



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE

AMANDA MENEZES DE ALBUQUERQUE

DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA COMO SUBSÍDIO PARA O
MANEJO E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO RIO JAGUARIBE (CE) - BRASIL

FORTALEZA

2021

AMANDA MENEZES DE ALBUQUERQUE

DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA COMO SUBSÍDIO PARA O MANEJO E
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO
CURSO DO RIO JAGUARIBE (CE) - BRASIL

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marta Celina Linhares Sales.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A298d Albuquerque, Amanda Menezes de.

Diagnóstico Físico Conservacionista como subsídio para o manejo e recuperação de áreas degradadas na Bacia Hidrográfica do médio curso do Rio Jaguaribe (CE) - Brasil / Amanda Menezes de Albuquerque. – 2021.

157 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales.

1. Degradação Ambiental. 2. Diagnóstico Físico Conservacionista. 3. Bacia Hidrográfica. 4. Semiárido.
I. Título.

CDD 333.7

AMANDA MENEZES DE ALBUQUERQUE

DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA COMO SUBSÍDIO PARA O MANEJO E
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO
CURSO DO RIO JAGUARIBE (CE) – BRASIL

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Marta Celina Linhares Sales (orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

Prof.^a Dr.^a Alexsandra Bezerra da Rocha
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A Deus.

A minha amada e dedicada mãe, a quem devo tudo, ao meu pai (in memoriam) grande herói, amigo e exemplo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

A Deus, que sempre me protegeu, guardou e iluminou em todos os momentos.

Aos meus pais Albuquerque e Veracy, que me educaram e ensinaram a trilhar a vida com responsabilidade, dignidade e sabedoria. Pai agradeço por ter sido a maior inspiração da minha vida, e Mãe obrigada por ser uma grande amiga e por todos os ensinamentos que carregarei comigo para sempre.

Agradeço ao João Vitor, esposo, companheiro e amigo, obrigada por toda a ajuda e dedicação, por acreditar em mim, me apoiar, proteger e cuidar. Você sabe a importância em minha vida, para todo sempre.

A minha orientadora Marta Celina Linhares Sales, por todas as contribuições, incentivo e inspirações. Obrigada por sempre estar presente e por todo respeito e paciência.

Aos meus amigos Jéssica Freitas, Larissa Neris, Augusto Neto e Mairla Gomes, companheiros de graduação, laboratório e pós-graduação, que se fazem presentes e companheiros, vocês são pessoas incríveis.

A minha amiga Suiane Braz, pelos ensinamentos na área cartográfica, pela colaboração e contribuições diretas na pesquisa. Agradeço por suas palavras e encorajamento e por sua amizade.

Aos meus amigos de graduação que carrego em meu coração para toda a vida, Gleilson Freitas, Juliana Andrade, Ana Beatriz, Bruno Silva, Lindemberg Soares e Lidemberg Lopes (professor e amigo). Vocês são os melhores, agradeço por todo afeto, sorrisos e companheirismo.

Ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH), base para o desenvolvimento da minha vida acadêmica, espaço de aprendizagem e de convivência com colegas maravilhosos.

A todos os docentes do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, em especial as professoras Maria Elisa Zanella e Maria Edivani Silva Barbosa pelas contribuições ao longo da minha graduação.

Agradeço ao professor Flávio Rodrigues do Nascimento por todas as contribuições, incentivo e atenção, e por aceitar o convite e compor a banca.

A professora Alexandra Bezerra da Rocha por todas as discussões, ajuda e por participar na construção desta pesquisa.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

A todas as outras pessoas, as quais não me referi, mas que certamente também participaram da consolidação dessa conquista.

“Vista de longe a Terra é pura água; mas n
água pura. Essa é rara e cada vez mais cara.”
Ricardo Arnst.

