas rochas foram expostas pelas barrancas das rodovias da CE 371, CE-123, na base da Serra do Ererê e no leito dos rios Jaguaribe e Palhano. A Serra Ererê é o único representante, na área, do domínio dos Maciços Residuais Cristalinos. Ele alcança até 150 m de altitude, sendo alongado na direção NNW-SSE, destoando da direção do lineamento da Zona de Cisalhamento Jaguaribe, NE-SW. Esse maciço é constituído predominantemente de quartzitos esbranquiçados a creme, creme amarelados e quase avermelhados, quando parcialmente intemperizados. Já a Depressão Sertaneja circundante, uma superfície plana, bastante dissecada, é recoberta por material pedregoso, tipo elúvio e solo, sobre o qual se desenvolve a típica arbustiva, rala, espinhosa, conhecida como caatinga arbustiva (XAVIER; XAVIER, 2020, p. 1-2).

5.2.2.2 Unidades Agradacionais (Tabuleiros e Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres)

Os Tabuleiros podem ser interpretados como feições de relevo constituídas a partir de processos de natureza agradacionais, que atuaram depositando sedimento em pacotes sedimentar pouco litificados. Essas formas de relevo apresentam-se suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”, resultantes de dissecação fluvial recente (DANTAS, 2014).

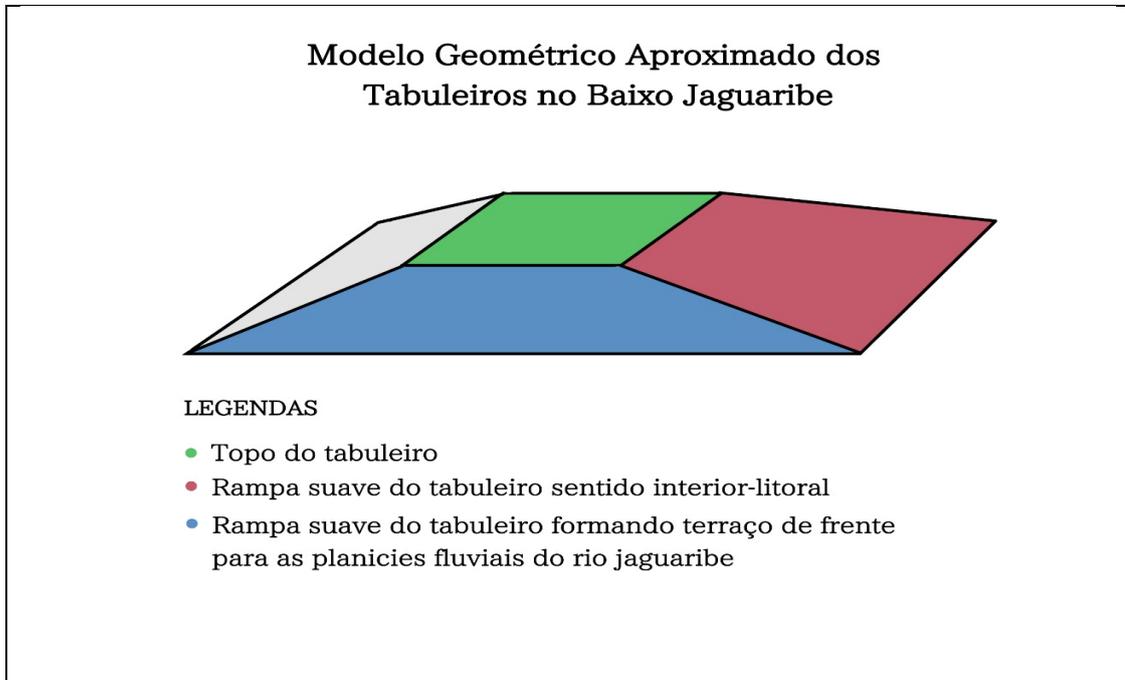
O sistema deposicional dessa unidade sedimentar, que representa uma extensa superfície de agradação e de deposição correlativa, inclui desde leques aluviais coalescentes até sedimentos coluviais, em diminuta expressão. As fácies sedimentares superficiais têm variações que dependem de condições como áreas fontes dos sedimentos, mecanismos de transporte e condições de deposição (CAVALCANTE *et al.*, 2022).

Neles os processos de pedogênese predominam sobre os processos morfogenéticos. Embora os tabuleiros estejam em fase atual de dissecação (estágio inicial), ainda assim, eles resguardam a morfologia plana no topo, herança marcante do sistema deposicional. Os solos espessos formados a partir dessa deposição são bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão, em condições ambientais ideais ou normais. Há probabilidade de ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas), sobretudo nas áreas de bordas de tabuleiros (DANTAS, 2014; CAVALCANTE *et al.*, 2022).

Topograficamente são baixos, com amplitude de relevo que varia de 20 a 50 m, mas que na área de estudo superam essas cotas altimétricas, possuindo modesta inclinação das vertentes (entre 0° e 3° graus) e topo plano. Apresentam ainda uma topografia em forma de rampas suaves inclinadas para o litoral, e no caso específico da área de estudo, além de se inclinarem em

direção ao litoral também se inclinam frontalmente para as Planícies Fluviais do Rio Jaguaribe (Figura 21), se aproximando ligeiramente do formato de um poliedro irregular (Figura 20).

Figura 20 – Representação geométrica dos tabuleiros - modelo de poliedro irregular com rampas suaves



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Figura 21 – Inclinação frontal dos tabuleiros para a planície fluvial do rio Jaguaribe. Visualiza-se pacote sedimentar bastante erodido



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Na área de estudo os tabuleiros ocorrem em menor proporção a NE do polígono em contato com o Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, das Superfícies Aplainadas Degradadas (Depressão Sertaneja) e das Planícies Fluviais do Rio Jaguaribe nas imediações de Aracati, já próximo à foz visualizados na Figura 17.

Em maior proporção, aparecem sob a forma de um bloco contínuo que se estende em um trecho entre Limoeiro do Norte e Itaiçaba em sentido direcional NE-SO mostrado na Figura 15, acompanhando a mesma direção da rede de drenagem, que é orientada pelo lineamento estabelecido por forte controle estrutural a partir da Falha Jaguaribeaná.

Neste ponto os Tabuleiros mantêm contato majoritário com as Superfícies Aplainadas Degradadas a Oeste e minoritário ao Sul. Ao Leste, eles estabelecem contato frontal com das Planícies Fluviais do Rio Jaguaribe, em que se exibem formando terraços de variada altimetria média (49 a 95 m) e a NO do polígono estabelecem conexão pontual com as Planícies Fluviais do Rio Palhano, nas imediações da desembocadura deste com o Rio Jaguaribe mostrado na Figura 16.

As Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres no sertão nordestino apresentam aspectos diferenciados em sua dinâmica. O caráter intermitente dos rios repercute na própria formação dos ambientes semiáridos, uma vez que grande parte dos detritos depende dos processos erosivos para transportá-los até as calhas fluviais. Desse modo, é que se formam os ambientes pediplanados e de deposição, a exemplo das Planícies Fluviais, cujo material despejado nos vales fica disponível para a ação erosiva fluvial e pluvial subsequente (COSTA, 2017; QUEIROZ, 2021).

Essas áreas são representadas pela ação de mecanismos geodinâmicos mais recentes, onde os processos, do ponto de vista geomorfológico, são mais atuantes. Desse modo, as Planícies Fluviais podem ser conceituadas como ambientes cuja composição ocorre essencialmente pelas aluviões e sedimentos quaternários que se instalam nas calhas fluviais (COSTA, 2017; SILVA, 2017). Nesse sentido, cabe destacar as coberturas que bordejam a calha fluvial do rio Jaguaribe, os mais expressivos da bacia de drenagem no Baixo Jaguaribe.

As Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres estão sujeitas a enchentes periódicas, causadas pelo extravasamento dos rios e lagoas, principalmente em períodos de chuvas mais intensas. Tal fato representa um fator de limitação para o aproveitamento agrícola, bem como de outras atividades produtivas nessas áreas em certos períodos do ano, sobretudo em suas porções mais rebaixadas (BRANDÃO; FREITAS; SHINZATO, 2014).

Todavia, aproximadamente 183 km de extensão de planícies no baixo curso do Rio Jaguaribe, à jusante da barragem do Castanhão até a foz no Pontal de Maceió em Fortim, perderam essa característica de inundar periodicamente as áreas de várzeas, em virtude do barramento desse curso d'água construído na década de 1990 na região do Médio Jaguaribe. Ademais, o Castanhão, produziu inúmeras formas de instabilidade morfológica, alterando a dinâmica de deslocamento das formas de leito que buscaram um novo equilíbrio frente a essa nova dinâmica, resultando na diminuição das taxas de erosão, sedimentação e na alteração do balanço morfossedimentar das ilhas fluviais do Pinto e do Caldereiro, distantes 7 (sete) km da foz do rio, cuja origem delas pode estar ligada à própria sedimentação fluviomarina (QUEIROZ, 2018; CARVALHO NETA; CLAUDINO SALES, 2019).

Desse modo os estudos constataram que os materiais remobilizados da margem direita da ilha do Pinto foram depositados na margem esquerda da ilha do Caldereiro com taxas de acumulação superiores a 3m/ano, comprovando, assim, a existência de abrupta perturbação nas Planícies Fluviais e em toda sua dinâmica de acumulação vigente, em um lapso temporal curto, e porque não dizer, curtíssimo, a ponto de talvez ser incapaz de se mensurar, quando se compara a escala geológica (QUEIROZ, 2018; CARVALHO NETA; CLAUDINO SALES, 2019).

As planícies fluviais são as formas mais típicas de acumulação decorrentes da ação fluvial e despontam como áreas de diferenciação regional inseridas nos sertões semiáridos, formadas a partir dos maiores coletores de drenagem do Ceará a exemplo do rio Jaguaribe, resultando em melhores condições de solos e maiores disponibilidades hídricas que favoreceram a ocupação secular dos rincões sertanejos. Por conta disso, se encontram metamorfoseadas pelo desenvolvimento de atividades produtivas tradicionais e por intervenções antrópicas recentes como a carcinicultura, mostrada na Figura 22, atividade em expansão na região do Baixo Jaguaribe (GONÇALVES *et al.*, 2007; COSTA, 2009).

Ocorrendo na porção Leste da área de estudo, esta se configura como uma área plana, limitando-se a Oeste e NE com os Tabuleiros e a NO com os Domínios de Colinas Dissecadas.

Figura 22 – Carcinicultura na planície fluvial do rio Jaguaribe em Jaguaruana/CE



Fonte: Acervo do autor, 2021.

5.3 Aspectos pedológicos

Na literatura especializada existe uma variada gama de definições atribuídas ao solo, cujos conceitos variam conforme a perspectiva que a ele se pretende dar. De acordo com Curi *et al.* (2017, p. 3), que o caracteriza numa perspectiva de substrato para o desenvolvimento vegetal, “solo é todo material mineral e/ou orgânico, inconsolidado na superfície da terra, e que serve como um meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres”.

Por esta aceção proposta por Curi *et al.* (2017), os vegetais podem se desenvolver no solo (substrato) desde que este consiga suprir os fatores necessários para o crescimento que os mesmos necessitam encontrar em um substrato: a) suporte; b) disponibilidade de água; c) disponibilidade de oxigênio; d) ausência de fatores inibidores; e) disponibilidade de nutrientes essenciais (LIMA, 2020).

Para Lepsch (2010, p. 19) o conceito de solo deve ser concebido como sendo uma “coleção de corpos naturais dinâmicos que contém matéria viva, e resulta da ação do clima e de organismos vivos sobre um material de origem, cuja transformação se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo”.

Complementando a assertiva anterior, Pejon, Zuquette e Filho (2013) propõem que toda e qualquer definição de solo deve contemplá-lo como um sistema composto por elementos interconectados, e que tal sistema, deve ser considerado como aberto - porque troca energia e

massa, e dinâmico – uma vez que está sujeito a constantes modificações, buscando um equilíbrio através de alta entropia.

Outra proposta de conceituação foi trazida por Santos *et al.* (2018), ao estabelecerem que o termo solo se configura como uma espécie de coleção de corpos naturais, cuja constituição se dar por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, sendo formados ainda por partículas minerais e orgânicas que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contendo matéria viva e podendo ser vegetados na natureza e modificados por interferências antrópicas.

Por fim, Lima (2020) propõe uma definição que caracteriza o solo como um produto resultante dos processos oriundos de sua formação, ou seja, do material de origem, do clima, dos organismos, do relevo e o tempo. Nesse sentido, o solo seria a matéria mineral não consolidada na superfície da terra que se sujeitou a influência de fatores genéticos e ambientais do material de origem, como o clima (incluindo efeitos de umidade e temperatura), macro e micro-organismos, e topografia, todos atuando durante um período originando um produto final que difere do material do qual ele é derivado. Assim, como qualquer recurso natural, o perecimento do solo pode se dar por fatores naturais, em longo prazo, ou induzidos pelo ser humano, numa escala temporal muito menor (LIMA, 2020).

Na área de estudo, verifica-se a ocorrência de um grave quadro de degradação dos solos ligados a intervenções antrópicas por causa principalmente da supressão da cobertura vegetal. A este respeito merece destaque os apontamentos de Pantalena e Maia (2014, p. 464).

[...] o desmatamento da vegetação natural e o pisoteio do gado foram provocando a degeneração do solo e a erosão do terreno, o que contribui diretamente para a diminuição da capacidade produtiva (econômica e biológica) e da disponibilidade hídrica superficial/subterrânea, contribuindo diretamente, por fim, para o assoreamento dos cursos de água, a extinção da fauna e flora nativa [...]

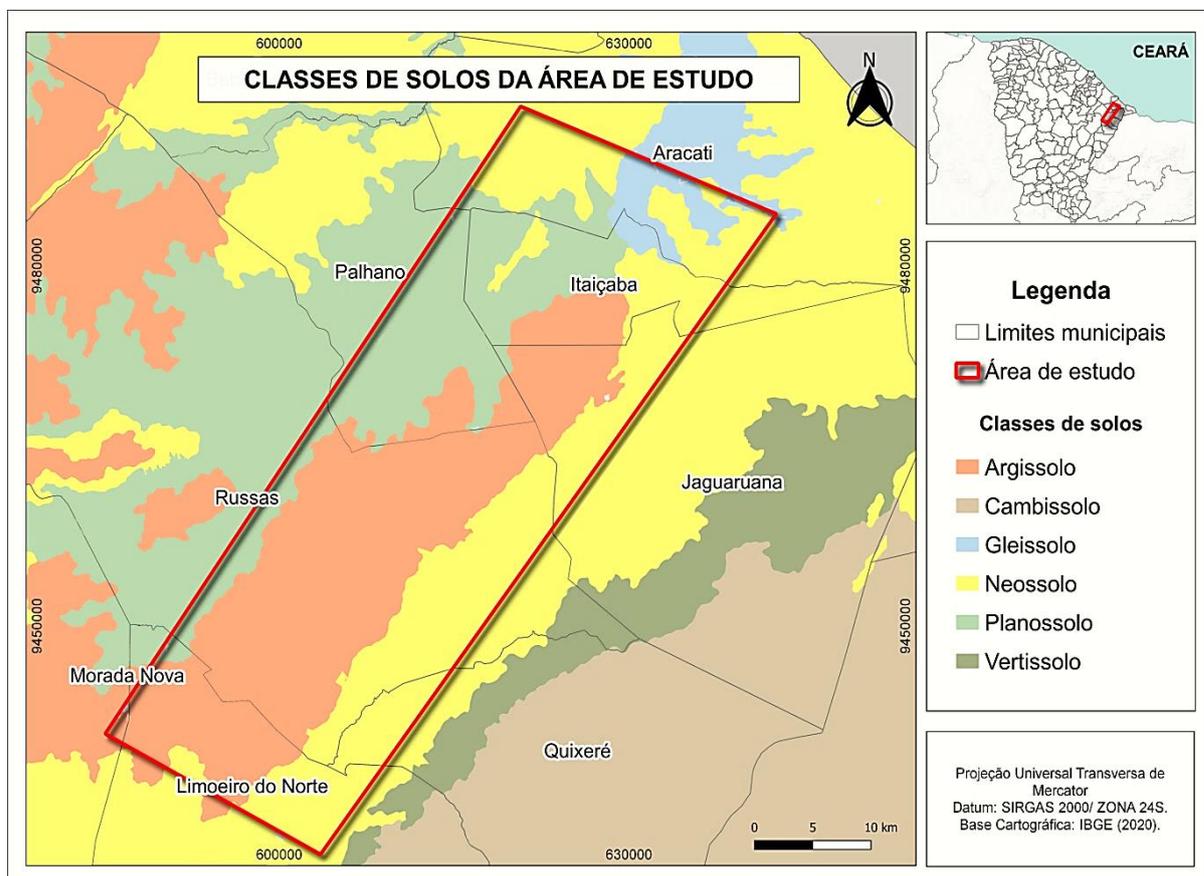
Dessa forma, quando coadunados à vegetação, os solos são capazes de demonstrar os resultados das inter-relações estabelecidas entre os demais componentes de um sistema ambiental, uma vez que a sua gênese e as suas etapas evolutivas subsequentes se encontram diretamente atreladas ao tipo de clima, material de origem, relevo, intemperismo, os organismos vivos e a ação do tempo. Por outro lado, em situações de instabilidade nos sistemas ambientais, em geral, são eles os primeiros a serem afetados em eventual desequilíbrio (QUEIROZ, 2021).

No tocante à região Nordeste, em virtude da diversidade de climas, formações vegetais, litologia e feições de relevo, esta região apresenta uma grande diversidade de ambientes e, conseqüentemente de solos. A complexidade na organização de ambientes no Nordeste,

especificamente na região semiárida, dotada de áreas de embasamento cristalino, bacias sedimentares e de pacotes de sedimentos que recobrem o embasamento ígneo-metamórfico Pré-Cambriano como nas zonas dos Tabuleiros, repercute na existência de um variado quadro pedológico que contempla desde solos arenosos e mais profundos até solos argilosos menos espessos, bem como solos rasos e pedregosos (EMBRAPA, 2014; QUEIROZ, 2021).

Em relação à área de estudo, a partir do mapeamento destacado na Figura 23, foram identificadas as seguintes associações de solos: **Argissolos**, Cambissolos, **Gleissolos**, **Neossolos**, **Planossolos** e Vertissolos, marcados em negrito aqueles que pertencem simultaneamente ao Baixo Jaguaribe e ao polígono indicado no mapa pedológico abaixo.

Figura 23 – Mapa de solos da área de estudo



Fonte: Queiroz, 2022.

5.3.1 Argissolos

Ocorrem na área central do polígono de estudo como se destaca na Figura 23, dispostos de maneira suavemente inclinada, acompanhando o sentido direcional NE-SO da rede de drenagem. São os solos típicos de topo dos tabuleiros, desenvolvidos a partir de diversos materiais

de origem, em áreas de relevo plano a suave ondulado (CUNHA, *et al.*, 2010), logo, é importante notar que desponta como solo bastante intemperizado, formando uma categoria relativamente heterogênea que guardam uma característica em comum, o aumento de teor de argila em profundidade (LEPSCH, 2010).

De acordo com a EMBRAPA (2014), esse tipo de solo caracteriza-se como bem desenvolvidos e drenados, profundos a muito profundos, exibindo cores vermelhas, vermelho-amarelas, amarelas, acinzentadas ou brumadas, sendo que na área de estudo predomina as 3 (três) primeiras tonalidades, em maior proporção os de tons vermelhos, em decorrência da presença de grande acúmulo de óxido de ferro. Possivelmente podem ser classificados como Argissolos Vermelhos Eutroféricos, necessitando de posterior confirmação através de análises laboratoriais.

Apresenta aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt), comumente acompanhado de boa distinção também de cores e dentre outras características. A profundidade dos solos é variável, mas, em geral são pouco profundos e profundos. Junto aos Latossolos, são os solos mais expressivos do Brasil, sendo verificados em praticamente todas as regiões (IBGE, 2007).

Possui uma baixa fertilidade natural, sendo assim, limita sua utilização para a agricultura, conjuntamente a isso, há também as limitações relacionadas ao relevo, quando é mais acidentado e da pedregosidade superficial e interna que ocorre em algumas áreas (CUNHA *et al.*, 2010).

5.3.2 Neossolos

Os Neossolos são uma classe de solos que apresentam pouca ou nenhuma evidência de horizontes pedogenéticos subsuperficiais. Por conta disso, costumam ser definidos pelo material ou orgânico que os constitui, em geral, com menos de 20 cm, sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, formando-se em materiais praticamente inertes, sem argila e resistentes ao intemperismo (LEPSCH, 2010).

Costumam ser classificados em 4 (quatro) tipologias ou subordens: Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 2014). Destaca-se, em maior ou menor proporção, a ocorrência de todas as subordens na área de estudo.

Os Neossolos Litólicos são rasos e geralmente pedregosos. Apresentam contato lítico dentro de 50 cm de profundidade. Formam-se a partir de qualquer tipo de rocha, associado

comumente a um relevo movimentado, em que o processo de morfogênese ocorre de maneira limitada, fazendo com que o contato das rochas com a água ocorra em curto prazo. Assim, como os materiais resultantes do intemperismo físicos são constantemente carregados para as áreas mais rebaixadas (Superfícies Aplainadas), dando origem a este tipo de solo (EMBRAPA, 2014).

Dessa maneira, são solos em via de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário, como é o caso das rochas cristalinas que são mais resistentes (EMBRAPA, 2018). Aparecem de forma restrita na área de estudo com dominância a Oeste de Itaiçaba, isolados como uma ilha pelos Planossolos destacados na Figura 23.

Já os Neossolos Regolíticos, expressão típica no ambiente semiárido do nordeste brasileiro, possuem minerais primários de fácil alteração em quantidade significativa na massa do solo. Apresentam, via de regra, uma boa reserva de nutrientes para os vegetais, possuindo potencial baixo a médio para agricultura irrigada. Sua drenagem varia de boa a moderada e ocorrem em relevo pouco movimentado, o que permite a mecanização agrícola (EMBRAPA, 2014). Aparecem dispersos pela área de estudo, ora em contato com os Argissolos, ora com Planossolos e demais modalidades dos próprios Neossolos como se mostra na Figura 23.

No que se refere aos Neossolos Quartzarênicos, costumam ser derivados de rochas ou sedimentos de natureza essencialmente quartzosa. Apresentam textura arenosa até 1,5 m de profundidade, ocorrendo em relevo suave ondulado. Possuem potencial baixo a médio para agricultura e como fator limitante, apresenta baixa a muito baixa capacidade de retenção de água, em virtude de sua característica arenosa (EMBRAPA, 2014). Na área de estudo estão concentrados a NE e NO do polígono como visualizado na Figura 23, setores geologicamente correspondentes à Formação Barreiras.

Por fim, os Neossolos Flúvicos são solos profundos derivados de sedimentos fluviais, estratificados e com variação de textura e do teor de carbono orgânico em profundidade. Sua fertilidade natural varia de média a alta, e, sendo próprios de relevo plano, permitem a mecanização agrícola. Apresentam elevado risco de inundação periódica, salinização e solonização, restrição de drenagem ou de uso agrícola em alguns setores devido à legislação ambiental (EMBRAPA, 2014). Estão concentrados na área de estudo em toda porção Leste do polígono, setor correspondente a Unidade Geomorfológica Agradacional das Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, em destaque na Figura 23.

5.3.3 Planossolos

Os Planossolos ocorrem nas porções Oeste e NO da área de estudo conforme Figura 23, correspondendo à porção das Superfícies Aplainadas Degradadas (Depressão Sertaneja). Assim são solos típicos de áreas com cotas baixas, com destacada planura ou ondulação suave.

Os perfis mais típicos desses solos apresentam um horizonte A pouco espesso sobre um horizonte E de coloração pálida (desbotada), passando ligeiramente para um horizonte B permeável e com considerável elevação no teor de argila (LEPSCH, 2010). Conforme a EMBRAPA (2014), possuem drenagem restrita, alta suscetibilidade à erosão, elevado risco de salinização, pequena profundidade efetiva e pedregosidade superficial. Geralmente são utilizados como substrato para pastagem, pecuária extensiva, cultuas agrícolas anuais de subsistência.

Normalmente são pouco profundos, com horizonte superficial de cores clara, e do ponto de vista morfológico, são muito propensos aos processos erosivos, especialmente os de ação superficial (CUNHA *et al.*, 2010). Outra característica citada pelo autor, é o seu elevado valor de soma de bases e de saturação por bases, grandes quantidades de minerais primários, que podem ser naturalmente intemperizáveis, o que possibilita maior capacidade de fornecer nutrientes às plantas.

Conforme a EMBRAPA (2014), possuem drenagem restrita, alta suscetibilidade à erosão, elevado risco de salinização, pequena profundidade efetiva e pedregosidade superficial. Geralmente é utilizado como substrato para pastagem, pecuária extensiva, cultuas agrícolas anuais de subsistência.

5.3.4 Gleissolos

Os Gleissolos são solos constituídos por material mineral com “horizonte glei”, o que significa que eles são fortemente influenciados pelo lençol freático e por um regime dominante de umidade. Iniciam-se geralmente nos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo, ou a uma profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm (EMBRAPA, 2018).

Assim, caracterizam-se como solos comuns às baixadas úmidas. Sendo essas baixadas saturadas pela presença de água por longos períodos, o ferro presente nesses estratos é paulatinamente dissolvido e posteriormente removido pelo meio aquoso, resultando no surgimento de padrões acinzentados, característica marcante dos Gleissolos (LEPSCH, 2010).

A EMBRAPA (2014, p.14) os descrevem como “[...] solo mal a muito mal drenado com horizonte glei. Desenvolvido a partir de sedimentos colúvio-aluvionares sob hidromorfismo permanente ou sazonal. Apresenta cor acinzentada e ocorre em relevo plano no ambiente de várzea e de baixada [...]”, descrição muito próxima a de Lepsch (2010).

Os Gleissolos são encontrados na área de estudo na porção Norte do polígono como se mostra na Figura 23, equívante as terras baixas das Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres com maior expressão a partir da Barragem de Itaiçaba.

5.4 Aspectos vegetacionais

O conhecimento ao menos elementar das características de cobertura vegetal nativa de uma região é fundamental para o planejamento do espaço, para a implementação de políticas públicas e programas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais presentes na respectiva área.

Assim, destacando-se como cobertura vegetacional própria do clima semiárido e também da área de estudo, a Caatinga apresenta múltiplas fisionomias de paisagens, grande riqueza biológica, espécies pioneiras e variados tipos vegetais, sendo a Savana-Estépica a tipologia mais expressiva. Esta, por sua vez, apresenta aspectos singulares que a caracterizam, com destaque para a deciduidade e espinhosidade, a presença de muitas cactáceas e bromeliáceas, condicionada por fatores como baixa pluviosidade, altas temperaturas e luminosidade tropical (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003; SILVA *et al.*, 2003; NOGUEIRA JUNIOR; DOMPIERI; CRUZ, 2019).

A área mais típica e contínua, o “core” ou “área nuclear” do bioma Caatinga, compreende o Sertão Semiárido Nordeste (AB'SÁBER, 1974, 2007). O semiárido é marcado preponderantemente por um clima sazonal constituído por dois períodos anuais distintos. O primeiro se caracteriza como longo e seco, cuja dominância da *secura* é seu traço mais representativo, mas podendo ocorrer chuvas esporádicas (chuvas de primavera). Já o segundo período é curto, com chuvas torrenciais inconstantes que em alguns anos seguidos chegam a faltar, ou quando ocorrem, são inexpressíveis ou abundantes demais, a ponto de causar enchentes (AB' SÁBER, 1974, 2007; NOGUEIRA JUNIOR; DOMPIERI; CRUZ, 2019).