RESUMO

A bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe (CE) tem o Rio Jaguaribe como principal, com um curso de aproximadamente 171 km de extensão compreendida entre a válvula do açude Orós e a ponte de Peixe Gordo, na BR-116. A pesquisa tem como objetivo analisar o processo de degradação ambiental por meio do Diagnóstico Físico Conservacionista como subsídio para o manejo e recuperação dessas áreas, pois, trata-se de um sistema natural bem delimitado no espaço onde as interações físicas são integradas e, portanto, mais fáceis de serem compreendidas, espacializadas e caracterizadas. Para a elaboração do estudo foram realizados: levantamento bibliográfico, atividades de campo, compilação de dados junto a órgãos competentes, caracterização do meio físico da bacia, além, de análises geológica, geomorfológica, hidrológica, climática e pedológica. A metodologia aplicada contemplou a análise de parâmetros, como: Índice Climático, Erosividade da Chuva, Erodibilidade dos Solos, Declividade Média, Densidade de Drenagem e Índice de Cobertura Vegetal. O resultado do estudo foi expresso em uma fórmula descritiva evidenciando os setores da bacia e grau de conservação dos recursos naturais. As respostas foram obtidas por meio da análise de cobertura e uso do solo, entre os anos de 1992 e 2018 como forma de expor as transformações resultantes da ação antrópica, e conseqüentemente, o aumento da degradação. Através dos resultados encontrados, observou-se que, o processo de deterioração ambiental no âmbito da bacia vem evoluindo ao longo do período histórico selecionado, o setor A com índice de degradação (23,3%), seguido do setor B (23,8%) e do setor C (22,4%) que mesmo com o menor índice apresentou a maior variação no grau de cobertura e uso do solo.

Palavras-chave: Degradação Ambiental. Diagnóstico Físico Conservacionista. Bacia Hidrográfica. Semiárido.

ABSTRACT

The hydrographic basin of the Middle Jaguaribe (CE) has the Jaguaribe River as its main, with a course of approximately 171 km in length between the valve of the Orós weir and the Peixe Gordo bridge, on the BR-116. The research aims to analyze the process of environmental degradation through the Physical Conservationist Diagnosis as a subsidy for the management and recovery of these areas, as it is a well-defined natural system in the space where physical interactions are integrated and, therefore, , easier to be understood, spatialized and characterized. For the elaboration of the study, bibliographical survey, field activities, compilation of data with competent bodies, characterization of the physical environment of the basin were carried out, in addition to geological, geomorphological, hydrological, climatic and pedological analyzes. The applied methodology included the analysis of parameters, such as: Climate Index, Rain Erosivity, Soil Erodibility, Average Declivity, Drainage Density and Vegetation Coverage Index. The result of the study was expressed in a descriptive formula showing the sectors of the basin and the degree of conservation of natural resources. The answers were obtained through the analysis of cover and land use, between the years 1992 and 2018 as a way to expose the transformations resulting from the anthropic action, and consequently, the increase in degradation. Through the results found, it was observed that, the process of environmental deterioration in the scope of the basin has been evolving over the selected historical period, sector A with a rate of degradation (23.3%), followed by sector B (23.8%) % and sector C (22.4%) which, even with the lowest index, presented the greatest variation in the degree of coverage and land use.

Keywords: Environmental degradation. Conservationist Physical Diagnosis. Semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	- Espacialização da precipitação média no semiárido brasileiro.....	40
Figura 02	- Delimitação do semiárido brasileiro.....	41
Figura 03	- Roteiro metodológico do Diagnóstico Físico Conservacionista da Bacia do Médio Jaguaribe.....	51
Figura 04	- Área de solo exposto e avanço da degradação no setor A.....	130
Figura 05	- Afloramento de rochas no setor B.....	131
Figura 06	- Solo compactado por pisoteio de gado.....	132
Figura 07	- Setores da bacia do Médio Jaguaribe representados pelos resultados da Fórmula Descritiva.....	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	- Conceitos de Bacia Hidrográfica segundo alguns autores.....	31
Quadro 02	- Parâmetros analisados pelo Diagnóstico Físico Conservacionista.....	53
Quadro 03	- Adaptações realizadas para o Diagnóstico Físico Conservacionista da bacia do Médio Jaguaribe.....	58
Quadro 04	- Tipos de clima em Razão do Índice Efetivo de Umidade (Im).....	69
Quadro 05	- Índices de Aridez (Ia) para diferentes Classificações Climáticas.....	69
Quadro 06	- Intervalos de índices Climático com respectivas Classes e Índices.....	70
Quadro 07	- Intervalos de (R) com os índices e as Classes correspondentes.....	73
Quadro 08	- Intervalos de (K) com respectivas classes e índices para a Fórmula Descritiva.....	76
Quadro 09	- Classes de Relevo e Índices para o Parâmetro DM.....	78
Quadro 10	- Classificação dos valores de Densidade de Drenagem com respectivo índice da Fórmula Descritiva.....	80
Quadro 11	- Classes de Cobertura Vegetal e Índice (ICV).....	82
Quadro 12	- Equação da reta para a Fórmula Descritiva.....	136

LISTA DE MAPAS

Mapa 01	- Carta de Localização da Bacia do Médio Jaguaribe.....	26
Mapa 02	- Localização geográfica dos postos pluviométricos utilizados.....	64
Mapa 03	- Geologia da bacia do Médio Jaguaribe.....	84
Mapa 04	- Geomorfologia da bacia do Médio Jaguaribe.....	86
Mapa 05	- Hipsometria da bacia do Médio Jaguaribe.....	87
Mapa 06	- Características hidrogeológicas da bacia do Médio Jaguaribe.....	91
Mapa 07	- Corpos hídricos da Bacia do Médio Jaguaribe.....	93
Mapa 08	- Associações de solos da bacia do Médio Jaguaribe.....	96
Mapa 09	- Setorização da Bacia do Médio Jaguaribe com hipsometria.....	98
Mapa 10	- Setorização da Bacia do Médio Jaguaribe.....	100
Mapa 11	- Severidade do Clima da bacia Médio Jaguaribe.....	102
Mapa 12	- Erosividade da Chuva (R) da bacia do Médio Jaguaribe.....	108
Mapa 13	- Erodibilidade dos Solos (K) da bacia do Médio Jaguaribe.....	119
Mapa 14	- Classes de Relevo e Declividade da bacia do Médio Jaguaribe.....	121
Mapa 15	- Hierarquização Fluvial da bacia do Médio Jaguaribe.....	124
Mapa 16	- Índice de Cobertura Vegetal da bacia do Médio Jaguaribe dos anos de 1992 e 2018.....	127
Mapa 17	- Cobertura e Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Médio Jaguaribe dos anos de 1992 e 2018.....	143

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	- Percentual da área da Bacia do Médio Jaguaribe em relação ao estado do Ceará.....	25
Gráfico 02	- Percentual da área de cada setor da bacia do Médio Jaguaribe.....	100
Gráfico 03	- Representação da Erosividade (R) da bacia do Médio Jaguaribe.....	107
Gráfico 04	- Erodibilidade dos solos (K) dos setores da bacia do Médio Jaguaribe.....	120
Gráfico 05	- Unidades de risco de degradação física dos setores em 1992.....	137
Gráfico 06	- Unidades de risco de degradação física dos setores em 2018.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	- As 50 maiores barragens do semiárido Nordeste.....	47
Tabela 02	- Precipitação média mensal (mm) entre os anos 1992 e 2019.....	63
Tabela 03	- Temperatura média mensal (°C) dos postos selecionados de 1992 a 2019.....	67
Tabela 04	- Caracterização das captações de água subterrânea.....	89
Tabela 05	- Características das adutoras.....	94
Tabela 06	- Índices climáticos obtidos pelo método Thornthwaite & Mather (1957).....	103
Tabela 07	- Média ponderada do índice de severidade do clima dos setores da bacia do Médio Jaguaribe.....	103
Tabela 08	- Erosividade da chuva (R) mensal e anual referente aos postos pluviométricos.....	104
Tabela 09	- Intervalos de R com respectivas classes e índices utilizados na fórmula descritiva.....	105
Tabela 10	- Classes de erosividade e índice R para fórmula descritiva, obtida com referência nos postos pluviométricos.....	105
Tabela 11	- Erosividade dos setores da bacia e índices para a fórmula descritiva.....	106
Tabela 12	- Valores de erodibilidade das associações de solos.....	110
Tabela 13	- Classes de erodibilidade e índices K para as associações de solos.....	116
Tabela 14	- Erodibilidade dos solos (K) por setor com os índices para a fórmula descritiva.....	117