Essa sazonalidade repercute diretamente na vegetação do bioma Caatinga, conforme destacam Nogueira Júnior, Dompieri e Cruz (2019, p. 6).

Os contrastes fisionômicos são muito acentuados entre a estação chuvosa e a estação seca, com variações de um local para o outro e no mesmo local, conforme a estação do ano. Em uma época a vegetação está sem folhas, em outra época está coberta pelo verde da enorme quantidade de folhas das ervas e da abundante ramificação dos arbustos e das árvores. Esta paisagem só é interrompida em poucas situações, principalmente pela presença de formações florestais (deciduais e/ou semideciduais) e de Savana, associada a ambientes especiais como áreas serranas, brejos e outros tipos de bolsões climáticos mais amenos.

A respeito da sazonalidade climática do Sertão Semiárido Nordestino e de suas marcas impressas na paisagem de forma geral, e na Caatinga de modo específico, merece relevo a importante contribuição de Ab' Sáber (2007, p. 85-86) quando o mesmo descreveu que:

Não existe melhor termômetro para delimitar o Nordeste seco do que os extremos da própria vegetação da Caatinga. Até onde vão os diferentes fâcies de Caatingas de modo relativamente contínuo, estaremos na presença de ambientes semiáridos. O mapa da vegetação é mais útil para definir os confins do domínio climático regional do que qualquer outro tipo de abordagem, por mais racional que pareça.

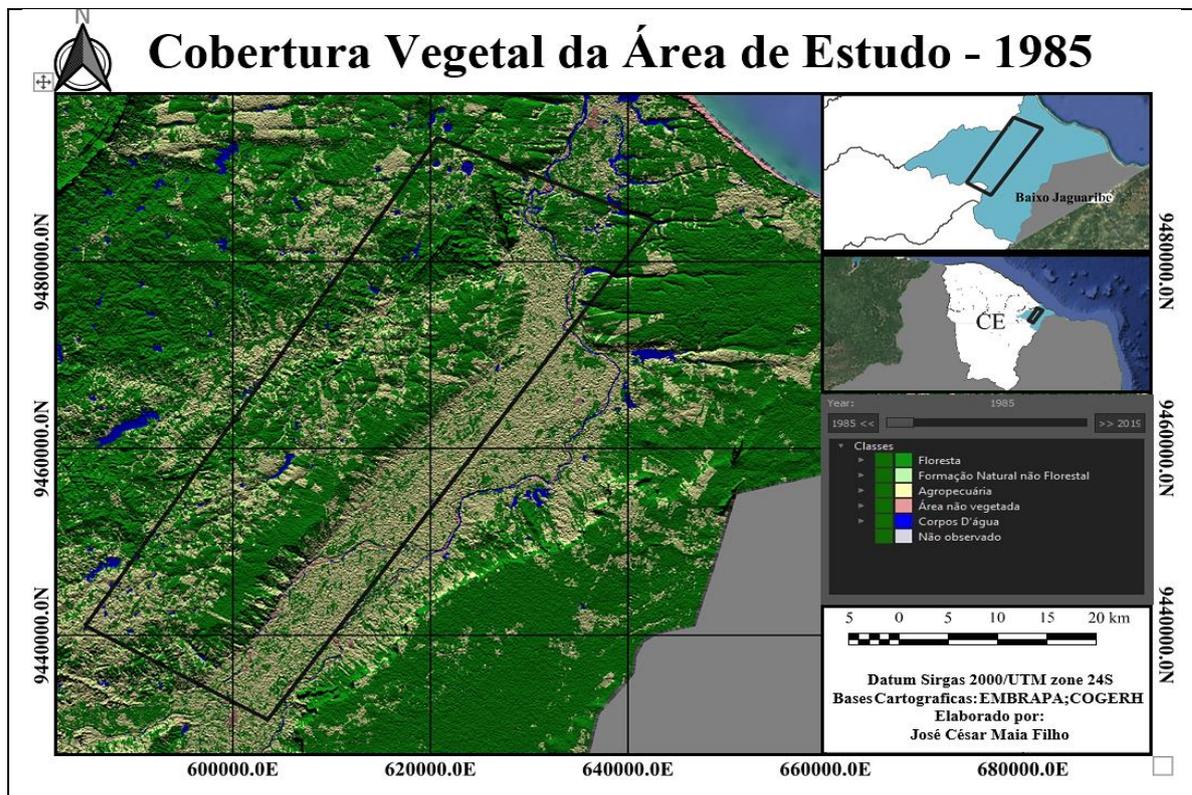
Nessa perspectiva a Caatinga abrange variadas formações da Savana-Estépica. Este termo formado a partir de um binômio foi criado e apresentado por Trochain no período de 1946 a 1954 e reafirmado no Acordo Interafricano sobre os Tipos de Vegetação da África Tropical, continuando em uso na literatura nacional e internacional até os dias atuais. Foi originalmente usado para designar uma vegetação tropical de características estépicas na África, as quais as nossas muito se assemelham (IBGE, 2012).

O termo Savana-Estépica é empregado pela literatura pátria para designar tipologias vegetais campestres, em geral com estrato lenhoso decidual e espinhoso. Possuindo características estacionais e decíduas, essa vegetação apresenta categorias variáveis que vão desde o nível arbóreo (lenhosas) como o Pau-branco-louro (*Cordia glaziovian*), o *Sabiá* (*Mimosa caesalpiniiifolia*) e o *Cumarú* (*Amburana cearensis*) até a categoria de espécies de menor porte (arbustos não lenhosos) como o Marmeleiro-do-mato (*Croton sonderianus*), o Velame (*Croton heliotropiifolius*) e o Velame-do-campo (*Croton campestris*). A Savana-Estépica abarca também numerosas plantas suculentas, sobretudo cactáceas e até muitas espécies de gramíneas (IBGE, 2012; NASCIMENTO et al., 2022).

Pela razão de ser composta por grande diversidade de espécies, a vegetação da Caatinga costuma ser dividida em Caatinga arbórea, Caatinga arbustiva, mata seca e carrasco, cujo objetivo é agrupar as espécies mais próximas uma da outra em categorias que melhor as represente (NASCIMENTO et al., 2022).

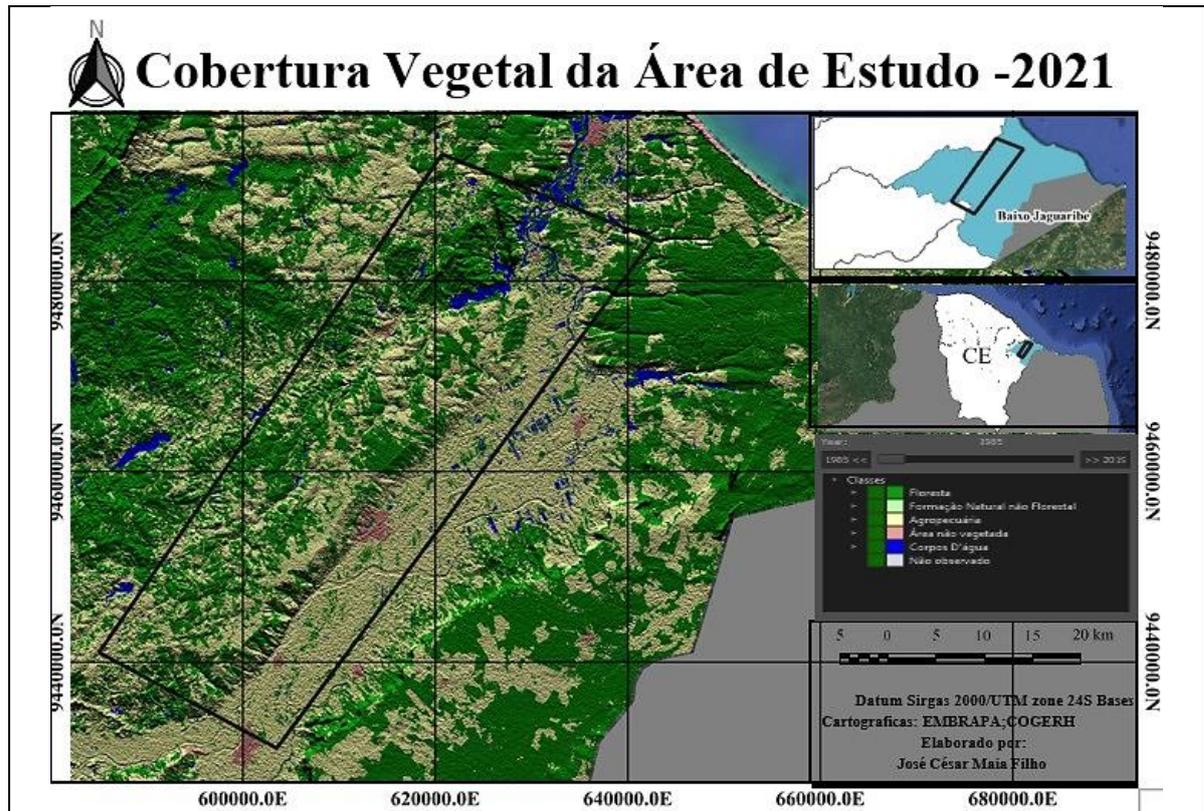
Assim, a Caatinga arbórea constitui-se de florestas altas com árvores que podem chegar a 20 metros de altura e dossel fechado, em que o estrato superior mede de 5 m a 7 m, com grossos troncos, em geral profusamente esgalhados. Nas estações chuvosas ocorre a formação de copas contínuas com mata sombreadas em seu interior (NOGUEIRA JUNIOR; DOMPIERI; CRUZ, 2019; NASCIMENTO *et al.*, 2022). Exemplos dessa categoria de Caatinga juntamente com a Caatinga arbustiva são cada vez mais raros de se encontrar na região dos Interflúvios Tabulares no Baixo Jaguaribe, diante das mudanças sucedidas pelo uso acelerado da terra ocorridas entre os anos de 1985 e 2021, situação verificada a partir da análise das Figuras 24 e 25. Desse modo, a Figura 24 evidencia que no ano de 1985 as áreas de borda dos tabuleiros (porção Centro-Leste do polígono) se encontravam mais conservadas e ainda recobertas por mata nativa, ao passo que a Figura 25 revela que no ano de 2021 essas mesmas porções foram transfiguradas, com supressão de maior parte da cobertura vegetal por múltiplas atividades produtivas, principalmente àquelas ligadas a agropecuária.

Figura 24 – Mapa de cobertura vegetal da área de estudo no ano de 1985



Fonte: Maia Filho, 2022

Figura 25 – Mapa de cobertura vegetal da área de estudo no ano de 2021



Fonte: Maia Filho, 2022.

No tocante a Caatinga arbustiva, a Figura 26 mostra que ela é composta por árvores de pequeno porte, chegando a 8 metros de altura. Geralmente costumam ser encontradas em áreas mais baixas e planas, sendo caracterizadas por dossel mais espesso. Na área de estudo, esta classe de Caatinga também apresenta perdas quantitativas relevantes de sua cobertura vegetal nativa como evidenciada na Figura 26, sobretudo pela expansão de áreas de agricultura e pastagem e crescimento da infraestrutura urbana (NOGUEIRA JUNIOR; DOMPIERI; CRUZ, 2019; NASCIMENTO *et al.*, 2022; SOUZA; SOUSA, 2022).

Figura 26 – Caatinga Arbustiva aberta na depressão sertaneja em Russas/CE. O exemplar maior em meio aos arbustos sinaliza possível sucessão secundária (regeneração) de Caatinga Arbórea Aberta na área de estudo



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 27 – Resquílios de caatinga Arbustiva aberta em borda de tabuleiro – Russas/CE. Incisões erosivas potencializadas pela retirada da vegetação



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Já em relação à mata seca, esta pode ser caracterizada como uma floresta existente em encostas e topos de serras e chapadas, com a característica de não perder a maioria de suas folhas durante a seca (NASCIMENTO *et al.*, 2022). Ela aparece pontualmente na área de estudo

na Serra de Ererê, que integra o Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos (Figura 16). Isso se deve nem tanto pela altitude da Serra de Ererê, mas, sobretudo, à dinâmica climática. Conforme Maia (2005), nesse setor domina o Clima Tropical Quente Semiárido Brando, cujas massas de ar geram precipitações pluviométricas maiores em regiões próximas ao litoral. Tal fato parece ser válido, pois essa mata sequer aparece nas escarpas da Chapada do Apodi, de altimetria parecida da Serra de Ererê, mas situada em porção que adentra um pouco mais o continente, sob influência do Clima Tropical Quente Semiárido.

Por fim, o carrasco é uma vegetação que somente é encontrada a oeste da Chapada da Ibiapaba e ao sul da Chapada do Araripe, sendo composta por arbustos de caules finos, tortuosos e emaranhados, não estando presente na área de estudo (NASCIMENTO *et al.*, 2022).

5.5 Aspectos hidrográficos

A área de estudo pertence à Sub-bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio Jaguaribe, cujo rio de mesma denominação possui uma extensão de 680 km a partir da delimitação de sua nova nascente. Todavia, os autores acrescentam que essas medidas são ainda maiores e alcançam até 705 km, considerando-se o traçado atual do talvegue do rio. Determinada em estudo recente, o rio se estende a partir de sua nascente no Riacho Carrapateiras - Serra das Pipocas - na divisa entre os municípios cearenses de Tauá, Pedra Branca e Independência até encontrar o Oceano Atlântico em sua foz no Canto da Barra em Fortim/CE (CASTRO *et al.*, 2020).

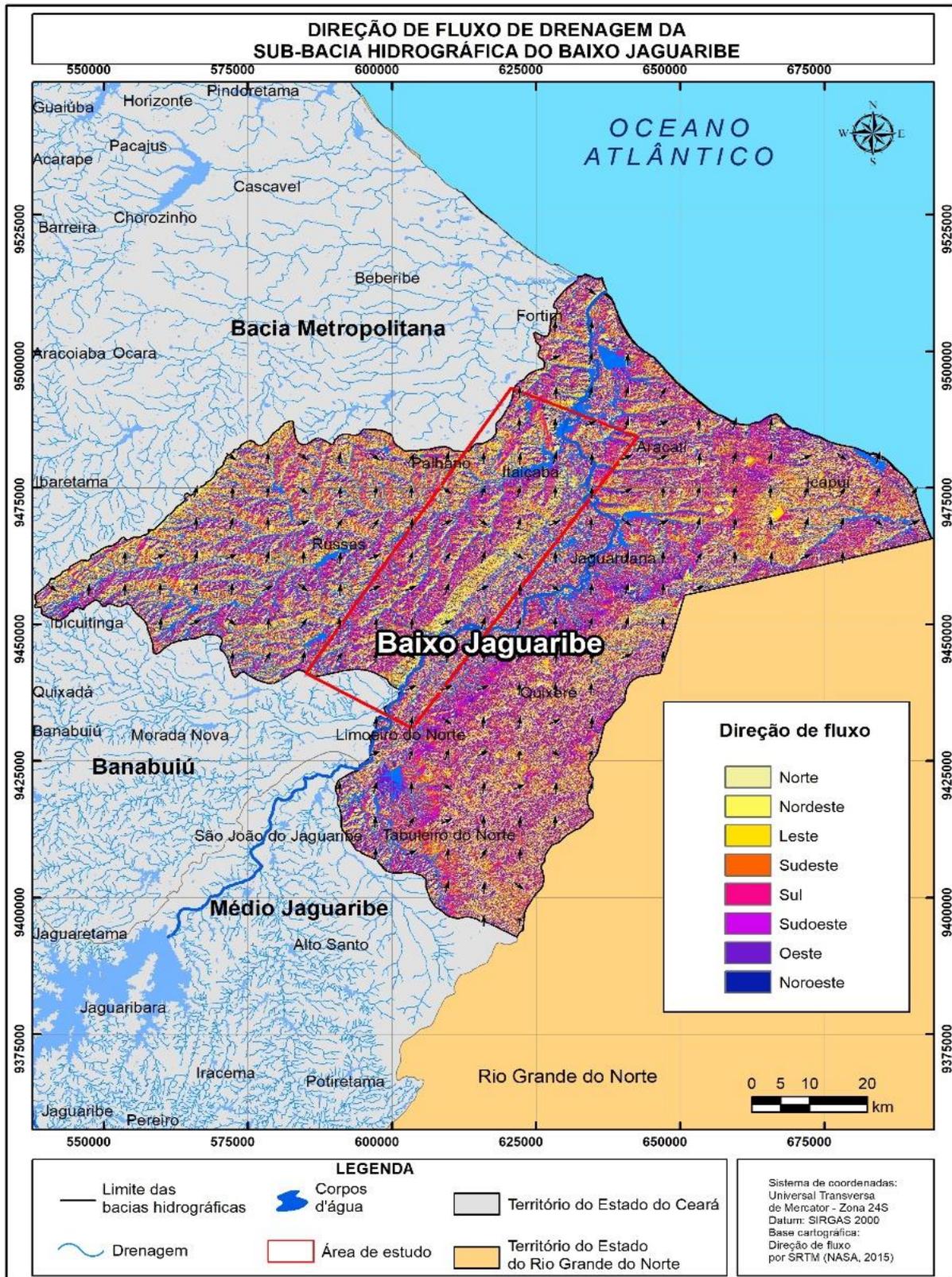
A grande bacia hidrográfica do rio Jaguaribe drena uma área de 74.201 km² equivalente a 51,01% do território cearense, daí sua importância para o estado do Ceará, sendo estratégica para o crescimento econômico do estado em virtude da grande capacidade de reserva hídrica. É formada a partir da junção de 05 (cinco) sub-bacias, cujos nomes, áreas de drenagem e percentual de ocupação do território cearense são destacados a seguir: Sub-Bacia do Salgado com 12.865 km² (8,25%), Sub-Bacia do Banabuiú com 19.316 km² (13,37%), Sub-bacia do Alto Jaguaribe com 24.636 km² (16,56%), Sub-bacia do Médio Jaguaribe com 10.509 km² (7,89%) e Sub-bacia do Baixo Jaguaribe com 6.875 km², correspondente a 4,94% do território do Ceará (ALECE, 2020; COGERH, 2023; NASCIMENTO *et al.*, 2022).

Esta bacia hidrográfica, no seu alto e médio curso, apresenta uma largura média de 220 km, passando a 80 km no baixo curso onde desenvolve uma planície situada em um grande vale que se alarga para jusante a partir do início dessa sub-bacia até encontrar a Formação Barreiras,

que juntamente com retorno de um controle estrutural mais rígido, condicionam uma diminuição imediata em sua largura a NO do Baixo Jaguaribe (MAIA, 2005; SILVA, 2017).

Conforme observado por Cavalcante (2012), o alto e médio cursos do Jaguaribe apresentam controle estrutural mais nítido, onde inflexões repentinas e em desarmonia com o traçado anterior, inclusive com o aparecimento de alguns cotovelos de 90° (graus) que evidenciam essa dinâmica modulando a direção do fluxo de drenagem, como se demonstra nas Figuras 26 e 27. Partindo de sua nascente o rio segue direção NO-SE avançando depois na direção Leste até a foz do rio Salgado. A partir daí o rio modifica bruscamente seu trajeto seguindo na direção Norte e, a jusante do açude Castanhão, já no Médio Jaguaribe, o rio segue um longo trajeto na direção Nordeste até o município de Jaguaruana, já no Baixo Jaguaribe. A partir daí o rio tangencia de novo ligeiramente para o Norte e em seguida ocorre uma brusca inclinação para a esquerda (cotovelo de 90° graus). Nas imediações de Jaguaruana e Itaiçaba o rio tangencia ligeiramente para NO com nova inclinação forte para a esquerda, quase se posicionando num transecto NO/SE de sua fase inicial (nascente), seguindo essa direção preferencial de fluxo com ligeiro serpenteamento até sua foz no município de Fortim, conforme demonstrado na Figura 29 (CAVALCANTE, 2012; SILVA, 2017).

Figura 28 – Mapa de direção de fluxo do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará, destacando-se a área (polígono) de interflúvios tabulares na respectiva bacia



Fonte: Marques (2023).

Em caráter geral, a bacia do rio Jaguaribe apresenta drenagem do tipo subdendrítica, marcada pelo substrato cristalino. Essa tipologia envolve a presença de cursos d'água mistos, relativamente extensos e espaçados, denotando alta hierarquia, com fraca assimetria e angularidade média, distribuindo-se de forma multidirecional ordenada, notadamente no alto e médio curso. Os padrões de canais observados no alto curso costumam ser do tipo retilíneo ou pouco sinuoso. Já a transição do médio para o baixo curso apresenta diferentes padrões, marcado pela preponderância de deposição, podendo ser classificado como do tipo *Wandering gravel-bed* (CAVALCANTE, 2012; SILVA, 2017).

Contribuindo com as discussões Maia (2005) ratifica que o padrão da rede de drenagem no Baixo Jaguaribe varia de “subdendrítico” com adensamento de canais em direção à montante à SO da bacia a “anastomosado” no restante da bacia (Figura 28), correndo por vários canais que se abrem em dois ou mais e confluem mais adiante com os mesmos ou com outros canais (CPRM, 2022). Segundo Maia (2005), na maior parte do baixo curso os canais costumam ser de 3° e 4° ordem, drenando elevado volume de água em uma superfície onde a ramificação é menos expressiva.

Desse modo a bacia do rio Jaguaribe se comporta como um dispersor de drenagem através da chamada “Depressão do Jaguaribe”, derivada a partir de processos morfoestruturais, cuja drenagem em direção ao Atlântico é condicionada por rigoroso controle estrutural. Em suas adjacências, formou-se um amplo anfiteatro erosivo voltado para o referido oceano. Nesse contexto, a bacia do Jaguaribe se instalou na parte central do anfiteatro erosivo favorecendo a dissecação, haja vista que o rio segue no sentido NE-SO coincidente com a preferência das Zonas de Cisalhamentos Brasileiras, cujas rupturas e deformações texturais e estruturais do conjunto de rochas se deram a partir da abertura do Oceano Atlântico no Cretáceo superior por meio de esforços distensivos que ocasionaram o afinamento crustal, fato que favoreceu a dispersão da drenagem em direção ao oceano. Quanto ao baixo curso do rio, o mesmo também está instalado em um graben proveniente da reativação de uma falha transcorrente, o que ratifica o controle estrutural, embora em menor proporção ao alto e médio curso (MAIA; BEZERRA; CLAUDINO-SALES, 2008; MAIA; BEZERRA, 2012; SILVA, 2017; CPRM, 2022).

Tratando-se especificamente da Sub-bacia do Baixo Jaguaribe (Figura 28), ela se caracteriza como uma bacia receptora por se encontrar na porção mais baixa desse curso d'água. Assim, nessa região, o rio Jaguaribe é perenizado pelos açudes do Médio e Alto Jaguaribe -

Castanhão e Orós, respectivamente, bem como pelas bacias dos rios Salgado e Banabuiú - açude Banabuiú (ALECE, 2020; COGERH, 2023).

Essa sub-bacia apresenta uma capacidade de acumulação de águas superficiais de 25.050.893 milhões de m³, tendo um único açude o Santo Antônio de Russas que barra o rio Palhano (Figura 29), sendo gerenciado pela COGERH. A oferta hídrica é também complementada pelos sistemas subterrâneos da sub-bacia, destacando-se os aquíferos da Bacia Sedimentar Potiguar (Açu e Jandaíra), aquífero Aluvionar, aquífero Dunas e aquíferos fissurais no Cristalino - em menor proporção (ALECE, 2020; COGERH, 2023).

Figura 29 – Mapa do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará, destacando-se a área (polígono) de interflúvios tabulares na respectiva bacia



Fonte: Marques (2023).

Pelas suas características naturais, o Baixo Jaguaribe se configura geomorfologicamente por uma extensa planície aluvial (MAIA, 2005). Tal espaço foi valorizado historicamente em

função da planura de seus terrenos, pela existência de bons solos e água em maior abundância, condições que credenciaram essa região a uma promissora área para o desenvolvimento de atividades agrícolas.

Por esta razão, enxergando o potencial da região para a prática de atividades produtivas ligadas ao setor primário, foram promovidas intervenções no alto e médio curso do rio Jaguaribe e no médio Banabuiú, visando maximizar a oferta hídrica do Baixo Jaguaribe diante de uma demanda crescente. Assim, ocorreu a implementação de grandes projetos estruturantes por parte do Estado, como a construção dos açudes Orós com capacidade de armazenar (1,9 bilhão de m³ de água), o Banabuiú (1,6 bilhão de m³) e o Castanhão (6,7 bilhões de m³), que juntos passaram a contribuir com a perenização do vale (ALECE, 2020; COGERH, 2023).

Não bastassem as grandes intervenções rio acima, foram realizados 08 (oito) barramentos menores no rio Jaguaribe, a maioria em seu baixo curso. Estas intervenções (grandes e pequenas) ao mesmo tempo em que facilitaram a produção, promoveram mudanças sem precedentes na morfologia e deposição da planície aluvial, como já mencionado. Dentre os pequenos barramentos, destacam-se: Barragem de Santana, Passagem Molhada de Tabuleiro (Médio Jaguaribe), Barragem das Pedrinhas visualizada na Figura 30, Barragem da Cabeça Preta, Barragem de Quixeré, Barragem do Sr. Eduardo, Barragem Serafim Dias e Barragem de Itaiçaba mostrada na Figura 31, sendo as 06 (seis) últimas, no Baixo Jaguaribe (ALECE, 2020; COGERH, 2023).

Figura 30 – Barragem das Pedrinhas – Limoeiro do Norte/CE, situada no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 31 – Barragem de Itaiçaba/CE, situada no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará



Fonte: Acervo do autor, 2022.

5.6 Paradigma econômico e o uso da terra

A ocupação do Baixo Jaguaribe tem suas origens a partir do século XVIII, cujo uso de seu espaço se correlaciona a sucessivos ciclos econômicos estabelecidos na região, os quais também foram responsáveis por promover transformações sócioespaciais em suas paisagens. Importante destacar que o início de um novo ciclo econômico não significa o fim do antigo, mas apenas a dominância de atividades ligadas ao primeiro em relação ao segundo. Assim, o primeiro ciclo foi marcado pela interiorização da criação de gado, na qual a paisagem sertaneja começou a ser pontilhada por fazendas, cuja criação de bovinos teve maior expressividade. Em torno dessas propriedades aglutinava-se grande contingente de trabalhadores, que paulatinamente originou as primeiras vilas, distritos e cidades próximas ao curso do rio, contribuindo, desse modo, para a ocupação dos vastos sertões no Baixo Jaguaribe. Ademais, a valorização do espaço Jaguaribano e em particular do Baixo Jaguaribe como lugar privilegiado para ocupação resta evidenciado na distribuição das sesmarias entre os séculos XVII e XIX, onde se constata que 296 delas equivalentes a 43% do total situavam-se na bacia do Jaguaribe, sendo sempre divididas tomando o trecho do rio como referencial de modo a ocupar toda planície aluvial em ambas as margens e, a partir delas, a demarcação atingia os terrenos mais altos como os dos tabuleiros. Por fim, a partilha dessas terras lançou as bases dos primeiros

latifúndios no vale do Jaguaribe com o propósito de criação de gado bovino de forma extensiva (SOARES, 2002, 2003; MAIA, 2005; COSTA, 2009; PANTALENA; LIMA, 2014; MAIA, 2014; ASSIS *et al.*, 2020).

Do exposto, percebe-se que o rio funcionava como marco regulador da ocupação. Logo a pecuária se desenvolveu a partir da disponibilidade humana para a lida diária com o gado, da existência de amplas planícies, vocações dos solos para pastagens e relativa abundância de água (ASSIS; PEREIRA, 2014). Tais condições foram fundamentais para que a pecuária despontasse como vetor no processo de ocupação, pois esta aumentava paulatinamente com o crescimento daquela, graças à reunião de circunstâncias favoráveis no espaço do Baixo Jaguaribe.

O gado multiplicava-se espontaneamente nas caatingas abertas e fartamente tapetadas de excelentes ervas forrageiras e leguminosas; o clima particularmente propício facilitava o trabalho do vaqueiro, a vegetação arborescente pouco espessa propiciava a revista e pega do gado (SUDENE-ASMIC, 1967, p. 26).

Por outro lado, acrescenta-se que a pecuária trouxe ainda em uma curta linha temporal, rápidas respostas econômicas às sociedades sertanejas em vias de desenvolvimento. Aliado a este aspecto, surgem também às primeiras evidências de degradação ambiental, pois a expansão econômica pautava-se, de maneira geral, num modelo exploratório e sem respeitar a capacidade de resiliência dos ecossistemas sertanejos (ASSIS; PEREIRA, 2014; ASSIS *et al.*, 2020).

Dessa maneira, a criação do gado transformou o cenário dos sertões ao longo do tempo. A criação dos rebanhos, de maneira geral acontecia de forma extensiva como demonstrado na Figura 32.

Assim, o gado se multiplicou caatinga adentro, inicialmente em áreas da planície fluvial, mas ocupando também vastas porções dos terraços fluviais nas quais se concentraram algumas fazendas, a exemplo da Fazenda Maia e Fazenda Faceira. Próximo a esta última, o Grupo de Estudos do Vale Jaguaribe (GEVJ) - missão franco-brasileira de pesquisadores coordenado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) na década de 1960, denominou o extenso pacote sedimentar existente na confluência dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú de Formação Faceira (SUDENE-ASMIC, 1967; LIMA, 2020; COSTA; PINHEIRO, 2021).

Esse modelo de criação impõe a retirada da vegetação natural das caatingas para dar lugar às pastagens e a abertura de caminhos para a passagem do gado, deixando os solos desprotegidos e mais vulneráveis e suscetíveis a erosão desde este período (GUERRA, 2009; ASSIS; PEREIRA, 2014; ASSIS *et al.*, 2020).

Atualmente é possível a criação de gado confinado ou semiconfinado no semiárido como mostra a Figura 33, graças a técnicas de irrigação modernas e de tecnologias voltadas à agricultura precisão e de densas pastagens, como ocorre no Distrito Irrigado Tabuleiros de Russas – DISTAR. Ressalta-se que independente do sistema de criação adotado (extensivo ou semiconfinado), ambos trazem grandes prejuízos ambientais pela supressão da caatinga para a manutenção de pastos.

O sobrepastoreio é também um problema recorrente, pois a alta densidade de animais gera um pisoteio excessivo em solos com baixa capacidade de suporte. O resultado é o surgimento de uma cadeia de mutações nas propriedades pedológicas que envolvem a compactação, a impermeabilização, o aumento do escoamento superficial, a erosão e a degradação progressiva da terra (PINHEIRO, 2011).

Assim, é grande o número de áreas em franco processo erosivo no Baixo Jaguaribe, motivados ora pela substituição total da vegetação nativa por áreas de pastagens, ora pela predominância de caatingas que se exibem num padrão fisionômico aberto e com biomassa escassa, que tanto em um caso como em outro não oferecem proteção aos solos e intensificam o escoamento superficial. O resultado desta dinâmica é o surgimento de sulcos de erosão e ravinamentos que se expandem em muitas áreas da bacia e do polígono da área de estudo, em porções com chãos pedregosos, matacões, planície aluvial e Interflúvios tabulares (GUERRA, 2009; ASSIS; PEREIRA, 2014; ASSIS *et al.*, 2020).

Figura 32 – Criação extensiva de gado em área da depressão sertaneja em Russas/CE



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Figura 33 – Criação de gado semiconfinado em lote no Distrito Irrigado Tabuleiros de Russas – DISTAR, situado na área dos interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Conforme Costa (2009, p. 51) “[...] primordialmente, a criação de gado tornou-se a principal atividade desenvolvida nessa região, todavia, consorciada com esta, praticava-se uma agricultura de subsistência nas áreas de vazantes, durante os longos períodos de estiagens [...]”.

Ao longo do tempo a região jaguaribana experimentou momentos áureos, de fartura. Eis que surge justamente daí um problema econômico do qual os produtores não imaginavam, haja vista que a criação de gado na região passou a exceder a capacidade de consumo interno, uma vez que das rezes abatidas pouco era aproveitado, apenas o couro para a fabricação de vestes e utensílios indispensáveis à vida sertaneja (GIRÃO, 1996; COSTA, 2009).

Frente a isso, a alternativa encontrada pelos criadores foi a de exportar o gado para o Nordeste canavieiro, que necessitava de alimentos para abastecer a população que se concentrava nas proximidades dos engenhos, bem como para as áreas de mineração que se expandiam na Bahia e Minas Gerais. Desse modo, o problema recém-apresentado foi contornado somente por um tempo, pois logo os criadores acumularam grandes prejuízos com o traslado do gado por grandes distâncias. Esses deslocamentos causavam a perda de peso e a desvalorização dos animais ao chegar aos mercados consumidores (MAIA, 2005; COSTA, 2009).

Mais uma vez diante de um empecilho foi que se iniciou o segundo ciclo econômico também ligado a pecuária; trata-se do período de charqueadas (século XVIII), em que se optou em transportar os animais abatidos. Para tanto a carne era salgada, secada ao sol e, posteriormente transportada ao destino final. Na região jaguaribana, especialmente no Baixo Jaguaribe as fábricas de beneficiamento de carne, também chamadas de oficinas, ocuparam o estuário do Jaguaribe (MAIA, 2005; COSTA, 2009; PANTALENA; MAIA, 2014).

O comércio do charque possibilitou a ampliação das vilas e núcleos urbanos estabelecendo na região produtora uma teia de relações políticas, econômicas e sociais que dinamizaram aquele espaço. As rotas comerciais possibilitaram ainda o surgimento de uma próspera sociedade situada no entorno das oficinas de charque e nos locais de engorda do gado, com destaque para Aracati e Limoeiro do Norte/Russas, respectivamente (MAIA, 2005; COSTA, 2009).

Todavia essa atividade inicia sua decadência potencializada por fatores de ordem natural. Sobre esse ponto Lima (2012, p. 2) aponta elementos bastante esclarecedores que levaram ao declínio das charqueadas no Ceará e no Baixo Jaguaribe.

[...] essa atividade econômica sofreu um golpe da natureza: as adversidades climáticas típicas da região semiárida. Após as grandes secas de 1777, 1778, 1790 e 1793, a maior parte do rebanho bovino foi dizimada, afetando a produção de charque no Ceará. A partir desses episódios o charque passou a ser produzido no Rio grande do Sul estado com clima mais estável, fator de grande importância para a criação de gado bovino [...].

Entretanto, autores como Silva (1994), Girão (1996), Maia (2005) e Costa (2009) advertem que para além dos impactos provocados pelas estiagens, à concorrência com a carne oriunda do Rio Grande do Sul e ao despontar o algodão como nova possibilidade econômica, contribuíram sobremaneira para a decadência deste ciclo econômico.

De acordo com Costa (2009) a cultura algodoeira se firmou como terceiro ciclo econômico da região, impulsionado pela demanda do mercado inglês por algodão, uma vez que a Guerra de Secessão (1861 a 1865) nos EUA veio a beneficiar o Estado do Ceará, e de modo particular o Baixo Jaguaribe.

De modo particular a produção de algodão teve uma maior capilaridade em relação à pecuária, ao permitir maior exploração das terras do sertão cearense e do baixo jaguaribano. Logo, o seu cultivo não se restringiu apenas aos espaços úmidos das planícies e dos terraços fluviais, mas se espalhou pela Depressão Sertaneja, unidade ambiental de maior expressão no

Estado do Ceará (SOARES, 2000, 2002, 2003; MAIA, 2005; COSTA, 2009). Ao encontro deste pensamento, Guerra (2009, p. 160) aponta que:

O algodão se expandiu nos sertões do Vale do Jaguaribe com uma força majestosa, chegando até as encostas dos Maciços e Cristas Residuais. Quanto maior fosse a demanda, maior seria a oferta. Para isto, seguiam sertão adentro e sertão afora – como as antigas rotas de gado –, retirando a vegetação nativa e tornando aqueles espaços outrora ocupados com a mata em “capoeira de algodão”, alastrando-se por todos os lados, durante séculos.

Especificamente nos tabuleiros e em tempo mais recente, a adaptação da cotonicultura foi tão boa que na concepção do projeto do Distrito Irrigado Tabuleiro de Russas (DISTAR), o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) inseriu o algodão entre as dez culturas que obrigatoriamente deveriam ser plantadas (VIANA JÚNIOR; MAUPEOU, 2018; LIMA, 2020).

Nesse ritmo vertiginoso, o binômio gado-algodão, logo, contribuiu para o crescimento econômico do Baixo Jaguaribe, sendo ainda o algodão a principal cultura agrícola do Ceará e da região jaguaribana durante as primeiras décadas do Século XX (COSTA, 2009). Tal fato é notório, em particular, pois “[...] na década de 1920, sua importância era tão grande que correspondia 70 a 80% das exportações do Estado [...]” (FERREIRA NETO, 2003, p. 446).

Por outro lado, tal expansão se dava à custa da derrubada cada vez maior da mata nativa, cujos impactos gerados pela ação humana predatória na exploração de um bioma frágil como a caatinga têm levado ao empobrecimento dos solos da área de estudo, a um aumento na carência de água livre na superfície e nos lençóis subterrâneos, ao desaparecimento de espécies vegetais, ao aumento de áreas de solo exposto e a potencialização dos processos erosivos (GUERRA, 2009; ASSIS; PEREIRA, 2014).

Seguindo com o retrospecto histórico do paradigma econômico adotado para o Baixo Jaguaribe ao longo do tempo, em que o usufruto da terra foi tomado como referência, chega-se ao quarto ciclo experimentado na região. Dessa maneira, em meados do Século XX, a região tem sua economia dinamizada pelo extrativismo vegetal, tornando-se a extração da cera de carnaúba (*Copernicia prunifera*) a principal atividade desenvolvida nessa região, utilizada em larga escala como matéria prima para a indústria de ceras, graxas e derivados (SOARES, 2000, 2002, 2003; MAIA, 2005; COSTA, 2009).

Logo, em aproximadamente três décadas (1930 a 1960), período que marcou a história do Vale do Jaguaribe como o “Ciclo da Cera de Carnaúba”, viu-se o enriquecimento dos proprietários que possuíam terras cobertas por carnaubais. Nem todos, no entanto, puderam ser

beneficiados por esse processo, pois era preciso grande quantidade de carnaubal para se auferir lucros vultosos (COSTA, 2009). Nessa perspectiva, conforme Soares (2000, 2003) para se atingir cifras significativas na produção de cera, era indispensável possuir, no mínimo, entre 43 e 72 hectares de terras cobertas por carnaúbas.

Percebe-se, pois, a existência de um sistema de produção excludente, a exemplo dos demais ciclos econômicos, uma vez que aos pequenos proprietários, restava apenas a venda dos seus carnaubais, já que não detinham condições financeiras para arcar com o pagamento das tarefas requeridas na extração da cera (MAIA, 2005; COSTA, 2009).

Do que se expôs até aqui sobre a dinâmica do uso da terra no Baixo Jaguaribe, é importante destacar que o extrativismo da carnaúba, realizado de maneira natural durante algum tempo, talvez tenha sido a atividade que menos trouxe impactos negativos ao meio ambiente.

Acrescenta-se que de maneira indireta o extrativismo da carnaúba até ajudou a conservar os recursos naturais como os solos, as margens do rio, a mata ciliar, pois durante o período áureo as várzeas do Jaguaribe recobertas por vastos carnaubais eram protegidas de ações que possibilitassem o extermínio dessa planta e de outras formações vegetais de seu entorno. Isto, contudo, não advinha de preocupações ecológicas, e sim econômicas, pois, quanto mais unidades de carnaúbas existissem em determinada propriedade, mais aumentava o poder dos “barões da cera” (SOARES, 2000, 2003; COSTA, 2009).

Mesmo com a alta valorização da cera carnaúba, existiam áreas descobertas por essa vegetação nas várzeas do Jaguaribe, sendo esses vazios resquícios de usos predatórios no passado, principalmente quando essa planta não tinha notoriedade econômica e os exemplares mais novos eram derrubados para alimentar dos rebanhos nas longas estiagens (COSTA, 2009).

Visando auferir mais lucros alguns proprietários passaram a preencher os espaços vazios com novas espécies de carnaúba. Posteriormente, iniciaram o desmatamento de áreas específicas de caatinga e começaram a cultivar a carnaúba em outras áreas, a exemplo das porções mais baixas dos Tabuleiros Interiores no Município de Russas como se visualiza na Figura 34, feições de relevo por nós denominados de Interflúvios Tabulares (COSTA, 2009). Com isso, a atividade se afastou do legado conservacionista de outrora e se inseriu nos moldes típicos de exploração capitalista, pressionando os recursos naturais e desequilibrando a relação sociedade e natureza (ARAÚJO; BASTOS, 2019).

Figura 34 – Testemunho do plantio de carnaúbas na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – Russas/CE. O espaçamento e o alinhamento entre as plantas confirmam a semeadura



Fonte: Acervo do autor, 1989.

Com o propósito de fomentar o plantio da carnaúba o estado passa a conceder linhas de créditos por meio de um banco público estatal, cujo mote do programa consistia em recuperar áreas degradadas e propensas a erosão. Na realidade, tais incentivos se restringiram a um grupo seleto de proprietários, os mesmos “barões da cera”, que detinham bens a oferecer em garantia. Assim, na década de 1940, o Ministério da Agricultura iniciou um programa para incentivar o plantio de carnaúba, que tinha por objetivo servir como fonte de renda além de reflorestar áreas sujeita a erosão (BNB, 1972; COSTA, 2009).

Segundo estimativas realizadas pelo BNB (1972), até o ano de 1939, os Municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte detinham cerca de 894.000 exemplares de carnaúbas adultas, resultado do plantio de mais de três milhões de sementes ofertadas pelo banco (COSTA, 2009).

No entanto, como toda sucessão econômica, o declínio se fez presente como ocorreu com os demais ciclos experienciados pela sociedade jaguaribana. Desse modo, a crise veio após o intenso processo de substituição na indústria química de produtos naturais por sintéticos, como derivados de petróleo e etc. Como resultado, o preço da cera caiu, pondo fim num ciclo majestoso da economia a partir da cera de carnaúba (MAIA, 2005; LIMA, 2012).

Após essa crise da economia local, vislumbraram-se novas alternativas que fossem capazes de aproveitar ao mesmo a vocação regional e de promover o seu desenvolvimento e dinamismo a nível estadual. Foi então que surgiram os primeiros pomares irrigados movidos a cata-ventos, tecnologia inovadora e de baixo custo que se espalhou rapidamente pelo vale do Jaguaribe, dando início ao quinto ciclo econômico do Baixo Jaguaribe (LIMA, 2012).

Assim, os espaços dentro da Planície Aluvial tiveram na expansão da produção de frutas como banana, laranja, limão e goiaba o seu foco de dinamismo. O crescimento desses espaços cultivados com frutas (os pomares), a partir do uso do cata-vento se intensificou na década de 1950. Nos tabuleiros, os pomares se restringiram ao plantio de cajueiro de sequeiro, em que vastas áreas de caatinga foram suplantadas para o cultivo de caju. O crescimento de cidades como Fortaleza, Mossoró, Natal e Recife, importantes centros consumidores, contribuíram sobremaneira para essa expansão dos pomares no Baixo Jaguaribe. As melhorias no sistema viário, neste período, também foram fundamentais, pois facilitavam ainda mais os fluxos entre a região produtora e os mercados consumidores (SOARES, 1999; LIMA, 2012; PANTALENA; MAIA, 2014; LIMA, 2020; COSTA; PINHEIRO, 2021).

O desenvolvimento dessas cidades e o crescimento de sua população aumentaram a demanda por frutas frescas produzidas na planície e nos terraços do Baixo Jaguaribe. Essa dinâmica garantiu renda para os donos de sítios locais, que mesclavam a produção de seus pomares com a criação de pequenos e médios animais e a agricultura de sequeiro. Foi dessa maneira que a economia local se manteve durante a década de 1950, ajudando a lançar as bases da modernização agrícola na região (LIMA, 2012).

É nesse contexto que surge o processo de modernização agrícola a partir da década de 1970, com a preocupação do estado brasileiro em explorar as terras do vale do Jaguaribe utilizando técnicas de irrigação, haja vista a predisponibilidade de bons solos e o experimento positivo dos pomares dos últimos anos. Esse processo modernizador tinha também como objetivo a integração desse espaço à economia nacional, e mais tarde à economia internacional. Regionalmente, servia como resposta à crise da cera de carnaúba que ainda estava latente na região. Essa época marcou a criação dos primeiros perímetros públicos irrigados (sexto ciclo econômico), cuja produção foi centrada no plantio de arroz. Foi nesse contexto que se instalou o perímetro irrigado de Morada Nova em 1970. Posteriormente foi formatado o megaprojeto Baixo do Jaguaribe que previa a desapropriação de mais de 25.000 ha, instalando o perímetro irrigado de Jaguaruana em 1977 e implantando o Programa de Valorização Rural do Baixo e Médio Jaguaribe (PROMOVALE) no início dos anos 80. Neste período a rizicultura cresceu

tanto que avançou também sobre os espaços da produção de feijão, milho, mandioca e até das frutas (SOARES, 1999; MAIA, 2005; COSTA, 2009; LIMA, 2012).

No entanto, o cultivo ininterrupto de arroz durante praticamente duas décadas deixou um resultado ambiental catastrófico para algumas porções de terra no Baixo Jaguaribe. O arroz, típica cultura de inundação, mostrou-se inviável para a produção sequenciada em solos do semiárido, promovendo a salinização de grande parte dos solos pertencentes aos lotes dos primeiros perímetros públicos irrigados. O resultado foi tornar as terras dos perímetros improdutivas, culminando com o abandono dos lotes pela maioria dos colonos (SOARES, 1999; ROLIM, 2006; COSTA; PINHEIRO, 2021). Em particular, cita-se o exemplo do perímetro irrigado de Morada Nova, abandonado por muitos anos e cujos lotes têm sido usados recentemente para o desenvolvimento da carcinicultura.

No contexto de modernização agrícola do Baixo Jaguaribe são implantados novos perímetros públicos de irrigação. Assim, teve início em 1987 o Distrito Irrigado Jaguaribe-Apodi – DIJA e em 2004 o Distrito Irrigado Tabuleiro de Russas – DISTAR (OLIVEIRA, 2010).

Inicialmente o funcionamento desses novos perímetros foi pensado a partir do compartilhamento ou “uso comum” dos serviços de administração, operação e manutenção da infraestrutura, além da água usada e apropriada em comum pelos irrigantes e empresas. Entretanto, a chamada “agricultura empresarial”, ou “agricultura de firma”, apoiada em seu poderio econômico, passam a dominar a produção e a estrutura organizacional dos perímetros dentro de uma lógica capitalista que ficou conhecida como agronegócio (OLIVEIRA, 2010; CAVALCANTE, 2020).

A criação deles não chega a representar o surgimento de um novo ciclo, por entendermos que estes se constituem como uma continuação daqueles (primeiros perímetros), porém com alternâncias de visão, com a inserção de novas dinâmicas que ofereceram uma nova roupagem à paisagem local através do advento do agronegócio voltado para exportação visando ao atendimento das demandas do mercado internacional (MAIA, 2005; COSTA, 2009; OLIVEIRA, 2010; LIMA, 2012).

Nessa seara, o agronegócio dinamizou o processo produtivo com o incremento de novas possibilidades de plantio no semiárido nordestino, cearense e jaguaribano, inclusive em áreas situadas nos Interflúvios Tabulares ou zonas de contato com estes, como mostrado na sequência adiante pelas Figuras 35, 36, 37, 38. Contribuiu também para maximizar equilíbrio da balança

comercial cearense, que há muitos anos tem resultados expressivamente positivos (NASCIMENTO *et al.*, 2022).

Figura 35 – Frutas nobres produzidas no DISTAR – Russas/CE – Plantio de pitaya, em área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 37 – Frutas nobres produzidas no DISTAR – Russas/CE – Plantio de goiaba, em área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 36 – Frutas nobres produzidas no DISTAR – Russas/CE – Plantio de uvas, área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 38 – Carga de melancia para exportação produzida no DISTAR – Russas/CE, em área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Por outro lado, a modernização da agricultura baseada na lógica de produção capitalista por meio do uso predatório, irracional e indiscriminado dos recursos naturais existentes, promoveu outros desdobramentos com custos ambientais e sociais dela decorrentes, como a redução da cobertura vegetal nativa, a exposição dos solos à ação erosiva da chuva, o ressecamento das nascentes, conflitos territoriais, doenças agudas e crônicas por contaminação com agrotóxicos, desigualdades sociais no campo, injustiça socioambiental, dentre outros (CAVALCANTE, 2020; SOARES, 2000, 2003; ASSIS *et al.*, 2019; SOUZA; SOUSA, 2022).

O agronegócio promoveu ainda alternância nas relações de poder no campo, a ponto de o pequeno agricultor vender sua terra e passar então a trabalhar como assalariado, além de atrair contingente populacional de outras regiões, acelerando a urbanização, inclusive em áreas de borda de tabuleiro (LIMA, 2012; CAVALCANTE, 2020).

Alinhada a essa conjuntura, o Baixo Jaguaribe e também a zona dos Interflúvios Tabulares vem incorporando novas práticas produtivas ainda mais degradantes, como a atividade ceramista, a carcinicultura e a mineração, esta última com a extração indiscriminada de areia e piçarra.

Quanto a atividade ceramista, sua expansão aconteceu na década de 1980 no município de Russas, espalhando-se a partir daí para outros locais como o Distrito de Flores, localizado nesta mesma circunscrição municipal. Do ponto de vista ambiental a cadeia produtiva da indústria de cerâmica se caracteriza como uma atividade altamente degradante, pois cada etapa do processo produtivo repercute de maneira negativa no meio ambiente, desde a remoção da mata de várzea para extração da argila, o que potencializa a erosão, pelo uso de lenha da caatinga para queima nos fornos até a emissão de fumaça e fuligem no ar oriundos dessa combustão. A exemplo do agronegócio, a oferta de postos de trabalho nesta atividade também atraiu trabalhadores de municípios circunvizinhos, sendo que em alguns casos famílias inteiras buscaram o Distrito de Flores para morar e trabalhar. Essa dinâmica imprimiu novos contornos sócioespaciais ao lugar com a crescente urbanização desordenada e irregular na borda do tabuleiro, onde o preço dos terrenos era mais acessível aos trabalhadores recém-chegados (MENDES, 2012; SANTOS; CASTILHO; COSTA, 2022).

No que se refere a carcinicultura, esta é uma das atividades econômicas que mais tem crescido no mundo e no Brasil na atualidade. Nessa perspectiva, a região Nordeste é responsável pela quase totalidade (99,6%) da produção de camarão do Brasil, sendo que os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte juntos concentram 69% da produção brasileira deste crustáceo. Em território cearense, a carcinicultura foi uma das atividades produtivas que mais cresceu nos

últimos 10 anos ao registrar um incremento de 271% neste período (ROCHA; FERNANDES, 2022; SILVA; PIERRI, 2022; MAIA; LUCENA; SILVA, 2023).

Inserido neste panorama, o Baixo Jaguaribe também experimenta vertiginoso crescimento da carcinicultura, principalmente a partir de 2010, quando o recém-criado Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) implementa a segunda frente para estimular esta atividade produtiva por meio do Plano de Interiorização da Carcinicultura.

De acordo com Silva e Pierri (2022) esta política pública de incentivo foi o suporte ou a maneira pela qual se buscou expandir a atividade carcinícola sertão a dentro no semiárido nordestino, uma vez que a sua expansão na zona costeira estava comprometida e limitada por conflitos de uso e entraves nas licenças ambientais. Ainda segundo Silva e Pierri (2022), a interiorização da carcinicultura somente se consolidou com a flexibilização da legislação ambiental, a exemplo da Lei Federal nº 12.651 de 2012 que instituiu o novo Código Florestal Brasileiro, legislação menos rígida que a anterior, principalmente com relação a delimitação das zonas de APP (BRASIL, 2023).

Dessa maneira, as custas de um uso intensivo da terra e de um passivo ambiental relevante é que apenas cinco municípios do Baixo Jaguaribe (Jaguaruana, Aracati, Limoeiro do Norte, Russas e Fortim) detém 57,17% da área total de fazendas de camarão do estado do Ceará. Juntos, os municípios de Jaguaruana e Aracati detém 4.824,51 ha de viveiros de camarão, correspondendo a 36,21% da área total do estado (ROCHA; FERNANDES, 2022; MAIA; LUCENA; SILVA, 2023).

Na outra vertente, avolumaram-se também os problemas oriundos dessa atividade produtiva, com destaque para a expropriação de terras de populações tradicionais, intensificação de conflitos pelo uso da água, pressão sobre a biota e os sistemas ambientais semiáridos, lançamento irregular de efluentes nos corpos hídricos, erosão e assoreamento (SILVA; PIERRI, 2022; MAIA; LUCENA; SILVA, 2023), inclusive na zona de tabuleiro, haja vista que a diminuição de espaço para construção de viveiros na planície tem empurrado também esta atividade produtiva para a área de borda dos terraços, causando desmatamento, corte no talude para construção de viveiros e desencadeando processos erosivos em solos expostos e desprotegidos.

No que diz respeito a mineração no Baixo Jaguaribe, esta atividade se intensificou nas últimas décadas com a extração não controlada de areia e piçarra na área dos tabuleiros, que utilizadas como matéria-prima pela atividade industrial e pela construção civil respondem por

grande parte da degradação da Caatinga (RESENDE; CHAER, 2010; SOUZA; CHAER; GONÇALVES, 2022).

De acordo com Resende e Chaer (2010), as áreas de extração de piçarra são muito comuns nos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, sendo constituída por material proveniente do subsolo composto majoritariamente por silte, areia e cascalho, o qual é utilizado para a terraplanagem de estradas, aterros, construção de barragens, e mais recentemente para construir viveiros de camarão (SOUZA; CHAER; GONÇALVES, 2022).

O resultado dessa exploração predatória aparece a partir da abertura de grandes clareiras e trincheiras em meio a mata de tabuleiro (Savana-Estépica Arborizada ou Caatinga Arbustiva Densa), que sem contar com o suporte protetivo da vegetação desencadeia severas incisões erosivas no solo desprotegido, composto por materiais friáveis (NOGUEIRA JUNIOR; DOMPIERI; CRUZ, 2019).