Tabela 15	- Índice de declividade média (DM) dos setores.....	122
Tabela 16	- Densidade de drenagem (DD) dos setores.....	123
Tabela 17	- Classes de densidade de drenagem dos setores e índice DD para a fórmula descritiva final.....	123
Tabela 18	- Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do Médio Jaguaribe em 1992.....	126
Tabela 19	- Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do Médio Jaguaribe em 2018.....	126
Tabela 20	- Total pluviométrico anual (mm) dos anos de 1992 e 2018 dos postos selecionados.....	128
Tabela 21	- Somatório dos Índices obtidos nos parâmetros.....	133
Tabela 22	- Equação da reta para a Fórmula Descritiva.....	147
Tabela 23	- Índice de degradação dos setores do Médio Jaguaribe entre os anos de 1992 e 2018.....	136
Tabela 24	- Cobertura e Uso do solo por km ² dos setores da bacia do Médio Jaguaribe no ano de 1992.....	141
Tabela 25	- Cobertura e Uso do solo por km ² dos setores da bacia do Médio Jaguaribe no ano de 2018.....	141
Tabela 26	- Classificação dos fatores de degradação.....	157

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BH	Balanco Hídrico
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
CA	Cobertura Vegetal Atual
CE	Ceará
CEEIBH	Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
CIDIAT	Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras
CO	Cobertura Vegetal Original
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará
DD	Densidade de Drenagem
DFC	Diagnostico Físico Conservacionista
DM	Declividade Média
DNOCS	Departamento de Obras Contra as Secas
ETP	Evapotranspiração potencial
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
GTDN	Grupo de Trabalho de Desenvolvimento do Nordeste
Ia	Índice de Aridez
IC	Índice Climático
IC	Índice Climático
ICV	Índice de Cobertura Vegetal
IFOCS	Instituto Federal de Obras Contra as Secas
Im	Índice efetivo de umidade
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSA	Instituto Nacional do semiárido
IOCS	Inspetoria de Obras Contra as Secas
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará
K	Erodibilidade do solo
MARNR	Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MIN	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
Ms	Número de meses secos

NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
PAN	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PE	Potencial Erosivo dos Solos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
R	Erosividade da Chuva
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
1.1	Localização da Bacia Hidrográfica do Médio Jaguaribe.....	24
2	FUNDAMNETAÇÃO TEÓRICA.....	27
2.1	Bacia Hidrográfica como unidade físico-territorial.....	27
2.2	Gestão Hídrica no Brasil e no Ceará.....	34
2.3	A bacia hidrográfica no contexto geográfico do semiárido.....	37
2.4	O semiárido e o Desenvolvimento Sustentável.....	42
2.4.1	<i>Gestão de Convivência com a Seca e Monitoramento de Reservatórios.....</i>	45
3	PRINCÍPIOS METODOLÓGICOS PARA O ESTUDO.....	50
3.1	Diagnóstico Físico Conservacionista de Bacia Hidrográficas.....	52
3.2	Fórmula Descritiva.....	56
3.3	Adaptações da Fórmula Descritiva Final para o Diagnóstico Físico Conservacionista.....	58
3.4	Fundamentos para a determinação dos parâmetros do Diagnóstico Físico Conservacionista.....	61
3.4.1	<i>Determinação do Parâmetro Índice Climático (IC).....</i>	61
3.4.1.1	<i>Pluviometria.....</i>	62
3.4.1.2	<i>Balanco Hídrico.....</i>	65
3.4.1.3	<i>Índices Climáticos.....</i>	68
3.4.2	<i>Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (R).....</i>	70
3.4.2.1	<i>Erosão Hídrica.....</i>	71
3.4.3	<i>Determinação do Parâmetro Erodibilidade dos solos (K).....</i>	73
3.4.4	<i>Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM).....</i>	77
3.4.5	<i>Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD).....</i>	78