Conforme Resende e Chaer (2010), a recuperação dessas áreas constitui-se num desafio que requer a intervenção humana por meio de técnicas que auxiliem o sistema ambiental degradado a recuperar sua capacidade de resiliência. Os autores acrescentam que a recuperação ambiental é onerosa e na maioria dos casos há necessidade de recomposição com espécies florestais nativas, visando dentre outras coisas, “reativar os processos ecológicos que sustentam as funcionalidades ecossistêmicas e o equilíbrio ambiental dessas áreas degradadas” (RESENDE; CHAER, 2010, p. 30).

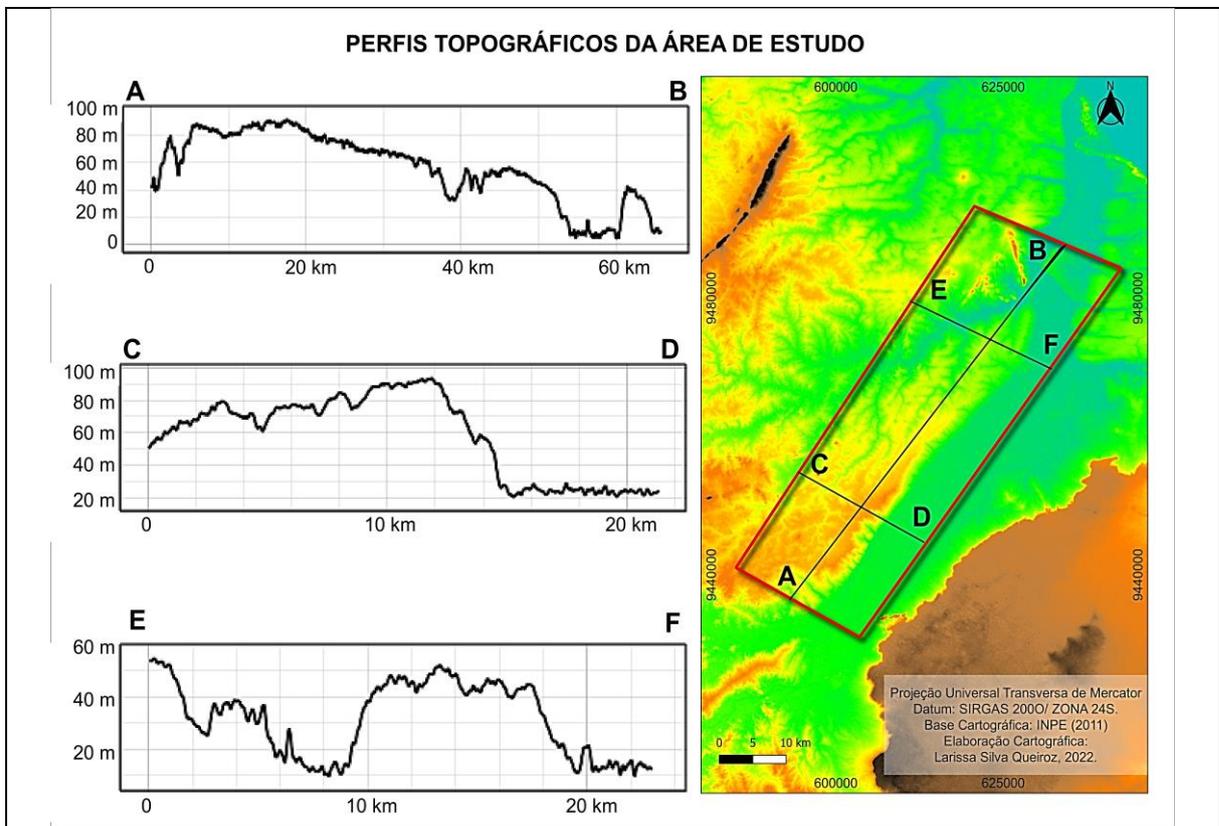
O retrospecto anterior é importante para se pontuar que os usos econômicos na Sub-bacia do Baixo Jaguaribe, bem como na área de tabuleiros implicaram no aumento das áreas de solo exposto, na potencialização da erosão acelerada e no crescimento dos processos de assoreamento do rio Jaguaribe pelo material erodido nas bordas dos interflúvios tabulares pelo uso indiscriminado do espaço através das atividades nela desenvolvidas.

6 RESULTADOS

No Baixo Jaguaribe os tabuleiros se posicionam de modo quase contínuo no sentido NE/SO acompanhando a rede de drenagem principal (o rio Jaguaribe). Essas feições estabelecem ainda contato com as planícies fluviais dos rios Banabuiú e Palhano, com a planície litorânea e também com a depressão sertaneja. Ademais, são seccionadas por uma rede hidrográfica (principal e secundária) que drenam a área de modo a estabelecer um sequenciamento de interflúvios.

De modo geral, os tabuleiros da área de estudo se encontram embasados em rochas sedimentares recentes. Do ponto de vista ecodinâmico, conforme o ZEEC, os tabuleiros se enquadram como sistemas ambientais estáveis a medianamente estáveis, sendo constituídos por terrenos firmes, com topografia plana, níveis altimétricos modestos, geralmente abaixo de 100 m de altitude como visualizado na Figura 39.

Figura 39 – Mapa hipsométrico simplificado (direita) e perfis topográficos (esquerda) em que se observa altitudes abaixo de 100 m na área de interflúvios tabulares inseridos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – Ceará



Fonte: Queiroz, 2022.

O perfil (A-B) traçado paralelamente à planície fluvial do rio Jaguaribe é o maior em extensão, medindo aproximadamente 70 km. Neste transecto, partindo-se do ponto A, observa-se a diminuição progressiva dos níveis altimétricos em direção ao litoral (ponto B), cujo caimento topográfico se assemelha a uma rampa suave cortada pela rede de drenagem demarcando interflúvios, cujo maior vale demarcado entre eles está situado na extensão de 60 km, próximo a desembocadura do rio Palhano com o rio Jaguaribe. Neste ponto de confluência entre os rios as cotas altimétricas são ainda mais reduzidas, ficando majoritariamente abaixo dos 20 m, porém apesar da baixa altimetria, esta área apresenta processos erosivos em virtude da forte pressão aos quais seus sistemas ambientais têm sido submetidos nas últimas décadas, com a retirada indiscriminada da vegetação nativa para a construção de viveiros de camarão.

Já o perfil (C-D), traçado em plano transversal a planície fluvial do rio Jaguaribe e a poucos quilômetros a jusante da desembocadura do rio Banabuiú com o Jaguaribe, tem uma extensão aproximada de 22 km. Nesta porção o pacote sedimentar se avoluma a ponto de se tornar o mais espesso e elevado da área de estudo, característica condicionada pela elevada energia do escoamento, ou seja, pelo progressivo aumento da competência hidráulica dos dois rios que passaram a erodir mais e aportar mais sedimentos na margem esquerda do Jaguaribe. Partindo-se do ponto C numa cota de 50 m, a topografia segue o padrão de uma rampa com aclive moderado até atingir a cota máxima de 93 m, quando a partir daí, segue em descida brusca caracterizando-se como típica borda de tabuleiro em que o relevo se exhibe de modo mais escarpado até atingir a planície do Jaguaribe com cota média de 27 m (ponto D), cujo desnível da rampa é da ordem de 66 m. Esta zona de contato do tabuleiro com a planície fluvial do Jaguaribe é um dos pontos que apresenta incisões erosivas mais severas, tanto pelas características geo-morfo-pedológicas locais, quanto e sobretudo, pela supressão progressiva da vegetação para a prática de múltiplas atividades produtivas, como o plantio de cajueiro, a retirada de lenha usada como combustível pelos fornos das indústrias de cerâmica, pela expansão do agronegócio e da carcinicultura, pela extração de piçarra, pela construção de uma rodovia estadual – a CE 458, a qual foi construída sem Estudo/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) conforme pesquisa junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE e à Superintendência de Obras Públicas – SOP. Ademais, a expansão imobiliária que ocorre desordenadamente e muitas vezes de forma irregular, ocupando Áreas de Preservação Permanente (APP) se acrescenta ao já debilitado quadro ambiental, promovido pelo uso intensivo da terra.

Quanto ao perfil (E-F) também traçado transversalmente a planície fluvial do rio Jaguaribe, apresenta extensão aproximada de 25 km. Este transecto é seccionado por duas importantes drenagens, além da presença de interflúvios menores. Partindo-se do ponto E a uma cota altimétrica de 55 m, segue em declive mais ou menos acentuado até a atingir a cota média de 15 m próximo aos 10 km de extensão, caracterizada pela presença da planície fluvial do rio Palhano. A partir daí segue em aclive acentuado até atingir o nível altimétrico de 50 m demarcando a borda oeste do tabuleiro, seguindo em picos de subidas e descidas suaves até partir para um declive mais acentuado, delineando a borda leste do tabuleiro até atingir a planície do Jaguaribe, também em cotas altimétricas médias de 15 m, já a partir dos 20 km de extensão, porção em que a carcinicultura se instalou primeiro na região, e a partir daí, seguiu rio acima com passar dos anos.

No que se refere a pedologia, os solos dos tabuleiros são maduros, espessos e bem drenados e com coloração variada, mas com predomínio de Argissolos Vermelho–Amarelos com maior proporção de argila, característica que segundo Frota Filho (2021), condiciona este tipo de solo a ser um pouco mais resistente aos processos erosivos, diferente das falésias cuja mesma tipologia de solos é mais arenosa e, portanto, mais susceptíveis à erosão. Nessas feições tabulares, conforme o ZEEC, há notória dominância da pedogênese sobre a morfogênese, que em situação normal ou de equilíbrio ecodinâmico, repercute diretamente na incapacidade de remoção do material sedimentar por agentes externos do relevo, com exceção das áreas mais dissecadas, como nas bordas dos tabuleiros. Todavia, sem a cobertura vegetal, elemento estabilizador do ambiente e que desempenha papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecodinâmico, invertem-se as funções morfopedogenéticas, iniciando-se o processo erosivo como demonstra a Figura 40.

Figura 40 – Solo exposto pela retirada da vegetação para extração de piçarra em área de borda de tabuleiro, sendo visível o início de processo erosivo



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Posteriormente, sem o suporte protetivo da vegetação o solo fica exposto à ação da erosão pluvial, que progressivamente maximiza o processo erosivo, resultando no rápido surgimento de ravinas e voçorocas demonstrada na Figura 41.

Figura 41 – Maximização do processo erosivo, resultando no surgimento de ravinas e voçorocas. No detalhe ravina no Ramal de Flores com 2,20 m de altura x 2,35 m de largura, em área de borda de tabuleiro



Fonte: Acervo do autor.

Nessa perspectiva, alinha-se a Tricart (1977) e Louzeiro, Rabelo e Almeida (2022) para discordar parcialmente do ZEEC que classificou o sistema ambiental dos tabuleiros como uma unidade que varia de estável a medianamente estável sob o prisma da ecodinâmica. Ademais os mapeamentos de vulnerabilidade natural e ambiental realizados para a zona dos tabuleiros na área de estudo ajudam a confirmar o nosso posicionamento.

O mapeamento de vulnerabilidade natural leva em consideração somente os aspectos físicos-naturais da área, sem intervenção humana. Desse modo, para a escala empregada foram identificadas 04 (quatro) classes desse tipo de vulnerabilidade para os anos analisados, como se observa na Tabela 01 e Figura 42.

Tabela 01 – Classes de vulnerabilidade natural da área de estudo

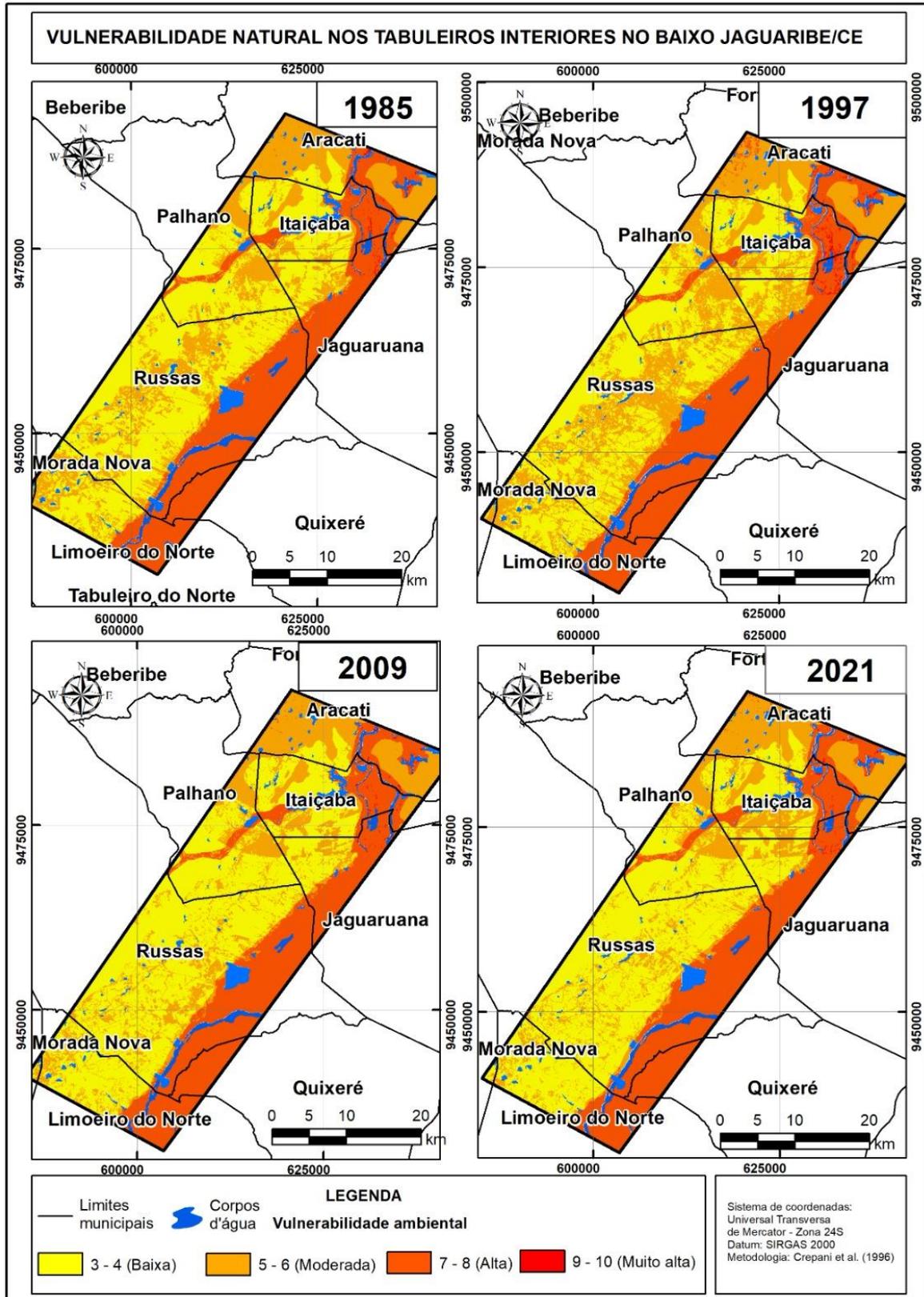
Classes	Área (km ²)				Valor em porcentagem (%)			
	1985	1997	2009	2021	1985	1997	2009	2021
3 – 4	399,13	327,08	385,10	326,63	28,09	23,02	27,10	22,99
5 – 6	535,32	597,23	559,40	614,83	37,67	42,03	39,37	43,27
7 – 8	341,90	343,50	343,61	348,05	24,06	24,17	24,18	24,49
9 - 10	74,95	83,50	63,20	61,79	5,27	5,88	4,45	4,35
Corpos d'água	69,70	69,69	69,69	69,70	4,91	4,90	4,90	4,91
TOTAL			1.421 km²			100%		

Fonte: Marques, 2022.

Verificou-se ainda que não houve grandes discrepâncias entre as categorias que determinam o nível/grau de vulnerabilidade natural, havendo dominância de 03 (três) classes (baixa – 3 a 4, moderada – 5 a 6 e alta – 7 a 8), sendo que a classe muito alta (9 a 10) destoa das demais, com pouca expressividade.

As pequenas oscilações registradas entre os valores de cada ano de análise para as classes “baixa, moderada e alta”, podem ser explicadas pela própria dinâmica sazonal da área de estudo, haja vista que os anos de 1985 e 2009 foram anos chuvosos e apresentaram valores parecidos em área e percentual, o mesmo acontecendo com os anos de 1997 e 2021, com a diferença de terem sido pouco chuvosos. Entretanto, vislumbra-se uma suave tendência de crescimento das classes de vulnerabilidade natural moderada e alta.

Figura 42 – Mapa de vulnerabilidade natural da área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985-2021)



Fonte: Marques, 2022.

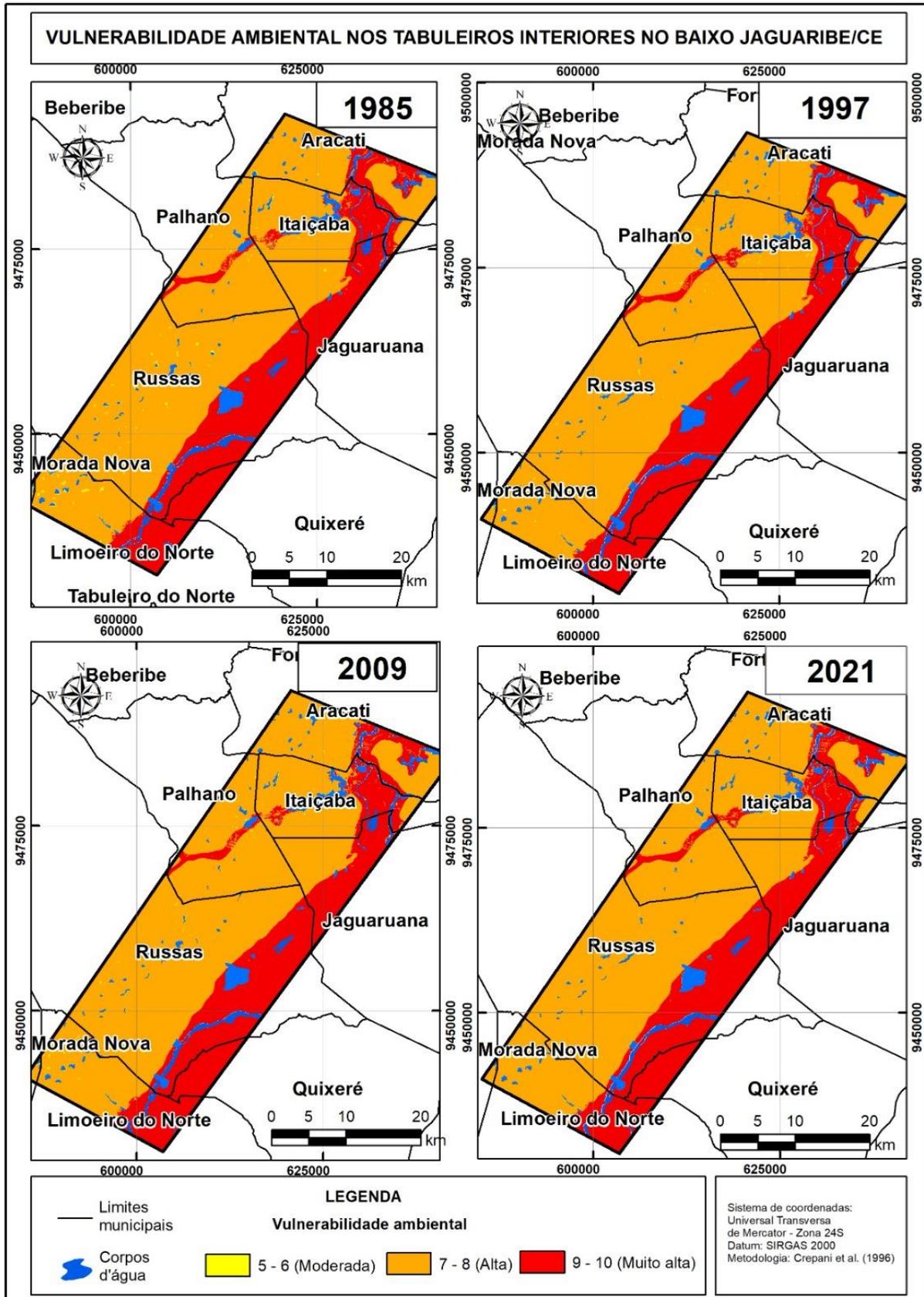
Por sua vez, o mapeamento de vulnerabilidade ambiental leva em consideração além dos aspectos físicos-naturais da área as intervenções antrópicas nela promovidas. Desse modo, para a escala empregada foram identificadas 03 (três) classes desse tipo de vulnerabilidade para os anos analisados, não sendo identificadas áreas pertencente a classe de baixa vulnerabilidade como se observa na Tabela 02 e na Figura 43.

Tabela 02 – Classes de vulnerabilidade ambiental da área de estudo

Classes	Área (km ²)				Valor em porcentagem (%)			
	1985	1997	2009	2021	1985	1997	2009	2021
5 - 6	13,10	7,35	10,49	4,66	0,92	0,52	0,74	0,33
7 - 8	1.021,64	1.024,43	1.024,99	1.019,48	71,90	72,09	72,13	71,74
9 - 10	357,68	360,65	356,94	358,29	25,17	25,38	25,12	25,92
Corpos d'água	28,58	28,58	28,58	28,58	2,01	2,01	2,01	2,01
TOTAL	1.421 km²				100%			

Fonte: Marques, 2022.

Figura 43 – Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985-2021)



Fonte: Marques, 2022.

Diferente da outra modalidade de vulnerabilidade, verificou-se que nesta existe forte discrepância entre as categorias que determinam o nível/grau de vulnerabilidade ambiental, havendo dominância de 02 (duas) classes (alta – 7 a 8 e muito alta – 9 a 10), sendo que a classe “alta vulnerabilidade” destoa das demais com grande expressividade, a ponto de 71,96% das terras da área de estudo estarem concentradas nesta classe. Importante mencionar que juntas, as classes “alta e muito alta” correspondem a 97,35% das áreas dos Interflúvios Tabulares do Baixo Jaguaribe, fato que corrobora para a necessidade de reclassificar o geocomplexo dos tabuleiros do ponto de vista da ecodinâmica das paisagens.

Devido ao uso intensivo da terra, a classificação mais adequada para os tabuleiros seria enquadrá-los entre as categorias ecodinâmicas “medianamente estável a fortemente instáveis”, uma vez que os meios ecodinamicamente estáveis se encontram em áreas onde a dissecação é moderada, a cobertura vegetal é suficientemente fechada (fato que não se observa na área de estudo) e onde não há probabilidade do desencadeamento de catástrofes (embora não seja objeto desta pesquisa, existem áreas de risco geológico – enxurradas e deslizamentos).

Por outro lado, os meios medianamente estáveis são caracterizados pela interferência entre a morfogênese e a pedogênese, nas quais elas atuam de maneira concorrente sobre um mesmo espaço, situação verificada em alguns pontos do setor de estudo. Também neste estágio ecodinâmico as atividades antrópicas podem causar desarranjos e desestabilizar os sistemas ambientais, fato condizente com o que se observa na área estudo, justificando o enquadramento dos tabuleiros na categoria de ambiente medianamente estável.

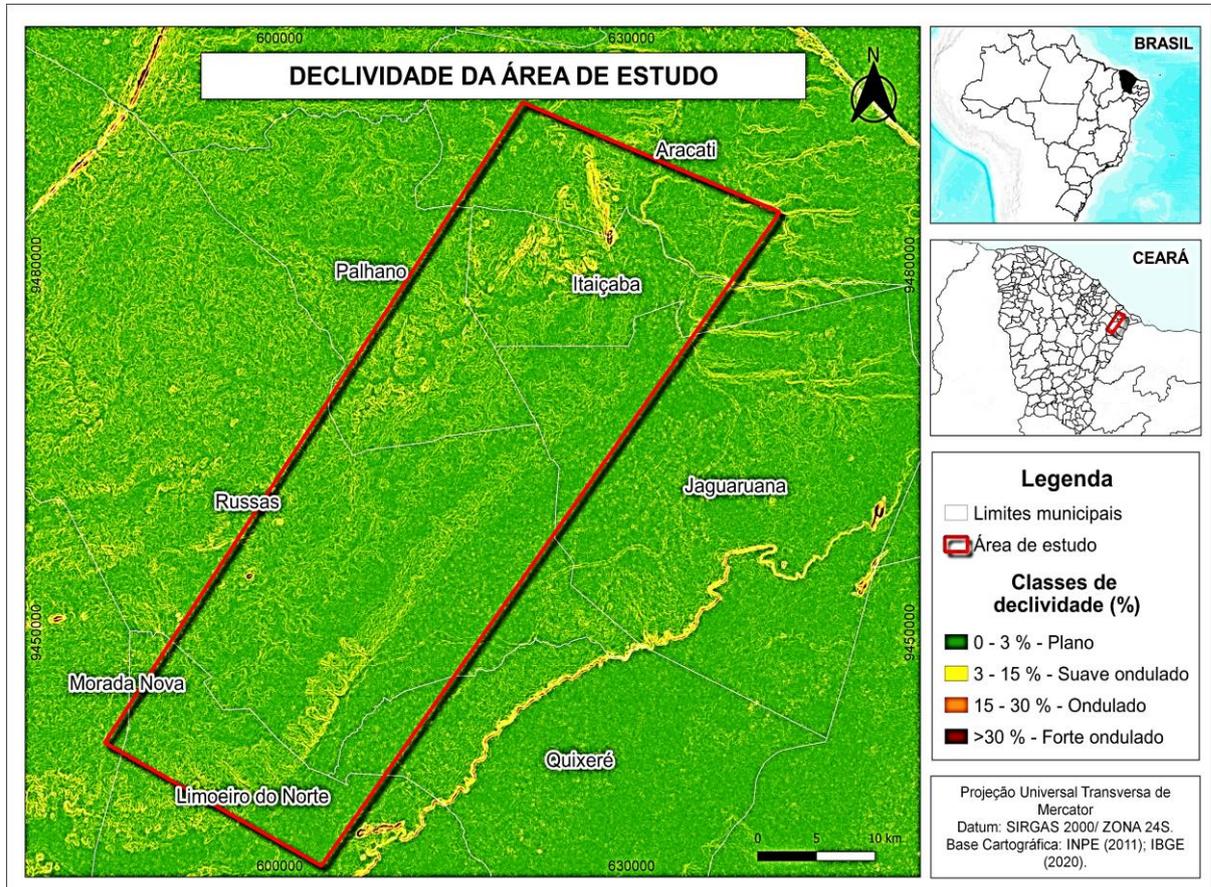
Já os ambientes fortemente instáveis são caracterizados pela dominância dos fatores morfogenéticos sobre a dinâmica natural, estando os demais elementos do sistema ambiental a ela subordinados, situação existente em frações pontuais do setor de pesquisa, justificando classificá-las em ambientes instáveis.

Quanto a declividade da área de estudo, de modo geral ela não é muito acentuada. A declividade de (34,99°) graus ou de aproximadamente 70% de inclinação da encosta registrada ao norte do polígono como se visualiza na Figura 44, refere-se à Serra do Ererê, um maciço residual pré-litorâneo nas proximidades de Itaiçaba que constitui uma paisagem de exceção, localizado entre as planícies fluviais dos rios Palhano e Jaguaribe e a zona dos tabuleiros.

Nos pontos de amostragem a maior declividade registrada para os tabuleiros do Baixo Jaguaribe é da ordem de (6,84°) graus ou 12% de inclinação da rampa conforme se visualiza ao sul do polígono na Figura 44, porém neste mesmo setor tal atributo se encontra situado majoritariamente entre 3% e 9% ou entre (1,71°) e (5,14°) graus de obliquidade, resultando

numa declividade média de 6% ou (3,43°) graus, portanto um pouco superior (3°) graus, condição que segundo Guerra *et al.* (2017) seria susceptível à erosão.

Figura 44– Mapa de declividade na área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, com dominância de moderada inclinação das vertentes



Fonte: Queiroz, 2022.

Entretanto, tendo em vista que um indicador isolado não é capaz de explicar sozinho a maior ou menor suscetibilidade erosiva, considerou-se outras variáveis como o clima, a cobertura vegetal e o uso e ocupação, este último quase sempre correlacionado à falta de práticas conservacionistas.

Por outro lado, de maneira hipotética, se a declividade sozinho pudesse definir a suscetibilidade erosiva de uma área, embasado em Molinari (2022) ainda discordaríamos de Guerra *et al.* (2017), pois em nosso entendimento, os setores de encostas com declividades acima de (45°) graus, por conseguinte, áreas de preservação permanente, de acordo com o Art. 4, inciso V da Lei Federal nº 12.651/2012 – Código Florestal, seriam mais susceptíveis ao desencadeamentos da atividade erosiva, bem como a outros processos geodinâmicos.

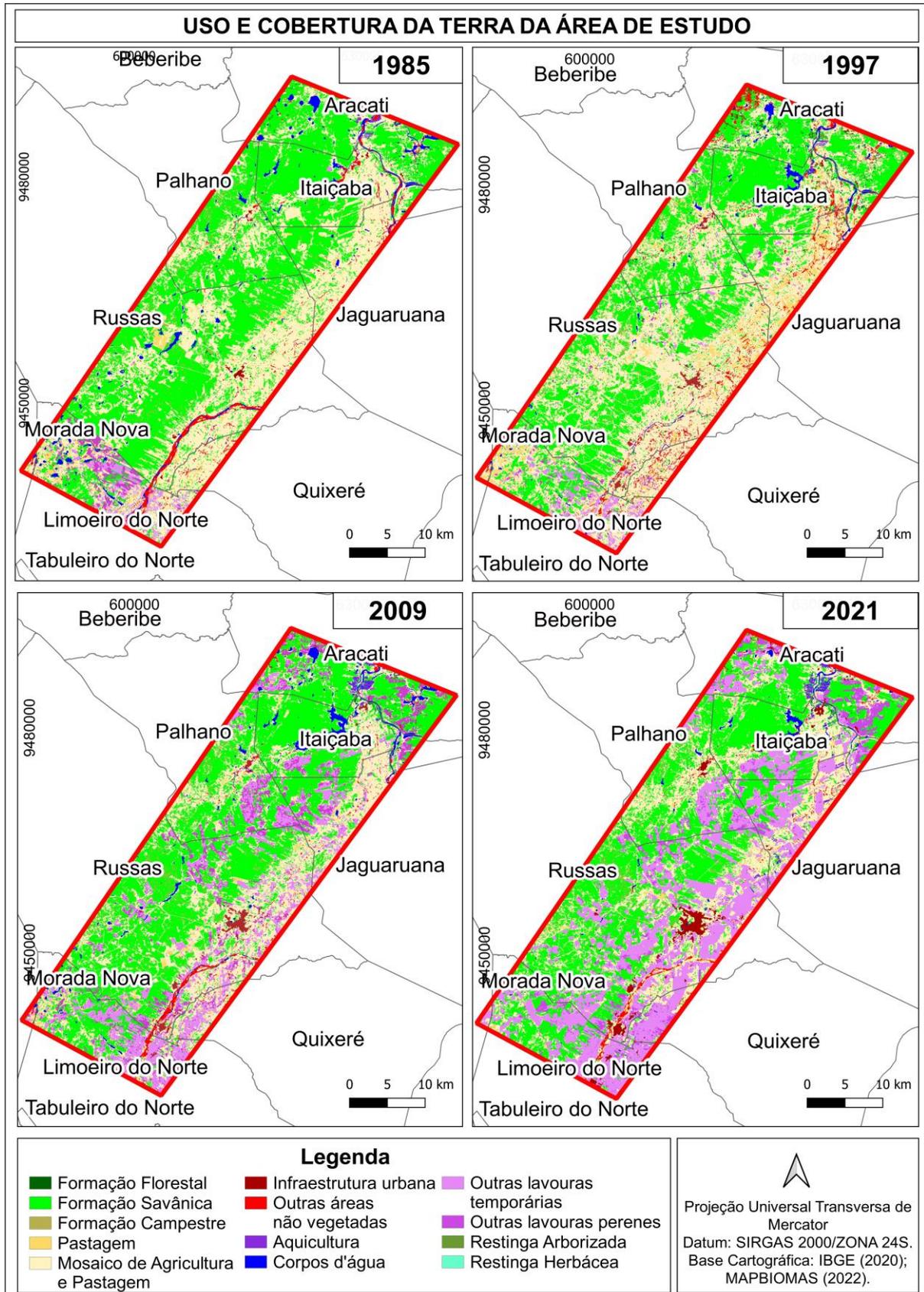
Assim, assevera-se que a declividade da área de estudo, por si só não é fator determinante para ocorrência de erosão hídrica acelerada seja ela superficial ou subsuperficial, porém quando ela se associa às ausências de cobertura vegetal e de práticas conservacionistas os processos erosivos tendem a aparecer e a evoluir de forma rápida, modificando a fisionomia e a dinâmica natural do espaço, características verificadas nos pontos de observação da pesquisa.

Observou-se ainda que o conjunto de atributos físico-naturais da área de estudo, isolados, sem intervenção humana, ou mesmo havendo interveniência com uso sustentável seriam incapazes de assentar e desenvolver nos terraços fluviais processos erosivos da magnitude existente na área de estudo, sendo necessários para tanto, a existência de outra variável que perpassa necessariamente pelo uso intenso, contínuo, sistemático e desordenado da terra, pois estes últimos condicionantes agem progressivamente sobre os sistemas ambientais, modificando-os em escala muito superior àquela promovida por fatores de ordem natural.

Num contexto global, as atividades antrópicas provocaram ao longo do tempo fortes impactos nas paisagens, resultantes de usos indiscriminados que não consideraram as potencialidades e limitações do ambiente. Assim, com o processo de expansão urbana, alternâncias nas matrizes de exploração econômica, cujo uso da terra está no centro dessa dinâmica, diversas foram as alterações processadas na paisagem.

Quanto aos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe, de modo específico, realizou-se mapeamentos de uso e cobertura da terra dos anos de 1985, 1997, 2009 e 2021, a fim de identificar as mudanças paisagísticas ocorridas no período. A partir das áreas mapeadas e da validação dos dados em campo, identificou-se a existência de treze classes de usos e coberturas: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Restinga Arborizada, Restinga Herbácea, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Outras lavouras temporárias, Outras lavouras perenes, Outras áreas não vegetadas, Aquicultura, Infraestrutura urbana e Corpos d'água, visualizadas na Figura 45.

Figura 45 – Mapa de uso e cobertura da terra na área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará - cenário de 36 anos



Fonte: Queiroz, 2022.

No que se refere as classes Formação Florestal e Formação Savânica, Nogueira Junior, Dompieri e cruz (2019) esclarecem que elas correspondem a Savana-Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Savana-Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva), respectivamente. Quanto a Caatinga Arbustiva, ela pode ser dividida ainda em Caatinga Arbustiva Aberta e Caatinga Arbustiva Densa ou Fechada, sendo esta última predominante na área de estudo.

Observações em campo evidenciaram um considerado grau de transformação nas paisagens dos tabuleiros, que no decorrer do tempo contribuíram para o surgimento e a manutenção de proeminentes incisões erosivas, para criar pontos ou enclaves improdutivos e acelerar o assoreamento em trechos próximos aos cursos d'água, dentre outras adversidades socioambientais.

A análise integrada dos mapeamentos (Figura 45) e das investigações de campo mostram que em 36 anos a paisagem se alterou de forma significativa, com a supressão da cobertura vegetal savânica (Caatinga Arbustiva Densa) e dos corpos d'água, ao mesmo tempo em que se verifica o aumento de atividades agrícolas, aquicultura, infraestrutura urbana, além de outros usos como a mineração, conforme Tabela 03.

Tabela 03 – Classes de uso e ocupação da terra nos tabuleiros do Baixo Jaguaribe - cenário de 36 anos

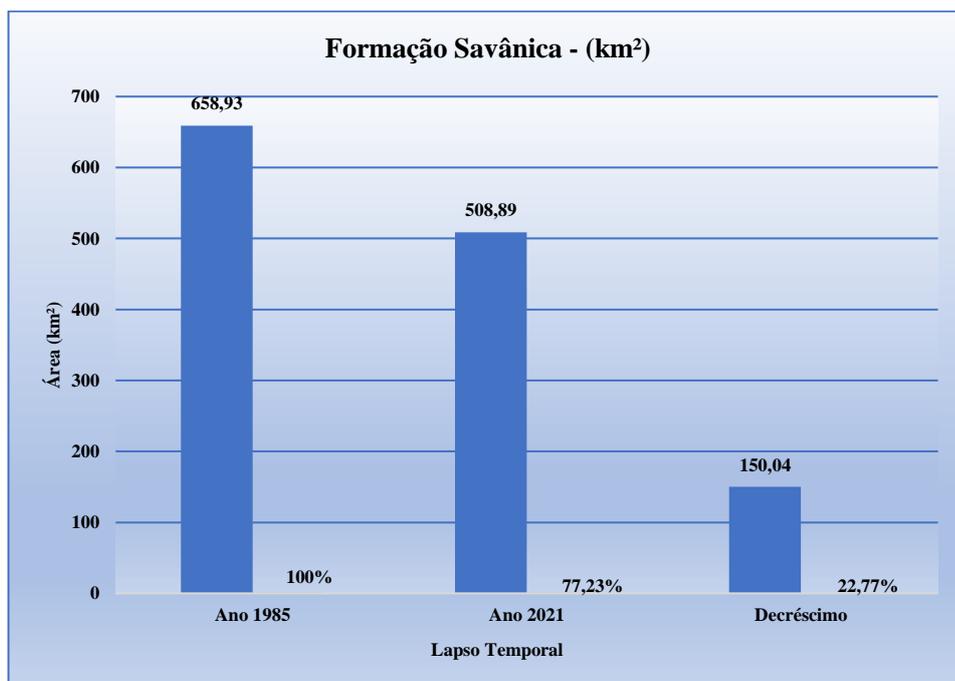
Classes	Área (km ²)				Valor em Percentagem (%)			
	1985	1997	2009	2021	1985	1997	2009	2021
Formação Florestal	2,53	12,52	2,32	2,67	0,17	0,88	0,16	0,18
Formação Savânica	658,93	528,81	619,56	508,89	46,37	37,21	43,60	35,81
Outras lavouras temporárias	27,47	36,79	172,95	374,42	1,93	2,59	12,17	26,35
Mosaico de Agricultura e Pastagem	575,95	641,57	172,95	349,97	40,53	45,15	12,17	24,63
Outras lavouras perenes	24,26	13,11	93,32	73,90	1,71	0,92	6,57	5,20
Formação Campestre	29,01	25,20	32,86	28,11	2,04	1,77	2,31	1,98
Pastagem	31,07	87,53	27,55	21,43	2,19	6,16	1,94	1,51
Infraestrutura Urbana	2,81	7,83	12,32	20,76	0,19	0,55	0,86	1,46
Corpos d'água	37,40	26,27	35,93	17,94	2,63	1,85	2,53	1,26
Outras áreas não vegetadas	29,49	39,06	17,86	15,23	2,08	2,75	1,26	1,07
Aquicultura	2,34	1,09	4,19	7,83	0,16	0,07	0,29	0,55

Restinga Arborizada	0,08	1,30	0,17	0,10	0,005	0,09	0,01	0,007
Restinga Herbácea	-	-	-	0,08	-	-	-	0,08
TOTAL	1.421 km²				100%			

Fonte: Queiroz, 2022.

No que se refere a cobertura vegetal da área de estudo (Formação Savânica/Caatinga Arbustiva Densa), ela é composta segundo Nogueira Junior, Dompieri e cruz (2019) por árvores de pequeno porte, chegando a 8 (oito) metros de altura. Geralmente costumam ser encontradas em áreas mais baixas e planas a exemplo dos terraços fluviais, sendo caracterizadas por possuir dossel mais esparsos do que os da Savana-Estépica Florestada ou Caatinga Arbórea. No setor de pesquisa a Caatinga Arbustiva Densa apresenta perdas quantitativas relevantes ao longo do tempo, sobretudo pela expansão de áreas de agricultura, carcinicultura, mineração e infraestrutura urbana. Assim, registrou-se um decréscimo de 150,04 km² de mata nativa entre os anos de 1985 e 2021 correspondendo a (-22,77%) entre os anos observados conforme Figura 46. A porção suprimida dessa vegetação é equivalente ainda a 10,55% do total da área dos tabuleiros.

Figura 46 – Decréscimo da vegetação nativa na área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Este é um indicador chave da pesquisa, pois conforme Frota Filho (2021) a cobertura vegetal é o principal fator para a redução do potencial erosivo da chuva. Por outro lado, a ausência ou até mesmo a supressão parcial da mata nativa, em alguns casos, pode ser considerada segundo Molinari (2022) o *start* para ativação dos processos erosivos, proposições as quais nos filiamos, por ser condizente com a dinâmica intensiva da terra na área de pesquisa.

Observou-se, que na área de estudo a diminuição da Formação Savânica se deu em virtude do incremento de novas atividades produtivas que passaram a pressionar ainda mais os sistemas ambientais retirando paulatinamente a vegetação, a exemplo da extração desordenada e irregular de areia, arenito e material arenoargiloso vermelho (piçarra) visualizada na Figura 47, utilizada para construção civil e terraplanagem de estradas, ao encontro da expansão da infraestrutura urbana que no período de 1985 a 2021 cresceu de forma vertiginosa (638,79%), principalmente entre os anos de 2009 e 2021 quando o crescimento urbano aumentou 8,44 km².

Figura 47 – Transporte de piçarra, material retirado da área de interflúvios tabulares do baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará, usada em compactação e terraplanagem de estradas



Fonte: Acervo autor, 2023

Na atualidade esse material tem sido muito utilizado também para construção de viveiros de camarão, atividade em expansão na área de estudo. Desse modo, a mineração é uma das práticas produtivas que mais tem degradado os terraços fluviais, pois a extração de piçarra nessas zonas promove uma sequência de danos ambientais, a começar pelo desmatamento com

a abertura de clareiras em meio a mata, a escavação de trincheiras para a retirada do material, que logo após são abandonadas deixando os solos expostos e mais susceptíveis à erosão como indicado na Figura 48.

Figura 48 – Trincheira abandonada de onde fora extraída piçarra na borda de tabuleiro para múltiplos usos



Fonte: Acervo autor, 2023

Assim, sem contar com a dupla proteção da mata nativa, que ora reduz o efeito *splash* da chuva sobre o solo, e, que ora retém o material pedológico por meio das raízes, o resultado são severas incisões erosivas nos pontos monitorados. Importante destacar que o cruzamento das informações da perda de vegetação ao longo tempo e o incremento de novos usos e ocupações revelam uma correspondência entre ambos, corroborando para se confirmar que a dinâmica de uso e ocupação é fator determinante no desencadeamento dos processos erosivos nos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe, que apesar da predisposição natural à erosão nas zonas de vertentes, dispõem de áreas na borda sem ocorrência de tal problema, onde a vegetação se faz presente como demonstrado na Figura 49.

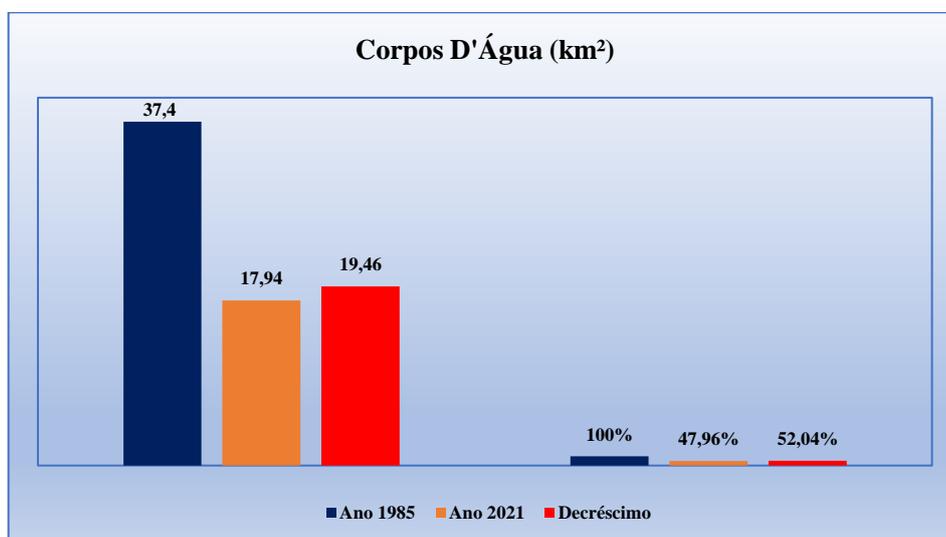
Figura 49 – Severas erosões em borda de tabuleiro devido ao uso e ocupação intensivos (à esquerda) e zonas estáveis sem erosão, contando com suporte protetivo da vegetação (parte superior à direita)



Fonte: Acervo autor, 2023

Quanto aos corpos hídricos, observou-se que em 36 anos de análise houve uma diminuição de 19,46 km² de espelhos de água, uma vez que no ano de 1985 eles correspondiam a 37,4 km², e no ano de 2021 a área dos corpos d'água registrava apenas 17,94km², o que equivale a uma redução de 52,04% conforme demonstrado na Figura 50 abaixo.

Figura 50 – Redução dos corpos d'água no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021) e em setores pontuais na área de interflúvios tabulares

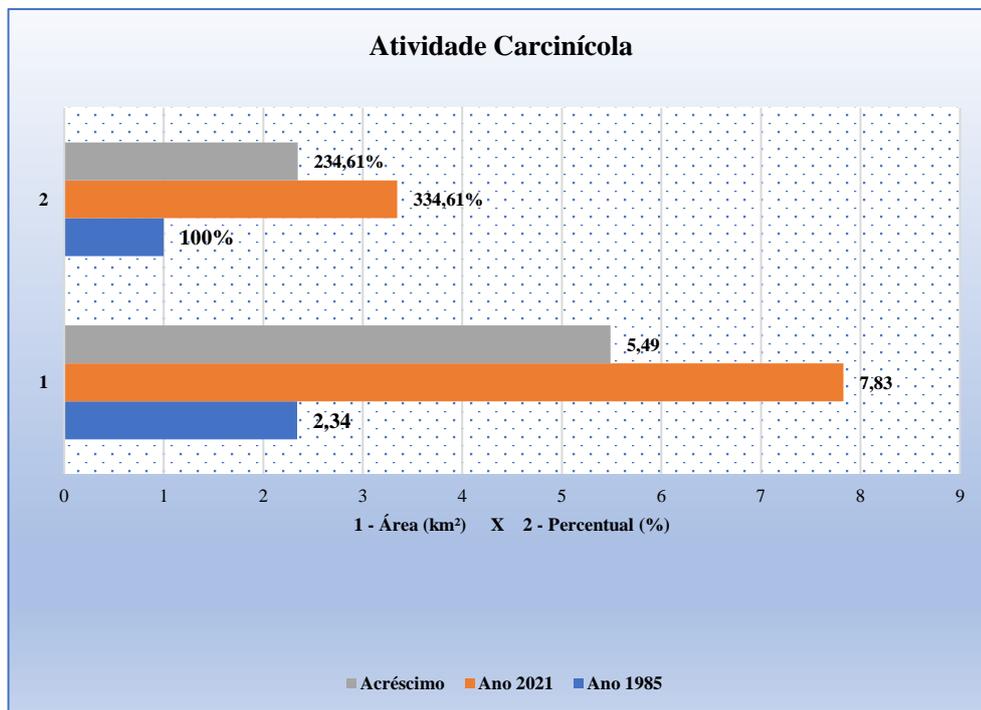


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Essa supressão pode ser explicada em parte pela sazonalidade imposta pelo clima semiárido que se concretiza na existência de duas estações bem definidas, uma chuvosa e a outra seca, que invariavelmente repercute na existência de maior e menor montante de águas superficiais, respectivamente. Acrescenta-se a essa dinâmica a ocorrência de variações pluviométricas no tempo e no espaço que também reflete no maior ou menor acúmulo de recursos hídricos. Todavia as incertezas ocasionadas pelas mudanças climáticas acarretam novos desafios para gestão dos recursos naturais no semiárido brasileiro, sobretudo no que se refere a água, pois a crise hídrica que ora vivenciamos abarca bem mais que apenas a falta de recursos. Nesta linha ela se distancia de ser um fenômeno meramente natural, sendo produto da ação humana, que além da quantidade reflete também na qualidade da água dos mananciais, que posteriormente é fornecida a população. Segundo o MapBiomas (2023) a superfície de água no Brasil teve uma retração de 15% nos últimos 36 anos, ocasionada pela dinâmica intensiva da terra que converteu grandes porções de floresta em áreas agrícolas e de pastagens. No semiárido a redução foi de 22,9%, no Ceará foi de 36,4% e no Baixo Jaguaribe o índice foi ainda maior alcançando 44,6%. Especificamente no Baixo Jaguaribe, os resultados ratificam esse processo de retração dos corpos hídricos, pois conforme o Gráfico 01 a média de pluviometria da região no ano de 1985 foi 1.863,56 mm, já no ano de 2021 ela alcançou o índice médio de apenas 540,47 mm representando um decréscimo de 344,99% de chuvas, repercutindo também na diminuição dos espelhos d'águas, situação que tende a se agravar ainda mais com a intensificação das mudanças climáticas antropogênicas.

No outro extremo, os resultados evidenciaram um aumento exponencial de áreas de carcinicultura na região dos tabuleiros do Baixo Jaguaribe, acompanhando o crescimento desse setor no Brasil e no Ceará. Conforme Rocha *et al.* (2022) mapearam, no ano de 2021 o território cearense tinha um total de 13.322,52 ha ou 133,22 km² de viveiros de camarão. No recorte espacial da pesquisa essas atividades mais que triplicaram sua área (334,61%) entre 1985 e 2021, passando de 2,34 km² para 7,83 km², respectivamente conforme se mostra na Figura 51.

Figura 51 – Expansão da carcinicultura no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021) e em setores pontuais na área de interflúvios tabulares



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Assevera-se que tal crescimento se deu às custas da derrubada da caatinga, cujo reflexo se verifica no aumento da exposição de solos relativamente friáveis aos agentes erosivos, potencializando o problema da erosão. Essa evolução aconteceu a ponto de reduzir o espaço para construção de viveiros na planície fluvial e empurrar essa atividade produtiva também para a área de borda dos terraços, aspecto visualizado na Figura 52.

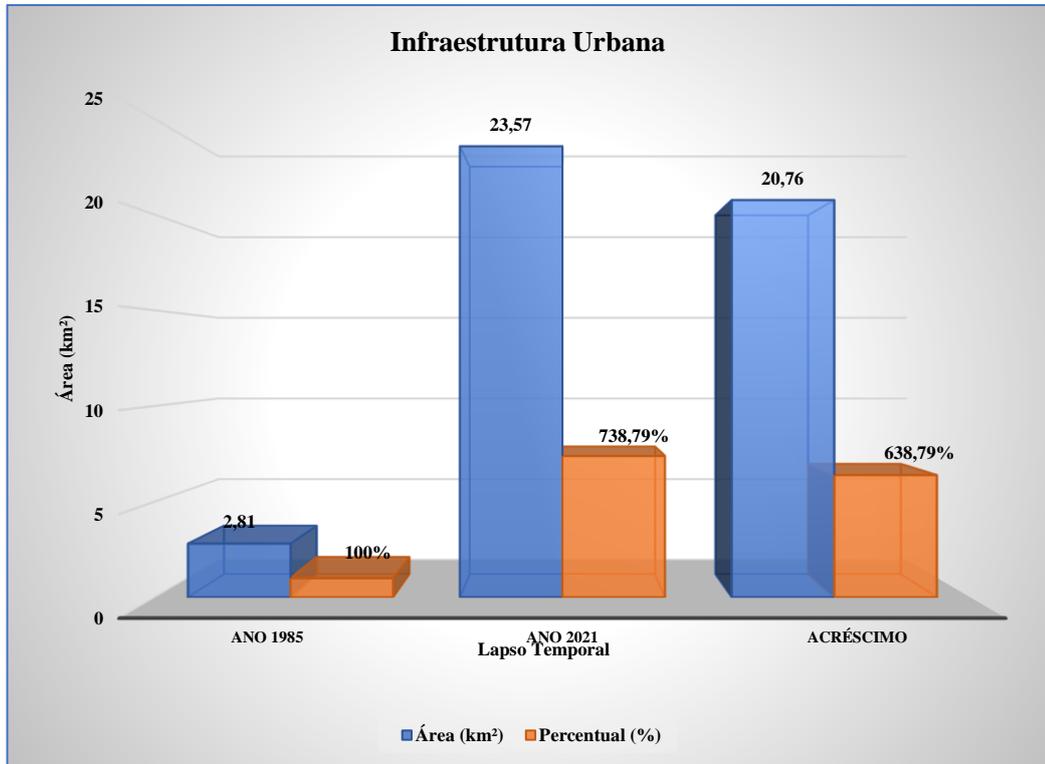
Figura 52 – Viveiro de camarão em área de borda de tabuleiro. Ao fundo perfil em corte exibindo as camadas sedimentadas do tabuleiro próximo a residências



Fonte: Acervo autor, 2023.

Quanto a infraestrutura urbana o crescimento foi ainda maior como mostra a Figura 53, pois em 1985 ela ocupava uma área de 2,81 km², chegando ao ano de 2021 com expressivos 20,76 km², o que equivale a um salto de 638,79%, contribuindo também para metamorfosear os tabuleiros por meio da erosão em pontos sem vegetação, de maior declividade e localizados em bordas e encostas, áreas que pela Lei Federal nº 12.651/2012 – Código Florestal Brasileiro, deveriam ser preservadas.

Figura 53 – Evolução da infraestrutura urbana na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Ademais, muitas construções são irregulares, próximas ou inseridas na faixa de borda do tabuleiro como mostra a Figura 54, encontrando-se em dissonância com o Código Florestal Brasileiro - Lei Federal nº 12.651/2012, que estabelece no Art. 4º, Inciso VIII que as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais constituem Áreas de Preservação Permanente (APP), devendo, portanto, serem preservadas.