3.4.6	<i>Determinação do Parâmetro Índice de Cobertura Vegetal (ICV)</i>	80
4	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE	83
4.1	Aspectos Geológicos e Geomorfológicos	83
4.2	Aspectos Hidrogeológicos	88
4.3	Aspectos Hidroclimáticos	92
4.4	Aspectos Pedológicos	94
5	DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA (DFC) DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE	97
5.1	Setorização da bacia	97
5.2	Índice Climático (IC)	100
5.3	Erosividade das Chuvas (R)	104
5.4	Erodibilidade dos Solos (K)	109
5.5	Declividade Média (DM)	120
5.6	Densidade de Drenagem (DD)	122
5.7	Índice de Cobertura Vegetal (ICV)	125
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	133
6.1	Avaliação da Degradação no Médio Jaguaribe	133
6.1.1	<i>Fórmula Descritiva Final</i>	133
6.1.2	<i>Valor do estado de Degradação Ambiental</i>	135
6.2	Resultados alcançados pelo Diagnóstico Físico Conservacionista	138
6.3	Análise da Cobertura e Uso do Solo da Bacia do Médio Jaguaribe dos anos de 1992 e 2018	140
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	145
	REFERÊNCIAS	147

1. INTRODUÇÃO

A preocupação ambiental se intensificou nas últimas décadas com a necessidade de proteção e de manutenção dos recursos naturais para a viabilidade do sistema natural, socioeconômico e político. Conduzindo a busca de metodologias e de novos estudos que forneçam conhecimento do meio físico e social com vistas à avaliação quantitativa e qualitativa desses recursos.

Os níveis de degradação ambiental experimentados pelos diferentes setores da sociedade após a segunda metade do século XIX tem merecido atenção de diversos grupos sociais. Nessa direção, tornou-se mais frequente a tentativa de se compreender a relação sociedade-natureza, sobretudo no que concerne a tomada de decisões acerca da problemática. A busca é pela geração de diagnósticos e prognósticos que levam ao planejamento conciliar o crescimento econômico, a consciência ambiental e desenvolvimento social, no sentido de solucionar os diferentes conflitos decorrentes dos múltiplos usos dos recursos naturais (OLIVEIRA, 2008).

Rodrigues et al. (1995), ao referir-se sobre o diagnóstico da degradação ambiental em nível regional expõe que no Nordeste do Brasil, a circunstância de semiaridez existente, acaba por desencadear processos naturais de diminuição da biota nos períodos de secas prolongadas que associadas a ação do homem resultam na formação de núcleos de degradação edáfica e biótica com características irreversíveis.

Entender o contexto ambiental nordestino é defrontar-se com questões que estão ligadas a uma estrutura ambiental, social e política específica. Segundo Oliveira (2006), os sistemas ambientais do estado do Ceará encontram-se alterados de modo muito significativo com a substituição da cobertura vegetal primária por lavouras e pastagem extensivas, afirma-se isso, com base no fundamento histórico de formação territorial.

Considera-se que o planejamento ambiental de bacias hidrográficas em regiões semiáridas possa minimizar a ocorrência de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica indiscriminada. Diversos são os impactos negativos no meio ambiente que são resultantes do manejo inadequado do solo, especialmente nas proximidades dos cursos fluviais, como na bacia integralmente.