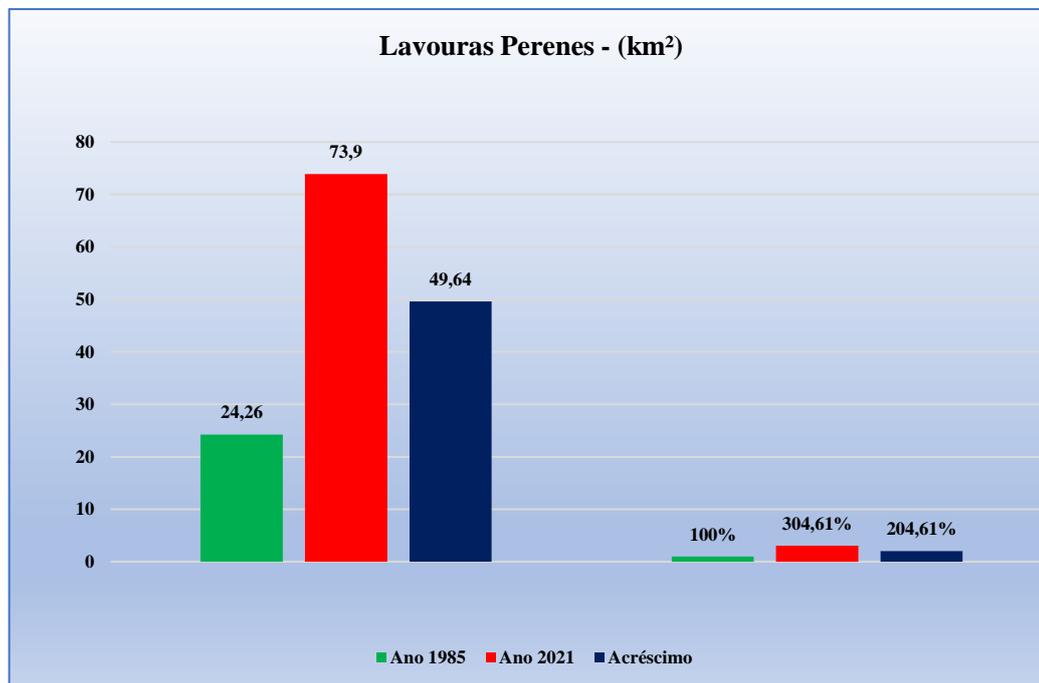
Figura 54 – Crescimento urbano em borda de tabuleiro na comunidade de Ramal de Flores. No detalhe a declividade do terreno, incisões erosivas em meio às casas e vice-versa e planície fluvial com manchas vermelhas testemunhando o carreamento do material erodido para a calha do rio Jaguaribe, assoreando-o



Fonte: Acervo autor, 2023.

Também cresceu de forma vertiginosa (204,61%) no mesmo período as áreas de lavoura perenes como se visualiza na Figura 56. Estas registravam no ano de 1985 área de 24,26 km² passando a 73,90 km² em 2021, aumento explicado pelo início de operacionalização dos perímetros públicos de irrigação FAPIJA e DISTAR. Dessa maneira, o desmatamento para expansão dessas lavouras afetou significativamente as interações pedológicas, pois a vegetação original substituída pelo plantio de uma dada cultura, além de não proteger o solo, também alteram os mecanismos envolvidos nos processos geodinâmicos superficiais presentes na relação solo-chuva, potencializando a erosão.

Figura 55 – Crescimento das lavouras perenes na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

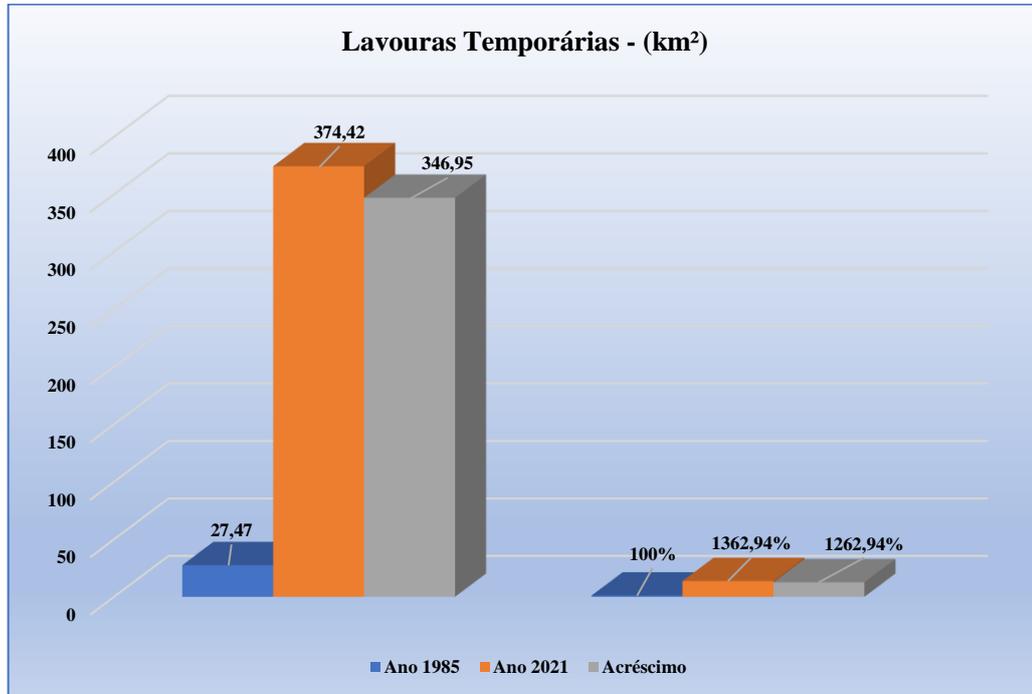
Assim, uma vez rompido o equilíbrio ecodinâmico, em casos de ocorrência de chuvas, cuja precipitação exceda a capacidade de infiltração do solo, dá-se início ao processo de escoamento superficial e subsuperficial, culminando com o surgimento de incisões erosivas. Do mesmo modo, Frota Filho (2021), esclarecem que nessas condições, a realização de atividades básicas como a abertura de estradas pode expor parte do solo, através dos taludes, que a depender das características naturais da região pode desencadear processos erosivos, fato verificado na área de estudo através de registro fotográfico visualizado na Figura 56 adiante.

De modo geral, os dois perímetros públicos irrigados adotaram a fruticultura irrigada para exportação como modelo produtivo dominante, consorciando em menor escala lavouras perenes e em maior proporção lavouras temporárias na operacionalização de seus sistemas de cultivo.

Quanto as lavouras temporárias o crescimento em 36 anos foi de 1.262,94% conforme Figura 56, uma vez que este tipo de cultura registrava no ano de 1985 área equivalente a 27,47 km², restringindo-se a porção sul no polígono do setor de estudo (Figura 43), área correspondente ao antigo Perímetro Irrigado de Morada Nova (PIMN), ocupado hoje majoritariamente pela carcinicultura. Este tipo de cultura alcançou no ano de 2021 a marca expressiva de 374,42 km², aumento também explicado, a exemplo das lavouras perenes, pela

implantação dos perímetros de irrigação FAPIJA e DISTAR que passaram a plantar milho, tomate, melancia, melão, algodão e soja, dentre outras.

Figura 56 – Crescimento das lavouras temporárias na área de interflúvios tabulares no baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe, Ceará (1985 a 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Estes perímetros ao lado de outros setores produtivos como o ceramista dinamizaram a economia local, atraindo considerado contingente de trabalhadores de outras cidades do Vale do Jaguaribe. Este fato repercutiu no crescimento urbano com parte dos migrantes ocupando os terrenos de bordas de tabuleiros por serem mais baratos e acessíveis às famílias recém-chegadas.

Nesse viés, concorda-se com Molinari (2022), quando se percebe a existência de certa segregação sócioespacial promovida dentro de uma lógica de produção capitalista no espaço rural-urbano e vice-versa, consubstanciada no acesso à moradia em uma dinâmica mediada pelo mercado, cujo resultado se materializa através das ocupações de terrenos com declividade e sem infraestrutura básica.

É relevante ressaltar que em comunidades como Ramal de Flores (Figura 55) e Jardim de São José (município de Russas) e na comunidade de Faceira (município de Limoeiro do Norte) existem espaços específicos cujos problemas ambientais são claramente amplificados, como a inserção de moradias em Áreas de Preservação Permanente (APP), em encostas com

declive mais acentuado, onde a dinâmica contínua desse tipo de ocupação acentua os processos erosivos e propicia o surgimento de áreas de risco, sendo este último um problema que precisa ser estudado.

Acrescenta-se que essa dinâmica ditada pelo mercado repercutiu também na evolução da degradação ambiental, principalmente pela supressão da mata de tabuleiro, no caso em tela a Caatinga Arbustiva Densa, e na aceleração da erosão, inclusive em pontos esporádicos no topo do tabuleiro mostrado na Figura 57, área recentemente mapeada pelo ZEEC como estável do ponto de vista ecodinâmico (CAVALCANTE *et al.*, 2022).

Figura 57 – Erosão em topo de tabuleiro causada pela abertura de uma estrada no DISTAR (primeiro plano). Visualiza-se em segundo plano plantação de capim para forragem, irrigado com pivô central (linha do horizonte)



Fonte: Acervo autor, 2023

Em contrapartida, existem setores localizados pontualmente em zona de borda de tabuleiro, que teoricamente seriam mais susceptíveis à erosão (zonas ecodinamicamente instáveis) segundo o mesmo ZEEC, que se apresentam conservados, sem incidência erosiva, haja vista a existência e conservação do estrato arbóreo nestes setores, características observadas nas Figuras 58 e 59.

Figura 58 – Área preservada em borda de tabuleiro, com presença de vegetação e folhagem que tendem a preservar o solo friável em zona de declive



Fonte: Acervo autor, 2023.

Figura 59 – Caatinga Arbustiva Densa ou Fechada protegendo solos em borda tabuleiro



Fonte: Acervo autor, 2023.

Tais fatos reforçam a tese de que o uso intenso da terra é o fator dominante dos processos erosivos na área de estudo, o que evidencia a necessidade de efetivação, fiscalização e controle do manejo ambiental proposto pelo ZEEC para a zona dos tabuleiros, bem como a necessidade de possível revisão do recém-atualizado ZEEC, especificamente em pontos referentes aos

tabuleiros interiores ou interflúvios tabulares (Terraços Fluviais) conforme se propõe no Quadro 05, considerando o elevado grau de pressão e mutabilidade desse sistema ambiental registrados nos pontos de 1 a 10 da Figura 04 desta peça dissertativa.

Quadro 05 – Zona de Uso Sustentável, Preservação e Recuperação Ambiental nas Áreas de Bordas dos Interflúvios Tabulares do Baixo Jaguaribe

SETORES COM USOS INTENSOS DOS RECURSOS NATURAIS	PRINCIPAIS ATIVIDADES PRODUTIVAS	CAPACIDADE PRODUTIVA E DE SUPORTE DOS RECURSOS NATURAIS		IMPACTOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	MEIO ECODINÂMICO	DIRETRIZES DE USO
		Potencialidades	Limitações			
Pontos 1 e 2	Exploração mineral através da extração de piçarra	Fonte de sedimentos	Erosão pluvial superficial e subsuperficial	Desmatamento, solos friáveis expostos e desprotegidos e intensificação de processos lineares gerando sulcos, ravinas e voçorocas	Instável, por se tratar de borda de tabuleiro	<p>Proibidos: (Código Florestal - Lei Federal 12.651/2012 Art. 4 Item VIII – “as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais”) por serem APP</p> <p>Permitidos: Acima da faixa de exclusão com uso controlado</p>
Pontos 3, 6 e 9	Expansão da infraestrutura urbana	Potencial relativamente baixo para ocorrência de movimentos de massa, manto de alteração, solos espessos e fácil escavabilidade	Deficiência hídrica durante a estiagem e ausência de locais favoráveis a barramentos de rios	Meio fortemente pressionado pelo desmatamento para as mais diversas ocupações humanas, desencadeamento de processos erosivos em áreas degradadas, impermeabilização dos solos por expansão urbana comprometendo a recarga dos aquíferos, poluição dos aquíferos e surgimento de áreas de risco	Instável, por se tratar de borda de tabuleiro	<p>Proibidos: (Código Florestal - Lei Federal 12.651/2012 Art. 4 Item VIII – “as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais”) por serem APP</p> <p>Permitidos: Acima da faixa de exclusão com expansão urbana regular e ordenada</p>
Ponto 4	Carcinicultura		Espaço físico para manter a expansão da atividade produtiva, por	Desmatamento, erosão dos tabuleiros e assoreamento de áreas da planície fluvial, mudanças nas características físico-	Instável, por se tratar de borda de tabuleiro	<p>Proibidos: conforme o Código Florestal - Lei Federal 12.651/2012 Art. 4 Item VIII</p>

		Condições físicas e climáticas favoráveis	isso ela se alastra para zonas mais sensíveis como APP, entre elas a borda de tabuleiro	químicas do substrato e das águas fluviais com o respectivo despejo dos efluentes da atividade produtiva		Permitidos: Acima da faixa de exclusão, observado o potencial de impacto da atividade
Ponto 5	Agronegócio	Condições relativamente favoráveis à expansão agrícola e pecuária devido a presença de solos espessos e férteis	Erosão pluvial superficial e subsuperficial e compactação do solo, uma vez não respeitada a capacidade de suporte do sistema ambiental	Desencadeamento de processos erosivos em áreas degradadas tanto em borda (majoritariamente) quanto em topo de tabuleiro e riscos de poluição dos aquíferos e águas superficiais por agrotóxicos	Medianamente instável, pois mesmo na transição topo/início de borda de tabuleiro há trechos com feições erosivas	Proibidos: conforme o Código Florestal - Lei Federal 12.651/2012 Art. 4 Item VIII Permitidos: Acima da faixa de exclusão na borda e sem restrição no topo do tabuleiro, observada as técnicas de manejo adequadas e o potencial de impacto da atividade
Ponto 7	Agricultura tradicional e de subsistência	Condições favoráveis à agricultura e pecuária de subsistência devido a presença de solos espessos e férteis	Erosão pluvial superficial e subsuperficial e compactação do solo	Desmatamento e desencadeamento de processos erosivos em áreas degradadas de borda de tabuleiro	Instável, por se tratar de borda de tabuleiro	Proibidos: conforme o Código Florestal - Lei Federal 12.651/2012 Art. 4 Item VIII Permitidos: Acima da faixa de exclusão, observada as técnicas de manejo adequadas
Pontos 8 e 10	Construção e expansão de infraestrutura vária	Manto de alteração, solos espessos e fácil escavabilidade	Erosão pluvial superficial e subsuperficial em virtude da declividade	Desmatamento e desencadeamento de processos erosivos em áreas degradadas de borda de tabuleiro e de maior declividade	Instável, por se tratar de borda de tabuleiro	Permitidos: Conforme o Código Florestal - Lei Federal 12.651/2012 Art. 6 Item VI – “formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias” acompanhados de EIA/RIMA

Fonte: Adaptado de Pantalena e Maia, 2014 e Cavalcante *et al.*, 2022.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área dos tabuleiros no Baixo Jaguaribe vem sofrendo ao longo do tempo com intervenções antrópicas inadequadas que estão no limiar de promover alterações irreversíveis na dinâmica de suas paisagens. Assim, qualquer intervenção futura nessa área recomenda-se perpassar por estudos interdisciplinares que também envolvam a sociedade, visando ao bem comum de todos.

Verificou-se que apesar da predisposição natural à erosão nas bordas e vertentes dos tabuleiros, estes setores dispõem de áreas sem ocorrência de tal problema, onde a vegetação se faz presente, fato que necessita ser melhor estudado. Por fim, são elencadas algumas conclusões e sugestões a partir do estudo:

- Na área dos terraços fluviais semiáridos do Baixo Jaguaribe as atividades antrópicas são o vetor dos processos erosivos, problema que está no limiar de promover alterações irreversíveis na dinâmica das paisagens;
- A retirada da vegetação nativa alavancou os processos erosivos, uma vez que setores mais propensos à erosão (borda do tabuleiro), não exibiam outrora feições erosivas, pois contavam com o suporte protetivo da vegetação;
- O paradigma econômico desconsiderou as potencialidades e limitações do sistema ambiental dos tabuleiros, ultrapassando em alguns pontos sua capacidade de suporte;
- Diante do agudo cenário de degradação da terra por processos erosivos acelerados e da existência de novos problemas surgidos a partir do desenvolvimento da pesquisa alheios aos objetivos propostos como a quantificação do material erodido e posteriormente aportado na calha do Rio Jaguaribe (toneladas por hectare), sugere-se que sejam realizados novos estudos para melhor compreendê-los, visando promover o uso racional e sustentável na zona dos tabuleiros;
- Sugere-se uma revisão do ZEEC, especificamente em pontos referentes aos tabuleiros interiores, que levem em consideração o grau de pressão e mutabilidade desse sistema ambiental nos dias atuais;
- No mais, espera-se que esta pesquisa contribua para balizar estudos que almejem um novo modelo de tratamento do espaço com a adoção de práticas conservacionistas (contenção de erosão, descompactação e fertilização do solo e reflorestamento da mata de tabuleiro), através de uma gestão ambiental e territorial racional que incorpore a ciência como concretizadora de tais práticas.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras. **Instituto de Geografia - USP**, São Paulo/SP, p. 1-37. 1974. Disponível em: - <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/11D00001.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022.
- AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 4. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.
- ADERALDO, Pedro Ítalo Carvalho; PEREZ FILHO, Archimedes. Terraços Fluviais no Baixo Curso do Rio Piranhas-Açu como Contribuição Geocronológica Holocênica. **Revista Equador (UFPI)**, Teresina/PI, v. 9, n. 3, p. 178-188. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/10401/6340>. Acesso em: 07 jun. 2021.
- ALECE. Assembleia Legislativa do Ceará. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. **Caderno da sub-bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe**: informações sobre saneamento básico. Fortaleza: INESP, 2020. Disponível em: <https://www.al.ce.gov.br/index.php/publicacoes-inesp/category/115-todas-as-publicacoes-das-edicoes-inesp?download=1384:caderno-da-sub-bacia-hidrogr%C3%81fica-do-baixo-jaguaribe----informa%C3%87%C3%95es-sobre-saneamento-b%C3%81sico>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- PORTAL HIDROWEB, ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal HidroWeb v3.2.6**. 2020. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/HidroWeb/apresentacao>. Acesso em: 01 jul. 2023.
- ANDRADE, José Hamilton Ribeiro. **Dinâmica de Margens em Rios Semiáridos: aplicações metodológicas no Rio Jaguaribe – Ceará – Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia E Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.
- ANDRADE, José Hamilton Ribeiro; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. **Gênese e Evolução da Planície Fluvial do Baixo Jaguaribe**. 2023, p. 1-8, no prelo.
- ANDRADE, José Hamilton Ribeiro; MAIA, Celsemy Eleutério. Avaliação dos Processos de Erosão de Margens em Rios Semiáridos: estudo na sub-bacia do Baixo Jaguaribe – Ceará – Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá/PR, v. 37, n. 3, p. 71-84, jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i3.41548>. Acesso em: 20 mar. 2022.
- ANDRADE, José Hamilton Ribeiro; MAIA, Celsemy Eleutério. Erosão de Margens em Rios Semiáridos: estudo na sub-bacia do Baixo Jaguaribe – Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 19, n. 4, p. 859–870, out./dez. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1379>. Acesso em: 20 mar. 2022.
- ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino *et al.* **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte - Escala 1:500.000**. Recife/PE: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006.

ARAGÃO, João Paulo Gomes de Vasconcelos. Problemática socioambiental urbana e possibilidades de abordagem em sala de aula. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, Campinas/SP, v. 10, n. 20, p. 373-398, 2020. Disponível em: <https://www.revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/view/924/468>. Acesso em: 03 jun. 2021.

ARAI, Mitsuru. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do grupo Barreiras. **Geologia USP: Série Científica**, São Paulo/SP, v. 6, n. 2, p. 1-6, out. 2006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/27419/29191>. Acesso em: 13 jun. 2021.

ARAÚJO, Thatiane Maria Souza de; BASTOS, Frederico de Holanda. Corredores Ecológicos e Conservação da Biodiversidade: aportes teóricos e conceituais. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, [S. 1.], v. 21, n. 2, p. 716-729, 2019. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/575/431>. Acesso em: 12 jun. 2021.

ARAÚJO, Verônica Dantas de *et al.* Fácies e sistema deposicional da formação barreiras na região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo/SP v.6, n.2, p. 43-49, out. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300006>. Acesso em 17 jul. 2021.

ASSIS, Aroldo Vidal de; PEREIRA, Victor Hugo Campelo. Identificação das Condicionantes do Processo de Desertificação no Distrito de Feiticeiro, Jaguaribe/CE. *In: Semana em Ambiente, Tecnologia e Sociedade - Desafio em pesquisa Interdisciplinar*, 1, 2014, Mossoró/RN. **Anais [...]**. Mossoró/RN: EdUFERSA, 2014, 16 p. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/14cPf1MdExD2HhINmGO9n_DV0UgSqqWQ8/view. Acesso em: 23 mar. 2021.

ASSIS, Aroldo Vidal de *et al.* Formação da Comissão Gestora do Sistema Hídrico Riacho da Serra - Alto Santo/CE: conhecer para decidir. *In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 23, 2019, Foz do Iguaçu/PR. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu/PR: ABRHidro, 2019, p. 1-10. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=5389>. Acesso em: 24 mar. 2021.

ASSIS, Aroldo Vidal de *et al.* A Equação da Insustentabilidade Socioambiental no Baixo curso do Rio Jaguaribe – Ceará: análise das implicações na dinâmica fluvial. *In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, 15, Online. **Anais [...]**. Caruaru/PE: ABRHidro, 2020, p. 1-10. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/130/XV-SRHNE0271-1-20200920-185749.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BARREIROS, André Mateus. **Da paisagem como objeto da Geografia: repasse teórico e sugestão metodológica**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2017.

BASTOS, Frederico de Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. Fatores naturais na evolução das paisagens semiáridas brasileiras: uma abordagem geral. **Revista GEONORTE (Edição Especial)**, Manaus/AM, v.2, n.4, p.464-476, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2099/1974>. Acesso em: 23 mai. 2021.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo/SP, n. 08, p 1-27, 1969.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **Revista RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba/PR, v. 8, p. 141-152. 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389/2718>. Acesso em: 29 abr. 2021.

BERTRAND, Claude; BERTRAND, Georges. **Une géographie traversière: L'environnement à travers territoires et temporalités**. Paris: Arguments, 2002.

BERTRAND, Claude; BERTRAND, Georges. **Uma Geografia Transversal e de Travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Editora Massoni, 2007.

BEZERRA, Luiz José Cruz. **Caracterização dos Tabuleiros Pré-Litorâneos do Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Ciência Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2009.

BEZERRA, Luiz José Cruz; MAIA, Luís Parente. Caracterização sedimentológica dos Tabuleiros Pré-Litorâneos do Estado do Ceará. **Revista Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza/CE, v. 45, n. 1, p. 47-55. 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/142>. Acesso em: 30 abr. 2021.

BISPO, Carlos de Oliveira *et al.* Diagnóstico de Voçorocas na Zona Periurbana de Garanhuns, Agreste Meridional Pernambucano. **Revista de Geografia**, Recife/PE, v. 35, n. 2, p. 322-340. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/234969>. Acesso em: 04 mai. 2021.

BNB. Banco do Nordeste. **A Carnaúba e seu papel como uma planta econômica**. Fortaleza: Departamento de Estudos do Nordeste (ETENE), 1972.

BOCA, Nogar Tomás. As Mudanças da Paisagem e sua Influência na Dinâmica do Risco de Erosão na Cidade de Xai-Xai, Moçambique. **Espaço Aberto**, Ilha do Fundão/RJ, v.10, n.2, p. 87-105. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/30686>. Acesso em 24 mai. 2021.

BRANDÃO, Ricardo de Lima *et al.* **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba-CE**. Texto explicativo. Carta Geoambiental. Fortaleza: CPRM, 2003.

BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos (org.). Aspectos Gerais do Meio do Meio Físico. *In*: BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos (Org.) **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza/CE: CPRM, 2014.

BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos; SHINZATO, Edgar. Geodiversidade: Limitações e Adequabilidades/ Potencialidades Frente ao Uso e à Ocupação. *In: Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos (org.) Geodiversidade do Estado do Ceará*. Fortaleza: CPRM, 2014.

BRASIL. **Lei 1 N° 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro**, 2012. Brasília/DF: Presidência da República, Casa Civil, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 04 mar. 2023.

CABRAL, Léya Jéssyka Rodrigues Silva; VALLADARES, Gustavo Souza; AQUINO, René Pedro de. Susceptibilidade à erosão das terras do alto curso do rio Banabuiú, no Sertão Central do Ceará, usando lógica nebulosa. **ACTA Geográfica**, Boa Vista/RR, Ed. Esp., 5 CBEAGT, p.103-113. 2016. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/3747>. Acesso em: 04 mai. 2021.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Cultrix, São Paulo, 1996.

CARVALHO, Alexandre Medeiros *et al.* Eolianitos de Flecheiras/Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará, Brasil: registro ímpar de um paleo-sistema eólico costeiro. *In: WINGE, M et al. (Ed.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 2. ed. Brasília: CPRM, 2009.

CARVALHO NETA, Maria de Lourdes; CLAUDINO-SALES, Vanda. Compartimentação geomorfológica da foz do Rio Jaguaribe e áreas costeiras adjacentes (Ceará, Nordeste do Brasil). **Revista de Geociência do Nordeste**, Caicó/RN, v. 5, n. 2, p. 1-30. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/16483/11843>. Acesso em: 14 mai. 2022.

CASTRO, Alexandre *et al.* Expedição científica ao Alto Curso do Rio Jaguaribe (Ceará): identificação da nascente do possível maior rio temporário do mundo. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte/MG, v.30, n. 63, p. 956-974. 2020. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/22990/17249>. Acesso em: 15 mai. 2022.

CAVALCANTE, Andréa Almeida. **Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: O rio Jaguaribe a jusante do açude Castanhão-Ceará-Brasil**. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012.

CAVALCANTE, Andréa Almeida. Geomorfologia Fluvial no Semiárido Brasileiro. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife/PE, v. 35, n. 4, p. 254-268, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/238226>. Acesso em: 04 mai. 2021.

CAVALCANTE, Andréa Almeida; CUNHA, Sandra Baptista da. Morfodinâmica Fluvial em Áreas Semiáridas: discutindo o vale do rio Jaguaribe – Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v.13, n.1, p.39-49, jan.-mar. 2012. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/340/281>. Acesso em: 08 mai. 2021.

CAVALCANTE, Leandro Vieira. **As Firmas Tomaram Conta de Tudo: território, agronegócio e questão agrária**. Curitiba: Editora CRV, 2020.

CAVALCANTE, Leandro Vieira. A territorialidade do capital no campo: agronegócio e uso corporativo do território no Ceará. **Revista NERA**, Presidente Prudente/SP, v. 23, n. 53, p. 22-46. 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/6016/5563>. Acesso em: 22 fev. 2022.

CAVALCANTE, Maria Dias *et al.* **Relatório Consolidado do Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Ceará – ZEEC**. Fortaleza/CE: Secretaria do Meio Ambiente - Consórcio TPF-GAU, 2022. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2022/02/Relatorio-Consolidado-do-ZEEC.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

CAVALCANTI, José Adilson Dias; CAVALCANTE, José Carvalho. Evolução Geológica. *In*: Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos (org.) **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza/CE: CPRM, 2014.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 2. ed. revista e atualizada. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. Geossistemas do Semiárido Brasileiro: Considerações Iniciais. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte/MG, v. 26, n. 2, p. 214-228, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26nesp2p214/10531>. Acesso em: 04 abr. 2021.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. **5 Questões da Cartografia de Paisagens**. [Live Webinar do GENAT sobre Cartografia de Paisagens]. [S. l.: s. n.], 2020. 1 Vídeo (134 min). Publicado pelo canal GENAT UFPB. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=4uVB_1zLSiU. Acesso em: 06 out. 2021.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza *et al.* Técnicas de campo para descrição de geossistemas: reconhecimento expedito na borda oeste do maciço residual de Poço das Trincheiras, Alagoas. **Geoambiente On-line**, Jataí-GO, n. 15, p. 01-31. 2013. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/26011>. Acesso em: 6 nov. 2022.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros. Geossistemas e Geografia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro/RJ, v. 61, n. 2, p. 3-33, 2016. Disponível em: <https://rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/82>. Acesso em: 24 jul. 2021.

CHARLTON, Ro. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2007.

CHÁVEZ, Eduardo Salinas; PUEBLA, Adonis Maikel Ramón; TROMBETA, Leticia Roberta Amaro. La cartografía de los paisajes y los sistemas de información geográfica: aspectos conceptuales y metodológicos. *In*: DIAS, Leonice Seolin; CHÁVES, Eduardo Salinas (org.). **Cartografia Biogeográfica e da Paisagem**. Editora ANAP, Tupã, 2019.

CHICOMBO, Tomé Francisco. Construção da Ponte Maputo-KaTembe e a dinâmica de ocupação das Terras no Distrito Municipal de Katembe – Moçambique. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, v. 34, p. 1-15. 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/64566/33895>. Acesso em: 25 jul. 2021.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

CLAUDINO-SALES, Vanda. A Formação da paisagem no Nordeste Brasileiro. *In: Eco Nordeste*, Agecon. 2021 Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/a-formacao-da-paisagem-do-nordeste-brasileiro/>. Acesso em: 15 mai. 2022.

CLAUDINO-SALES, Vanda; CARVALHO, Alexandre Medeiros de; PEDROSA, Adriana. Caracterização Geomorfológica dos Eolianitos do Estado do Ceará, Brasil. **Revista Geografia Acadêmica**, Boa Vista/RO, v.15, n.2, p. 56-67. 2021. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/7198/3442>. Acesso em: 15 mai. 2022.

COGERH. **Baixo Jaguaribe**. *In: COGERH*. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/baixo-jaguaribe/>. Acesso em: 01 abr. 2023.

CORRÊA, Antônio Carlos de Barros *et al.* Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo/SP, v. 31, n. 1, p. 35-52. 2010. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/rig/article/view/405>. Acesso em: 15 mai. 2021.

COSTA, Cleuton Almeida da. **Marcas da Ocupação do Solo na Dinâmica Fluvial no Médio-Baixo Jaguaribe-CE**. 2009. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2009.

COSTA, Cleuton Almeida da; PINHEIRO, Lidriana de Souza. Dos Currais de Gado à Agricultura Mecanizada: descortinando a paisagem do Baixo Jaguaribe (Ceará). *In: AMORA, Zenilde Baima; GONÇALVES, Luiz Antônio Araújo (org.). Cenários Geográficos: reflexões e enfoques*. 2 ed. Fortaleza/CE: Editora da UECE, 2021, p. 189-212.

COSTA, Luís Ricardo Fernandes da; MAIA, Rubson Pinheiro; BARRETO, Lucas Lopes; CLAUDINO-SALES, Vanda. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 21 n. 1, 155-170. 2020. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1447>. Acesso em: 26 jul. 2021.

COSTA, Luís Ricardo Fernandes da *et al.* Geomorfologia dos Tabuleiros Interiores do Estado do Ceará - Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v.14, n.7, p. 4056-4065. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/249987/0>. Acesso em: 26 dez. 2021.

COSTA, Luís Ricardo Fernandes da. **Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do Rio Banabuiú - CE**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos minerais da folha Sousa SB.24-Z-A escala 1:250.000**: Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Recife/PE: 2008.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. CPRM, 2020. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20418>. Acesso em: 13 set. 2021.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Glossário Geológico Dinâmico Ilustrado**. CPRM, 2022. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>. Acesso em 24 fev. 2022.

CREPANI, Edilson. *et al.* **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos/SP: INPE, 1996.

CREPANI, Edilson. *et al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos/SP: INPE, 2001.

CUNHA, Tony Jarbas Ferreira *et al.* Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. *In*: SA, Iêdo Bezerra; SILVA, Pedro Carlos Gama da. **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/224996/1/Semiarido-brasileiro-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.

CURI, Nilton *et al.* **Pedologia**: solos dos biomas brasileiros. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017.

DANTAS, Marcelo Eduardo. Biblioteca de Relevo do Território Brasileiro. *In*: BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos (org.) **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza/CE: CPRM, 2014.

DANTAS, Marcelo Eduardo *et al.* Origem das Paisagens. *In*: BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos. (Org.) **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza/CE: CPRM, 2014.

DEMARCHI, Júlio Cesar.; PIROLI, Edson Luís. Modelagem de Erosão e Aporte de Sedimentos em Bacia Hidrográfica com o Modelo WaTEM/SEDEM. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia/MG, v. 21, n. 78, p. 117-137. 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/53059>. Acesso em: 01 mai. 2021.

DIAS, Leonice Seolin; CHÁVEZ, Eduardo Salinas. **Cartografia Biogeográfica e da Paisagem**. Editora ANAP, Tupã, 2019.

DIAS, Renê Lepiani; PEREZ FILHO, Archimedes. Novas Considerações sobre Geossistemas e Organizações Espaciais em Geografia. Uberlândia/MG, v. 29, n. 3, p. 409-421, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-4>. Acesso em: 03 abr. 2021.

DÍAZ, Gastón Vergara; VÁZQUEZ, Víctor Sandoval; MACHUCA, Miguel Ángel Herrera. Análisis del Cambio Temporal y Espacial del Uso del Suelo en la Región Centro-Sur de

Chile. **Ciência Florestal**, Santa Maria/RS, v. 28, n.4, p. 1831-1844. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/35342>. Acesso em: 08 abr. 2021.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; OLIVEIRA, George Pereira. Compartimentação e caracterização das unidades de paisagem do Seridó potiguar. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba/MG, v. 6, n. 1, p. 291-318. 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/28895/18016>. Acesso em: 30 jul. 2021.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça *et al.* Mapeamento Geomorfológico do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 188, n. 4, p. 1-13. 2017. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1255>. Acesso em: 12 ago. 2021.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; OLIVEIRA, Antônia Vilaneide Lopes Costa de. Mapeamento das Unidades de Paisagem do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia/GO, v. 38, n. 2, p. 342- 364, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/54613>. Acesso em: 02 ago. 2021.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça *et al.* Enclave de Cerrado e a Atualização do Mapeamento das Unidades de Paisagem do Estado do Rio Grande do Norte. **Mercator**, Fortaleza/CE, v. 21, e21014, p. 1-15, nov. 2022. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/e21014>. Acesso em: 06 nov. 2022.

DNPM. **Projeto organização e formalização das atividades de extração de argila no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará: Relatório Final da Etapa 1 - Diagnóstico**. Fortaleza/CE: 2013.

DOMINGUEZ, José Maria Landim; GUIMARÃES, Júnia Kacenenbogen. Effects of Holocene climate changes and anthropogenic river regulation in the development of a wave-dominated delta: The São Francisco Rive (eastern Brazil). **Marine Geology**, v. 435, p. 1-20. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025322721000384?via%3Dihub>. Acesso em: 30 ago. 2021.

DOMINGUEZ, José Maria Landim *et al.* The narrow, shallow, low-accommodation shelf of central Brazil: Sedimentology, evolution, and human uses. **Geomorfology**, v. 203, p. 46-59. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X13003528?via%3Dihub>. Acesso em: 04 ago. 2021.

EMPRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Solos do Nordeste**. Recife/PE: Embrapa Solos, 2014, 16 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>. Acesso em 26 jul. 2021.

EMPRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília/DF: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-declassificacao-de-solos>. Acesso em 26 jul. 2021.

EMÍDIO, Teresa. **Meio Ambiente & Paisagem**. Editora Senac: São Paulo, 2006.

FALCÃO, Cleire Lima Costa; SOBRINHO, José Falcão. Precipitação e Carreamento do Solo em Micro bacias do Vale do Acaraú no Estado do Ceará. **ACTA geográfica**, Boa Vista/RR, v.13, n.32, p. 1-27. 2019. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/4138>. Acesso em: 05 mai. 2021.

FARIAS, Juliana Felipe. **Zoneamento geocológico como subsídio para o planejamento ambiental no âmbito municipal**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2012.

FERREIRA, Lethicia Carlos da Silva. **Estratigrafia de um tabuleiro costeiro na Região Sul do Espírito Santo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, 2020.

FERREIRA, Vanderlei Oliveira. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, Salvador/BA, v. 6, n. 2, p. 187-208. 2010. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/4836>. Acesso em: 02 dez. 2021.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. 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**, Aracaju/SE, v. 5, n. 1, p. 15-28. 2005. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/viewFile/25215/16909>. Acesso em: 02 jul. 2022.

FERREIRA NETO, Cicinato. **Estudos de História Jaguaribana**: documentos, notas e ensaios diversos para a história do Baixo e Médio Jaguaribe. Fortaleza: Premium, 2003.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FONSECA, Ricardo Lopes. As Pesquisas em Ensino de Geografia e a Categoria Espacial de Paisagem. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, Campinas/SP, v. 11, n. 21, p. 05-30, 2021. Disponível em: <https://www.revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/view/989/548>. Acesso em: 04 jan. 2022.

FONTELES, Helano Régis da Nóbrega. Caracterização geoquímica dos sedimentos argilosos do Baixo Jaguaribe (CE) baseada em métodos de análise multivariada. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba/PR, v. 80, n. 1, p. 44-55. 2022. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/88185/47301>. Acesso em: 02 fev. 2023.

FROTA FILHO, Armando Brito. **Alterações antropogênicas na geomorfologia e suas influências na aceleração dos processos erosivos, bacia hidrográfica colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM**. 2021. Tese (Doutorado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2021.

FROTA FILHO, Armando Brito; ABREU, Nádia Rafaela Pereira de; VIEIRA, Antônio Fábio Sabbá Guimarães. Processo de Voçorocamento e Feições Secundárias: um estudo de caso em

Manaus-AM. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia/MG, v. 21, n. 74, p. 313-323. 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/41778>. Acesso em: 02 mai. 2021.

FURRIER, Max; ARAÚJO, Magno Erasto; MENEZES, Leonardo Figueiredo de. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Revista Geologia USP – Série Científica**, São Paulo/SP, v. 6, n. 2, p. 61-70. 2006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/27425/29197>. Acesso em: 11 mai. 2021.

GARCÍA-RUIZ, José Maria *et al.* Erosion in Mediterranean landscapes: Changes and future challenges. **Geomorphology**, v. 198, p. 20-36, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.023>. Acesso em: 01 mai. 2021.

GARCES, Alexsandro dos Santos. **Prospecção de água subterrânea por eletrorresistividade em terrenos cristalinos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

GIRÃO, Valdelice Carneiro. As charqueadas. **Revista do Instituto do Ceará**, Fortaleza/CE, Tomo CX, Ano, 1996. Disponível em: <https://www.institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/1996/1996-AsCharqueadas.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

GOMES NETO, Antônio Oliveira. **Neotectônica do Baixo Vale do Rio Jaguaribe – Ceará**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2007.

GOMES NETO, Antônio Oliveira; MORALES, Norberto, HAMELAK, Glória Maria Silva. Tectônica da Formação Barreiras no Baixo Vale do Rio Jaguaribe, CE. **Revista de Geologia**, Fortaleza/CE, v. 25, n. 1, p. 97-113. 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/geologia/article/view/1343>. Acesso em: 11 ago. 2021.

GONÇALVES, Alzeni Dantas de Almeida *et al.* **Zoneamento Ecológico-Econômico dos Biomas Caatinga e Serras Úmidas do Estado do Ceará - Zoneamento Geoambiental - geologia**. Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE/Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura – FCPC. Fortaleza/CE: PETROBRAS / FCPC / SEMACE / UFC, 2007.

GOUDIE, A. **O impacto humano sobre o meio ambiente natural**. Basil Blackwell Ltd, 1990.

GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment: past, present and future**. Seventh edition. Wiley-Blackwell - John Wiley & Sons, Ltd, 2013.

GOUVEA JUNIOR, Willian Cruz.; FERNANDES, Daniel; CASTRO, João Wagner de Alencar. Análise das variáveis físicas e dinâmicas do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) na enseada da Baía Formosa, Região dos Lagos Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 23, n.4, p.1812-1833. 2022. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2144>. Acesso em: 21 out. 2022.

GUERRA, Antônio José Teixeira. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 8. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

GUERRA, Antônio José Teixeira. O Início do Processo Erosivo. *In*: GUERRA, Antônio José Teixeira. SILVA, Antônio Soares BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (org.) **Erosão e Conservação dos Solos**: conceitos, temas e aplicações. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, Antônio José Teixeira *et al.* Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. **Pedosphere**, v. 27, n. 1, p. 27-41. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002016017602947>. Acesso em: 20 abr. 2023.

GUERRA, Maria Daniely Freire. **A problemática da desertificação nos sertões do médio Jaguaribe, Ceará: o contexto do município de Jaguaribe**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2009.

HUMBOLDT, Alexander Von. **Cosmos**: a sketch of the physical description of the universe. v.1. 1858. Disponível em: <http://archive.org/details/cosmosasketchap02dallgoog>. Acesso em 14 jul. 2021.

IAT. Instituto Água e Terra do Paraná. **Glossário Geológico**. 2022. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Glossario-Geologico>. Acesso em 14 nov. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE. 2 ed. 2007. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2021.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Boletim Informativo INSA - Ano VI, Nº 03, Jan. – Fev. – Mar. 2018, p. 10. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/boletim-informativo/2018/boletim-jan-fev-marco-2018.pdf/view>. Acesso em: 24 jul. 2022.

JESUZ, Cleberson Ribeiro de; SANTOS, Ingrid Regina da Silva. Paisagem: uma reflexão do conceito na concepção geossistêmica. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre/RS, v. 43, n.2, p. 232-251. 2016. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/57483>. Acesso em: 08 abr. 2021.

JORGE, Maria do Carmo Oliveira; GUERRA, Antônio José Teixeira. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. *In*: GUERRA, Antônio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

LÄMMLE, Luca *et al.* Baixos terraços marinhos associados às transgressões e regressões marinhas holocênicas na planície costeira do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 23, n. 2, p. 1.285-1.303. 2022. Disponível em: <https://rbg.emnuvens.com.br/rbg/article/view/1992/386386720>. Acesso em: 10 ago. 2021.

LATUF, Marcelo de Oliveira *et al.* Aporte sedimentar em suspensão na bacia do rio Machado, sul de Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte/MG, v. 29, Número Especial, p. 16-35, 2019. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2019v29nespp16>. Acesso em: 07 fev. 2023.

LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE; 2003.

LELIS, Diego Andrade de Jesus; PEDROSO, Daniele Saheb; RODRIGUES, Daniela Gureski. Geografia socioambiental no Ensino Fundamental: um estudo de revisão nas teses e dissertações brasileiras. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, Campinas/SP, v. 12, n. 22, p. 5-33. 2022. Disponível em: <https://www.revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/view/1005/573>. Acesso em: 10 ago. 2022.

LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e conservação dos solos**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LIMA, Francisco Leandro da Silva. Breve histórico da economia agrária do vale do Jaguaribe: das sesmarias a fruticultura. 2012. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/breve-historico-da-economia-agraria-do-vale-do-jaguaribe-das-sesmarias-a-fruticultura/90779/>. Acesso em: 14 mai. 2022.

LIMA, Kleber Carvalho; CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da; PEREZ-FILHO, Archimedes. Relações entre Rede de Drenagem e Superfícies de Aplainamento Semiáridas. **Mercator**, Fortaleza/CE, v. 15, n. 2, p. 91-104. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/fHJRYwjWtD78RKp4pzkvXzp/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 mai. 2022.

LIMA, Gabriella Santos Arruda de; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Manuel Eduardo. Qualidade da paisagem e perdas de solo frente à simulação de cenários ambientais no Cerrado, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, v.32, p. 426-439. 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/47029/29358>. Acesso em: 04 mai. 2021.

LIMA, Luiz Cruz. **Geografia humana do Ceará: espaço, técnica e tempo**. Editora da UECE, Fortaleza, 2020.

LIMA, Raimundo Humberto Cavalcante. **Estudo de formulação de massas através do controle da mistura: argilas aluvionares do Polo Cerâmico de Russas-Ceará**. 2009. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Geologia Regional) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2009.

LOREIRO, Caroline Vitor; CASTRO, Luana dos Santos. Análise dos Impactos Resultantes dos Múltiplos Usos das Falésias Localizadas no Município de Camocim-CE. **Revista da**

Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 21, n. 2, p. 841-852. 2019. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/599/441>. Acesso em: 14 abr. 2021.

LOUZEIRO, Andreza dos Santos; RABELO, Thiara Oliveira; ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Risco, Vulnerabilidade e Ecodinâmica: conceitos, aplicações e discussões. *Cadernos do LOGEPA*, João Pessoa/PB, v.10, n. 1, p.79-93. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/logepa/article/view/61501/35611>. Acesso em: 10 fev. 2023.

MAIA, Abraão Lima Verde; LUCENA, Rodrigo Paiva de; SILVA, Mayco Angello Fernandes de Sena. Gestão Ambiental no Ceará: a carcinicultura no município de Jaguaruana. *Revista Foco*, v. 16, n. 6, p. 1-17. 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2107>. Acesso em: 25 jun. 2023.

MAIA, Rubson Pinheiro. **Geomorfologia e Neotectônica do Vale do Rio Apodi-Mossoró - RN**. 2012. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012.

MAIA, Rubson Pinheiro. **Planície Fluvial do rio Jaguaribe**: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2005.

MAIA, Rubson Pinheiro; AMORIM, Rodrigues de Freitas. Aspectos morfoestruturais e fatores erosivos em Falésias: O caso de Pipa - RN. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo/SP, v.23, n.4, p. 2.000-2009. 2022. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2141>. Acesso em: 21 out. 2022.

MAIA, Rubson Pinheiro et al. **Paisagens graníticas do Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2018, 104 p.

MAIA, Rubson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. *Mercator*, Fortaleza/CE, v. 13, n. 1, p. 127-141, 2014. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1233>. Acesso em: 19 mai. 2021.

MAIA, Rubson Pinheiro; CAVALCANTE, Andréa Almeida. Erosão e Assoreamento do Rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte -CE: marca de uma evolução acelerada. *In: Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia*, 5, 2004, Santa Maria/RS. *Anais [...]*. Santa Maria/RS, 2004.

MAIA, Rubson Pinheiro *et al.* Geomorfologia do campo de inselbergs de Quixadá, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo/SP, v. 16, n. 2, p. 239-253. 2015. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/651/469>. Acesso em: 24 jul. 2021.

MAIA, Rubson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego. Inversão Neotectônica do Relevo na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo/SP, v.15, n.1, p.61-74. 2014. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/419>. Acesso em: 29 out. 2021.

MAIA, Rubson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego. Geomorfologia e Neotectônica da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró - NE/BRASIL (geomorfologia e neotectônica da bacia do rio Apodi-Mossoró - NE/Brasil). **Mercator**, Fortaleza/CE, v.11, n. 24, p. 209 a 228. 2012. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/736>. Acesso em: 28 abr. 2022.

MAIA, Rubson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; CLAUDINO-SALES, Vanda. Vales Fluviais do NE: Considerações Geomorfológicas. **Okara: Geografia em Debate**, João Pessoa/PB, v. 2, n. 2, p. 177-189. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/2637/3347>. Acesso em: 28 out. 2021.

MAIA, Rubson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; CLAUDINO-SALES, Vanda. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. **Revista de Geografia**, Recife/PE, v. esp, n. 1, p. 1-14. 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/228857/23268>.

MAPBIOMAS. **Superfície de água no Brasil reduz 15% desde o início dos anos 90**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2021/08/23/superficie-de-agua-no-brasil-reduz-15-desde-o-inicio-dos-anos-90/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MARTINS, F. *et al.* Complexo Migmatítico de Banabuiú (Ceará, Brasil). **Comunicações Geológicas**, v. 101, Especial 1, p. 143-146. 2014. Disponível em: https://www.ineg.pt/wp-content/uploads/2020/03/26_1772_ART_CG14_ESPECIAL_I.pdf. Acesso em: 24 abr. 2022.

MARTINS, Jackson Alves; CASTELO BRANCO, Raimundo Mariano G.; MAGINI, Christiano. Análise geoambiental do uso e ocupação do solo em áreas de implantação de carcinicultura no baixo Jaguaribe - Nordeste do Ceará: um enfoque SIG, Geologia & Hidrogeologia. **Revista de Geologia**, Fortaleza/CE, v. 24, n. 2, p. 108-125. 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/geologia/article/view/1403>. Acesso em: 24 abr. 2021.

MATHIAS, Dener Toledo; LUPINACCI, Cenira Maria; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. Identificação dos fluxos de escoamento superficial em área de relevo tecnogênicos a partir do uso de modelos hidrológicos em SIG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, v.32, p. 820-831. 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadnatureza/article/view/49431/30218>. Acesso em: 04 mai. 2021.

MCCLOSKEY, G. L. *et al.* Timing and causes of gully erosion in the riparian zone of the semi-arid tropical Victoria River, Australia: Management implications. **Geomorphology**, 266. p. 96–104. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.05.009>. Acesso em: 01 mai. 2021.

MEDEIROS, Jacimária Fonseca de. **Da análise sistêmica à Serra de Martins**: contribuição teórico-metodológica aos brejos de altitude. 2016. 219f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

MELO, Ana Clara Alves; ALBUQUERQUE, Lidiamar Barbosa; VILELA, Marina de Fátima. Relação do uso e da ocupação do município de Águas Lindas e seus impactos. **Revista**

Brasileira de Geografia Física, Recife/PE, v.14, n.02, p. 634-649. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/245173>. Acesso em 16 jun. 2021.

MENDES, Francisco de Assis. **O barro de cada dia: oleiros e operários da atividade ceramista no Distrito de Flores, CE 1981-1990**. Dissertação (Mestrado em História) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia física: Ciência Humana?** 4. ed. São Paulo: Contexto, 1996.

MENDONÇA, Francisco. Dualidade e Dicotomia da Geografia Moderna: a especificidade científica e o debate no âmbito da geografia brasileira. **Revista RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba/PR, v. 2, p. 153-165.1998. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/18004/11741>. Acesso em 19 jun. 2021.

MENDONÇA, Francisco. Geografia Socioambiental. **Revista Terra Livre**, n. 16, p. 139-158, 2001. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/terralivre/article/view/352/334>. Acesso em 11 jun. 2021.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia e Meio Ambiente**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

MESQUITA, Áquila Ferreira *et al.* Aspectos morfoestruturais da margem costeira do extremo sul da Bahia (Brasil): implicações neotectônicas na evolução geomorfológica costeira. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 22, n.1, p. 47-64. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i1.1798>. Acesso em 12 jun. 2021.

MOLINARI, Deivison Carvalho. Áreas de Risco a Voçorocamento em Manaus/AM: Uma contribuição à Geografia Ambiental. **AMBIENTES: Revista De Geografia e Ecologia Política**, Francisco Beltrão/PR, v. 4., n. 2, p. 15-70, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.48075/amb.v4i2.30322>. Acesso em: 04 abr. 2023.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.

MONTEIRO, Jander Barbosa. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v. 15, n. 01, p. 312-332. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/250939>. Acesso em 12 jun. 2022.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. Eventos extremos no estado do Ceará, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos no mês de março de 2019. **GeoTextos**, Salvador/BA, v. 15, n. 2, p. 149-173. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/32093/20222>. Acesso em 13 jun. 2021.

MORAIS, Lúcia de Fátima Sabóia de *et al.* Análise das águas subterrâneas nos municípios do Médio e Baixo Jaguaribe: mapeamento e estimativa da disponibilidade atual. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza/CE, v. 36, n. 1, p. 34-43. 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195317441004>. Acesso em 16 jun. 2022.

MORAIS, Reurysson Chagas de Sousa; SALES, Marta Celina Linhares. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte/MG, v. 27, n. 1 Edição Especial, p. 84-105. 2017. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.23182962.2017v27nesp1p84>. Acesso em: 08 fev. 2023.

MOREIRA, Ruy. **Para onde vai o pensamento geográfico?** por uma epistemologia crítica. 2ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2009.

MORIN, Edgar. **O Método 1: a natureza da natureza**. Publicações Europa-América Ltda. 1977.

MOURA-FÉ, *Marcelo Martins de*. Barreiras: série, grupo ou formação? **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v. 07, n. 6, p. 1.055–1.061. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/233079>. Acesso em: 28 mar. 2021.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do; SAMPAIO, José Levi Furtado. Geografia Física, Geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 6, n. 1, p. 167-179. 2004. Disponível em: <http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/130>. Acesso em: 29 mar. 2021.

NASCIMENTO, Renan Loureiro Xavier *et al.* **Caderno de Caracterização: estado do Ceará**. Brasília: CODEVASF, 2022. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-do-rocha/publicacoes/outras-publicacoes/caderno-de-caracterizacao-estado-do-ceara.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2023.

NEVES, Carlos Eduardo das *et al.* A Importância dos Geossistemas na Pesquisa Geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, v. 26, n. 2, p. 271-285. 2014. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/23536/pdf_85. Acesso em 13 mai. 2021.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2021.

NOBRE, Carlos Afonso. **Sistema Terra: uma forma integrada de estudar as mudanças ambientais e suas consequências**. 2018. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/noticias/sistema-terra>. Acesso em: 01 jan. 2022.

NOGUEIRA, Valdir; CARNEIRO, Sônia Maria Marchiorato. **Educação geográfica e formação da consciência espacial-cidadã**. Curitiba/PR: UFPR, 2013.

NOGUEIRA JÚNIOR, Lauro Rodrigues; DOMPIERI, Márcia Helena Galina; CRUZ, Marcus Aurélio Soares. GeoTAB: Identificação dos biomas e da vegetação na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros. **Scientia Plena**, Sergipe, v.15., n. 11 p. 1-20. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.112402>. Acesso em: 18 ago. 2022.

NOWATZKI, Carlos Henrique. **Léxico de Estruturas Sedimentares e Termos Associados com Ilustrações**. *In*: Academia Edu. Disponível em:

https://www.academia.edu/40016204/L%C3%89XICO_DE ESTRUTURAS SEDIMENTAR ES_E_TERMOS_ASSOCIADOS_Com_ilustra%C3%A7%C3%B5es. Acesso em: 10 mai. 2022.

OLIVA, Fábio Guimarães. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos associados. **GeoPUC**, Rio de Janeiro/RJ, v. 12, n. 23, p. 74-99. 2019. Disponível em: http://geopuc.geo.pucio.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?from_info_index=6&inoid=178&sid=33. Acesso em: 01 jan. 2022.

OLIVEIRA, Marize Luciano Vital Monteiro de. **Águas do Ceará: Política Pública de Territorialidades Conflituosas**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2010.

OLIVEIRA, João Henrique Moura; CHAVES, Joselisa Maria. Mapeamento e caracterização geomorfológica: Ecorregião Raso da Catarina e Entorno do NE da Bahia. **Mercator**, Fortaleza/CE, v. 9, n. 1, p. 217-238. 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2736/273619430015.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2021.

OLIVEIRA, Cristina Silva; MARQUEZ NETO, Roberto. Gênese da Teoria dos Geossistemas: uma Discussão Comparativa das Escolas Russo-Soviética e Francesa. **Revista RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba/PR, v. 47, n. 1 p. 6-20. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/58198/41282>. Acesso em: 27 jul. 2021.

OLIVEIRA, Robson Rafael; NASCIMENTO, Marcos Antônio Leite do. Mapa geológico simplificado do estado do Rio Grande do Norte: representação cartográfica de elementos geológicos para divulgação das Geociências. **Terrae Didática**, Campinas/SP, v. 15, p. 1-13. 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8654688>. Acesso em 12 ago. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda Global 2030/Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 18 ago. 2021.

OZORIO, Elisandra. **Paisagem: uma janela para a aprendizagem de geografia. 2016**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia - Licenciatura). Universidade Federal da Fronteira Sul. Chapecó/SC, 2016.

PALHETA, Edney Smith de Moraes. **Nota explicativa da folha Senador Pompeu**: escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Fortaleza: CPRM, 2014.

PANTALENA, Ana Flávia; MAIA, Luís Parente. Marcas da ação antrópica na história ambiental do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 459-468. 2014. Disponível em: https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-431_Pantalena.pdf. Acesso em: 14 jun. 2021.

PARENTE, Clóvis Vaz; ARTHAUD, Michel Henri. O sistema Orós-Jaguaribe no Ceará, NE do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo/SP, v. 25, n. 4, p. 297-306. 1995. Disponível em: <http://bjg.siteoficial.ws/1995/n.4/6.pdf>. Acesso em: 05. dez. 2020.

PASSOS, Messias Modesto. A Abordagem Sistêmica no Estudo da Dinâmica da Paisagem: o GTP aplicado ao estudo do meio ambiente. *In*: OLIVEIRA-COSTA, Jorge Luís P. *et al.* (org.). **Métodos e Técnicas no Estudo da Dinâmica da Paisagem Física nos países da CPLP - Comunidade dos Países de Expressão Portuguesa**. Málaga – Espanha: Ed. EUMED, 2022.

PASTANA, José Maria Nascimento (Org.). **Turiacu, folha SA.23-V-D e Pinheiro, folha SA.23-Y-B: estados do Pará e Maranhão**. Brasília: CPRM, 1995. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/3062/1/rel_turiacu_pinheiro.pdf. Acesso em: 04 jul.2021.

PEIXÔTO, Maria Carolina de Santana; PEREIRA-NETO, Manoel Cirício; GUEDES, Josiel de Alencar. Sistemas ambientais e suscetibilidades à desertificação a partir de indicadores biofísicos no município de Assu/RN. **Ateliê Geográfico**, Goiânia/GO, v. 15, n. 3, p. 108–129, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/69757/38219>. Acesso em: 28 jan.2022.

PEJON, Osni. José; ZUQUETTE, Lázaro Valentin; AUGUSTO FILHO, Oswaldo. Geologia e Solos. *In*: CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes (org.) **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

PEREZ FILHO, Archimedes. Sistemas Naturais e Geografia. *In*: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (org.). **Panorama da Geografia Brasileira**. São Paulo: Annablume, v. 1, p. 333-336. 2007.

PEREZ FILHO, Archimedes *et al.* Depositional rates obtained from absolute dating on surficial covers in the Paulista Peripheral Depression, SE-Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 111, p. 103491, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103491>. Acesso em: 08 Jul. 2021.

PEREZ FILHO, Archimedes; QUARESMA, Cristiano Capellani. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 12, n. 3, p. 83-90, 2011. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/261>. Acesso em 10 jul. 2021.

PINHEIRO, Renata Aline Bezerra. **Processo de Degradação Ambiental/Desertificação na Bacia do Riacho Feiticeiro com base no DFC - Município de Jaguaribe/Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.

PINTO, Bismarque Lopes; ARAÚJO, Hélio Mário de. Configuração Geomorfológica Contemporânea de uma Voçoroca sobre a Lito estrutura Sedimentar da Sub-Bacia de Tucano Central – BA. **ACTA geográfica**, Boa Vista/RR, v.14, n.35, p. 1-26. 2020. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/6072>. Acesso em: 03 mai. 2021.

PINTO, Nauana Teixeira; MOREIRA, Gilselia Lemos. Expansão urbana e problemas ambientais: o caso do bairro Teotônio Vilela, Ilhéus, Bahia. **Geopauta**, Vitória da Conquista/BA, v. 6, p. 1-30. 2022. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/10067/6778>. Acesso em: 28 abr. 2022.

QUEIROZ, Larissa Silva. **Compartimentação Geoambiental de ambientes semiáridos: o Complexo Serrano Martins-Portalegre-RN**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2021.

QUEIROZ, Pedro Henrique Balduino de. Evolução Morfológica de Barras e Ilhas Fluviais no Baixo Curso do Rio Jaguaribe Diante da Inserção da Barragem do Castanhão, Ceará - Brasil. Tese (Doutorado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2018.

RESENDE, Alexander Silva de; CHAER, Guilherme Montandon. **Manual para recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra na Caatinga**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010.

ROCHA, Alexsandra Bezerra da; CLAUDINO SALES, Vanda.; SALES, Marta Celina Linhares. Geoambientes, Uso e ocupação do Espaço no Estuário do Rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza/CE, v. 7, n. 2, p. 160-175. 2011. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/169>. Acesso em: 08 ago. 2021.

ROCHA, Itamar de Paiva *et al.* **Censo da carcinicultura dos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte**. Natal: Deza's. 2022. Disponível em: <https://abccam.com.br/2022/11/censo-da-carcinicultura-do-ceara-piaui-e-rio-grande-do-norte-ja-esta-disponivel/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente da; CAVALCANTI, Agostinho de Paula Brito. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6 ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

ROLIM, Josimeire Barreto de Sousa. **Sistemas Técnicos e Sustentabilidade: Desafios no Perímetro Irrigado de Morada Nova (PIMN)**, Ceará. 2006. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2006.

ROMÃO, Patrícia de Araújo *et al.* Modelagem da suscetibilidade erosiva laminar e linear no entorno de reservatórios de usinas hidrelétricas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia/MG, v. 23, n. 89, p. 34-56. 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/59906>. Acesso em: 7 fev. 2023.

ROSA, Rafael Mendes; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. Compartimentação paisagística multiescalar da bacia hidrográfica do rio Uberabinha (Minas Gerais, Brasil) por meio da perspectiva geossistêmica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, v. 34, n. 1, p. 1-24, 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/63507/33403>. Acesso em: 25 mai. 2022.

SAADI, Allaoua; TORQUATO, Joaquim Raul. Contribuição à Neotectônica do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza/CE, v. 5, p. 5-38. 1992.

SALGUEIRO, Teresa Barata. Paisagem e Geografia. **Finisterra**, Lisboa/Portugal, v. 36, n. 72, p. 37-53. 2001. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/1620>. Acesso em: 27 jun. 2021.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Controle e prevenção de processos erosivos. *In*: GUERRA, Antônio José Teixeira *et al.* (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SANTOS, Antônio Helton Vasconcelos dos; CASTILHO, Cláudio Jorge Moura de; COSTA, Valéria Sandra de Oliveira. Avaliação de impactos ambientais em indústrias de cerâmicas vermelhas. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí/RS, v. 20, n. 58, p. 1-21, 2022 Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/12351>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, Luiz Henrique de Oliveira; PINTO, Vicente Paulo dos Santos. A complexidade como método de compreensão da paisagem: a paralaxe entre o ser humano e a natureza. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre/RS, v. 46, n. 1/2, p. 1-14. 2019. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/96287/58353>. Acesso em: 04 abr. 2021.

SANTOS, Eline Almeida *et al.* A cartografia social como instrumento de análise integrada da paisagem. *In*: DIAS, Leonice Seolin; CHÁVEZ, Eduardo Salinas (org.). **Cartografia Biogeográfica e da Paisagem**. Editora ANAP, Tupã, 2019.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço**: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2006.

SILVA, Hugo Juliana Hermógenes da; PIERRI, Naína. A retomada da carcinicultura no Brasil (2012-2020): flexibilização das normativas e impactos socioambientais. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente (DMA)**, Curitiba/PR, v. 60, p. 182-205. 2022. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/80348>. Acesso em: 11 mar. 2023.

SILVA, Sandro Damião Ribeiro da. **Delimitação de unidades da paisagem do litoral setentrional potiguar e adjacências**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

SILVA, A. C.; VALE, R. M. C. Mapeamento das Unidades Geomorfológicas do Município de Feira de Santana (Bahia) como Subsídio ao Planejamento Territorial. *In*: Seminário Latino-Americano, 9; Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, 5, 2016, Guimarães/Portugal. **Anais [...]**. Guimarães/Portugal: Editora Universidade do Minho, 2016. 10 p.

SILVA, Isadora Vida de Mefano. Integrando Geografias: uma empreitada epistêmica que busca responder à complexidade das questões contemporâneas. **Revista Geografia**

Acadêmica, Boa Vista/RR, v.15, n.2, p. 108-120. 2021. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/rga/article/view/7207/3445>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SILVA, J. B. O Algodão na Organização do Espaço. *In: História do Ceará*. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1994.

SILVA, Márcia Regina Farias. **Ciência, Sociedade e Natureza: diálogo entre saberes**. São Paulo: Editora da Livraria da Física, 2010.

SILVA, Bruno Lopes.; SOARES, Ilton Araújo. A integração Metodológica de Modelos no Contexto dos Sistemas Ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife/PE, v.10, n.06, p. 1898-1909. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234040>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SILVA NETO, José Osmar da *et al.* Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para Análise da Degradação Ambiental nos Municípios de Fortim, Aracati e Icapuí-Ceará, Brasil. **Revista GeoUECE**, Fortaleza/CE, v. 08, n. 14, p. 273-283. 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/1472/5757>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SILVA, Raianny Sara Ferreira da. **Contribuições para a Interpretação da Evolução Geomorfológica do Baixo Jaguaribe/CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2017.

SOARES, Hildebrando dos Santos. **Agricultura e reorganização do espaço: a rizicultura irrigada em Limoeiro do Norte Ceará**. Mestrado em Geografia (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife/PE, 1999.

SOARES, Hildebrando dos Santos. Elementos para uma geografia histórica do baixo Jaguaribe: as transformações do espaço agrário regional. **Revista Propostas Alternativas**, Fortaleza/CE, n. 07, p. 05-10, 2000.

SOARES, Hildebrando dos Santos. Agricultura e modernização socioespacial em Limoeiro do Norte. *In: Denise Elias; José Levi Furtado Sampaio (org.). Paradigmas da Agricultura Cearense: Modernização Excludente*. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2002, v. 1, p. 85-108.

SOARES, Hildebrando dos Santos; MAIA, Rubson Pinheiro. A degradação dos carnaubais e os problemas ambientais na região Jaguaribana-CE. **Revista Propostas Alternativas**, Fortaleza/CE, v. 11, p. 17-20, 14 nov. 2003.

SOTCHAVA, Viktor Borisovich. **O Estudo dos Geossistemas, Métodos em Questão**. N. 16, p. 1-52. São Paulo: IGEO/USP, 1977.

SOUSA, Priscila Karine Rodrigues de. Caracterização do agregado miúdo, tipo arisco, utilizado na Região Metropolitana de Fortaleza. **Conexões Ciência e Tecnologia**, Fortaleza/CE, v. 14, n. 3, p. 27-33. 2020. Disponível em: <http://www.conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/viewFile/1383/1483>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SOUSA, Maria Losângela Martins de. **Diagnóstico Geoambiental da Sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará: subsídios ao Planejamento Ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.

SOUSA, Francisco Rodrigo Cunha de; PAULA, Davis Pereira de. Análise de perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do Rio Coreau (Ceará-Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 20, n. 3, p. 491-507. 2019. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1393>. Acesso em: 07 fev. 2023.

SOUTO, Raquel Dezidério. O papel da geografia em face da crise ambiental. **Estudos Avançados**, São Paulo/SP, v. 30, n. 87, p. 197-212. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7TZFwV9vt4KLtV36NwyXf3L/?lang=pt>. Acesso em: 25 abr. 2021.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Geomorfologia do vale do choro (CE). 1973. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L. C.; MORAES, J. O.; SOUZA, M. J. N. (org.) **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**: parte 1. Fortaleza: UECE, Funceme, 2000. p. 05-104.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. **Revista Eletrônica do Prodeva**, Fortaleza/CE, v.7, n. 2, p. 42-59. 2011. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/index.php/rede/article/view/168>. Acesso em: 29 abr. 2021.

SOUZA, Marcelo Lopes de. O que é a Geografia Ambiental? **Ambientes**, Ijuí/RS, v. 1, n. 1, p. 14-37. 2019. Disponível em: <https://erevista.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/22684/14249>. Acesso em: 05 maio 2021.

SOUZA, Marcelo Lopes de. Quando o trunfo se revela um fardo: reexaminando os percalços de um campo disciplinar que se pretendeu uma ponte entre o conhecimento da natureza e o da sociedade. **Geosp-Espaço e Tempo**, São Paulo/SP, v. 22, n. 2, p. 274-308. 2018a. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/147381>. Acesso em: 06 maio 2021.

SOUZA, Mailson Pereira de; CHAER, Gustavo Montandon; GONÇALVES, Fernando Lima Aires. Efeito da transposição de topsoil e mulching de Copernicia prunifera (Mill.) H.E. Moore na revegetação de área degradada na Caatinga. **Scientia Forestalis**, v. 50, p. 1-12. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.39>. Acesso em: 04 abr. 2023.

SOUZA, Reginaldo José de. **Paisagem e sacionatureza**: olhares geográficos e filosóficos. Chapecó: Editora UFFS, 2018b.

SOUZA, André de Oliveira; PEREZ FILHO, Archimedes. Late Holocene coastal dynamics, climate pulses and low terraces in the coast of the state of São Paulo, southeast, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 92, p. 234-245. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.03.015>. Acesso em: 06 mai. 2021.

SOUZA, André de Oliveira; PEREZ FILHO, Archimedes; LÄMMLE, Luca.; SOUZA, D. H. Holocene climate pulses and structural controls on the geomorphological estuarine evolution of the Iguape River, São Paulo, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 205, p. 1-11. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278434320301242>. Acesso em: 07 maio 2021.

SOUZA, Sérgio Domiciano Gomes de; SOUSA, Maria Losângela Martins de. Efeitos ambientais da modernização agrícola no Brasil: o avanço da agricultura e pastagem nos biomas brasileiros. **Revista GEOgrafias**, Belo Horizonte/MG, v.18, n.1, p. 63-76. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/38549/31384>. Acesso em: 14 dez. 2022.

SPIEKERMANN, Raphael *et al.* Volumetric measurement of river bank erosion from sequential historical aerial photography. **Geomorphology**, 296. p. 193-208. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.08.047>. Acesso em: 01 mai. 2021.

STEVAUX, José; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Texto, 2017.

SUDENE. **Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe (GEVJ) – Aspectos sócio-culturais**. v. 9. SUDENE-ASMIC, Recife, 1967.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Debate Contemporâneo: Geografias ou Geografia? Fragmentação ou Totalização? **GEOgraphia**, Niterói/RJ, v. 19, n. 41, p. 95-102. 2017. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13815/9016>. Acesso em: 18 abr 2021.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Notas sobre Epistemologia da Geografia. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis/SC, v. Único, n. 11, p. 1-63. 2005. Disponível em: <https://cadernosgeograficos.ufsc.br/edicoes-antiores/>. Acesso em: 04 abr 2021.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Revista Terra Livre**, São Paulo/SP, n. 17, p. 11-24. 2001. Disponível em: <https://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/view/337/319>. Acesso em: 14abr. 2021.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2010.

SUGUIO, Kenitiro *et al.* Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo/SP, v. 15, n. 4, p. 273-286. 1985. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/349b6b06-f198-47b0-a873-d2c6c9f05d21/0755596.pdf>. Acesso em: 24abr. 2021.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE, SUPREN, Rio de Janeiro, 1977.

TROPMAIR, Helmut; GALINA, Maria Helena. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza/CE, v. 5, n. 10, p.79-89, nov. 2006. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/69>. Acesso em: 23 jul. 2020.

VERCRUYSSSE, Kim; GRABOWSKI, Robert C. Human impact on river planform within the context of multi-timescale river channel dynamics in a Himalayan river system. **Geomorphology**, v. 381. p. 1–16; 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107659>. Acesso em: 01 mai. 2021.

VERDUM, Roberto. Perceber e conceber paisagem. *In*: VERDUM, R *et al.* (org.). **Paisagem: leituras, significados e transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012.

VERÍSSIMO, Liano Silva *et al.* **Avaliação das potencialidades hídrica e mineral do Médio Baixo Jaguaribe/CE**. Fortaleza: CPRM, 1996.

VIANA JÚNIOR, Mário Martins; MAUPEOU, Samuel Cavalheira de. Da Produção Camponesa Familiar ao Capitalismo: o Perímetro Irrigado Tabuleiro de Russas no Ceará (1988-2008). **Tempos Históricos**, Marechal Cândido Rondon/PR, v. 22, n. 1, p. 120-145. 2018. Disponível em: <https://erevista.unioeste.br/index.php/temposhistoricos/article/view/19148>. Acesso em 04 abr. 2022.

VICENTE, Luiz Eduardo; PEREZ FILHO, Archimedes. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia**, Rio Claro/SP, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1122/12729>. 20 jun. 2021.

VITTE, Antônio Carlos. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física. **Mercator**, Fortaleza/CE, v. 6, n. 11, p. 71-78. 2007. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/58>. Acesso em: 23 jun. 2021.

XAVIER, Milson Edmar da Silva; XAVIER, Mateus Fernandes da Silva. Ocorrência de Caulim em Itaíçaba, Ceará. **Boletim do Museu de Geociências da Amazônia**, Belém do Pará v. 7, n. 1, p. 1-9. 2020. Disponível em: <https://gmga.com.br/04-ocorrencia-de-caulim-em-itaicaba-ceara/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

WEST, Daniel Carvalho; MELLO, Cláudio Limeira. Distribuição da Formação Barreiras na região Sul do Espírito Santo e sua relação com a deformação Neotectônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo/SP, v. 21, n. 1, p. 155–170. 2020. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1667>. Acesso em: 08 mai. 2021.

YU, Guo-An *et al.* Effects of riparian plant roots on the unconsolidated bank stability of meandering channels in the Tarim River, China. **Geomorphology**, v. 351. p. 1–12. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106958>. Acesso em: 01 mai. 2021.

ZACHARIAS, Andréa Aparecida. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental: um estudo de caso no município de Ourinhos-SP**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

ZANATTA, Felipe Augusto Scudeller *et al.* Antropogeomorfologia e Problemática Erosiva em Área Rural Degradada, Marabá Paulista (SP). **Revista do Departamento de Geografia USP**, São Paulo/SP, Volume Especial, Eixo 10, p. 199-207. 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/132614>. Acesso em: 03 mai. 2021.

ZANELLA, Maria Elisa. **Inundações Urbanas em Curitiba (PR): impactos, risco e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

ANEXO A - FICHA DE CAMPO PARA CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Programa de Pós-graduação em Geografia
Disciplina: Análise de Sistemas Ambientais
Prof. Dr. Manoel Cirício Pereira Neto

1

* Ficha de Campo para Caracterização e Avaliação do Meio Físico

I- Ficha técnica n°					
Técnico Responsável					
Trabalho Realizado para:					
Perfil ou Ponto de Observação					
Data					
Início					
Término					
II - Unidade Geoambiental					
Região Natural					
Geossistema					
Geofácies					
Geotopo					
Localização					
Condições de Acesso					
Direção do Perfil					
III - Situação					
Características Topográficas					
Compartmento do Relevo					
Altitude					
Declividade					
Bacia Hidrográfica					
Vegetação Primária					
Uso Atual					
IV - Geologia					
Unidade Lito-Estratigráfica					
Observações:					
V - Geomorfologia					
1. Formas das Vertentes					
2. Classes de Declividade					
3. Pediplanos e Pedimentos					
4. Feições de Dissecção					
5. Feições Residuais					
6. Feições de Dissolução					
<small>BASE DE DADOS</small>					
V-1	V-2	V3	V4	V5	
A. Concava	A. 0 – 3% Relevo Plano	A. Conservado	A. Lombada	A. Crista Simétrica	
B. Convexa	B. 3 – 8% Rel. Suave-Ondulado	B. Parcialmente Dissecado	B. Colina	B. Crista Assimétrica	
C. Retilínea			C. Outeiro	C. Frente de Cuesta	
D. Concava-Convexo	C. 8 – 20% Rel. Ondulado	C. Dissecado	D. Morro	D. Escarpamento Estrutural	
E. Convexo-Concavo	D. 20 – 45% Rel. Forte-Ondulado		E. Esporão	E. Pontão	
F. Irregular			F. Tabuleiro	F. Inselberg	
G. Patamar	E. 45 – 75% Rel. Montanhoso		G. Meseta	G. Lajedo	
H. Cornija			H. Morro		
I. Plano inclinado	F. > 75% Rel. Escarpado		I. Testemunho		

*Ficha de campo disponibilizada pelo prof. Marcos Nogueira de Souza (UECE)

VI - Hidrologia					
1. Nome do Rio					
2. Ponto do Curso					
3. Bacia Hidrográfica					
4. Largura do Vale					
5. Profundidade do Vale					
6. Material das Bordas					
7. Regime Fluvial					
8. Canal Fluvial					
9. Formas do Vale					
10. Padrão de Drenagem					
BANCO DE DADOS					
VI-2	VI-4	VI-7	VI-9	VI-10	
A. Alto Curso	A. <10m	A. Perene	A. Em U	A. Dendrítico	
B. Médio Curso	B. 10 – 50m	B. Semi-perene	B. Em V	B. Treliça	
C. Baixo Curso	C. 50 – 250m	C. Intermitente	C. Em berço	C. Retangular	
VI-5	D. 250 – 1000m	D. Esporádico	D. Manjedoura	D. Radial	
A. <10m	E. > 1000m	VI-8	E. Bem encaixado	E. Dendrítico-Retangular	
B. 10 – 25m	VI-6	A. Talvegue Simples	F. Moderadamente Encaixado	F. Paralelo	
C. 25 – 50m	A. Aluvial	B. Talvegue Múltiplo	G. Mal encaixado	G. Pinado	
D. 50 – 100m	B. Coluvial	C. Meandrado		H. Anatômico	
E. > 100m	C. Rochoso	D. Anastômico		I. Anelar	
		E. Leito Móvel			
		F. Leito Rochoso			
VII - Processos Morfodinâmicos					
1. Intemperismo					
2. Ações Pluviais					
3. Movimentos de Massa					
4. Ações Flúvias					
BANCO DE DADOS					
VII-1	VII-2	VII-3	VII-4		
A. Desagregação Granular	A. Escoamento Difuso	A. Reptação	A. Ação Hidráulica		
B. Termoclastica	B. Canchura	B. Solifluxão	B. Corrosão		
C. Hidroclástica	C. Sulco de Erosão	C. Solapamento	C. Corrasão		
D. Esfoliação	D. Ravina	D. Corridas de Lama	D. Atrição		
E. Corrosão	E. Voçoroca	E. Deslizamento	E. Transporte		
F. Descamação	F. Torrente	F. Desmoronamento	F. Acumulação		
G. Dissolução		G. Queda de Blocos			
VIII - Formações Superficiais e Processos Pedogenéticos					
1. Natureza do Material					
2. Espessura					
3. Característica do Material					
4. Composição					
5. Permeabilidade					
6. Proc. Pedogenético					
7. Erosão Laminar					
BANCO DE DADOS					
VIII-1	VIII-2	VIII-6			
A. Eluvial	A. 0 – 1m	A. Latolização – intemperismo intenso: Oxidação difundida na massa; transições graduais e difusas entre os horizontes; perfis profundos.			
B. Coluvial	B. 1 – 2m	B. Podzolização – Horiz. com boa drenagem; Horiz. superficiais arenosos e concentração de argila no horizonte B (textural).			

*Ficha de campo disponibilizada pelo prof. Marcos Nogueira de Souza (UECE)

C. Aluvial	C. 2 – 5m	C. Gleização – Deficiência de drenagem: ocorre em zonas de baixadas úmidas; cores cinzas com manchas variadas em função do hidromorfismo motivado por oscilação do lençol freático.
VIII-3	D. 5 – 10m	D. Calcificação – Áreas planas onde a drenagem é deficiente; acumulação de carbonato de cálcio nos Horiz. B e C formando concreções.
A. Arenosa	E. > 10m	E. Solodização – Solos alcalinos relacionados a clima secos ou que tenham estações muito contrastantes; acumulação de sódio nos horizontes inferiores que tem estruturas prismáticas.
B. Argilosa		
VIII-8 – Erosão em Sulcos		VIII-11 – Erosão Laminar
Frequência	A. Ocasionais	A. Não aparente
	B. Frequentes	B. Ligeira – menos de 25% do horizonte A
	C. Muito Frequentes	C. Moderada – de 25% a 75% do horizonte A
Profundidade	A. Superficiais	D. Forte - > 75% do horizonte A
	B. Rasos	E. Muito Forte – Horizonte B já atingido com frequência de sulcos-voçorocas
	C. Profundos	F. Extremamente – Horizonte C afetado
IX- Cobertura Vegetal		
1. Aspectos Fisionômicos e Florísticos		
2. Estado de Conservação		
BANCO DE DADOS		
IX-1		IX-2
A. Caatinga Hipoxerófila	G. Floresta Ciliar de Carnúbia	A. Altamente Degradada
B. Caatinga Hiperxerófila	H. Formações de Praias e Dunas	B. Moderadamente Degradada
C. Mata Pluvio-nebulosa Subperenifolia	I. Manguezais	C. Pouco Degradada
D. Cerrado	J. Formações Rupestres	D. Vegetação Primária
E. Cerradão	L. Outros	
F. Vegetação de Restinga		
X – Ecodinâmica e Vulnerabilidade Ambiental		
1. Tipologia		
2. Vulnerabilidade		
BANCO DE DADOS		
X-1		X-2
A. Ambiente Estável		A. Alta
B. Ambiente de Transição		B. Moderada
C. Ambiente Instável		C. Baixa
XI – Problemas Ambientais Configurados		
Desmatamento desordenado		
Tecnologia Agrícola Rudimentar		
Degradação da Biodiversidade		
Coleta e disposição do lixo pouco adequado		
Turismo Predatório		
Erosão dos Solos		
Desequilíbrio ecológico e proliferação de doenças		
Queimadas		
Caça Predatória		
Cultivos em vertentes íngremes		
Desconhecimento da Legislação ambiental		
Degradação das Nascentes Fluviais		
Degradação do Patrimônio natural, histórico e cultural.		
Torrencialidades do escoamento superficial		
Ressecamento de fontes e olhos d'água.		

*Ficha de campo disponibilizada pelo prof. Marcos Nogueira de Souza (UECE)