A ocupação de forma inadequada nas bacias hidrográficas tem, como consequências, a erosão do solo, assoreamentos de rios, compactação, desperdício dos recursos naturais, perda do habitat natural, poluição e destruição. Por serem unidades geográficas naturais, onde seus

limites são estabelecidos por divisores topográficos, possuem características biogeofísicas integradas, considerando-se áreas mais apropriadas para o estabelecimento de planos de uso, monitoramento e avaliação de ações antrópica no meio ambiente.

A bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe (CE) tem o Rio Jaguaribe como principal, com um curso de aproximadamente 171 km de extensão em tabuleiro, compreendida entre a válvula do açude Orós e a ponte de Peixe Gordo, na BR-116. No intervalo entre esses dois pontos, mais especificamente na cidade de Jaguaribara, foi construído o açude Castanhão responsável pela perenização ao longo da Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, até a foz do rio Jaguaribe.

A problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas é uma questão fundamental para superação dos obstáculos ao desenvolvimento. É nítido que a política de construção de infraestruturas capazes de armazenar água para garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar a irrigação é a mais utilizada no mundo. Diagnosticar os diversos aspectos bióticos, físicos e o uso do solo visa contribuir na elaboração de novas pesquisas, diretrizes e estratégias de ações que possam desencadear em futuro um processo de gestão.

De acordo com Sales (2003), a carência e a dispersão de estudos que caracterizem e descrevam os processos de degradação dos sistemas ambientais da região semiárida brasileira tornou-se um ponto de estrangulamento para o diagnóstico, monitoramento, e na aplicação de técnicas de recuperação de ambientes degradados. O avanço da degradação dos recursos naturais na bacia do Médio Jaguaribe é preocupante e o Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) tem a função de determinar o potencial de conservação/degradação ambiental de uma bacia a partir de fatores naturais.

Conforme o contexto apresentado, a avaliação da propensão à degradação ambiental torna-se relevante por fornecer informações aos órgãos governamentais e comunidade local a fim de que possam elaborar políticas adequadas e adotar ações para atenuar ou mesmo extinguir o processo nos municípios estudados. É válido ressaltar que o estudo poderá contribuir com diretrizes para a elaboração de estudos futuros envolvendo participantes de diferentes áreas, que, juntos, serão capazes de aprofundar e quantificar a extensão do problema. Como é ressaltado por Novaes (2002), é necessário fornecer informações ambientais a todos os indivíduos para que seja construída uma consciência ambiental capaz de deixar clara a importância que o meio ambiente representa para a sua qualidade de vida.

A partir dessa situação, compreende-se como objetivo geral do presente estudo analisar através do Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC), o estado de conservação e degradação

na bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe – CE no período de 1992 - 2018 como subsídio ao manejo e recuperação.

E, como objetivos específicos:

- Caracterizar os geoambientes da bacia hidrográfica do médio Jaguaribe;
- Elaborar o DFC da bacia hidrográfica do médio Jaguaribe;
- Identificar formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do médio Jaguaribe;
- Comparar o grau de conservação e degradação entre os anos de 1992-2018 da bacia hidrográfica do médio Jaguaribe;
- Apresentar uma síntese dos ambientes dos setores da bacia hidrográfica do médio Jaguaribe, como subsidio para o manejo, conservação e recuperação das áreas;

Este trabalho está estruturado em 7 capítulos.

No **Capítulo 1 – Introdução** - Realiza-se uma discussão inicial sobre as questões relacionadas à temática bem como a apresentação da pesquisa e a área de estudo.

No **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica** - discutem-se temáticas que fundamentaram e consolidaram a interface teoria e prática, tais como: a Bacia Hidrográfica como unidade físico-territorial e a sua contribuição na compreensão da organização espacial, o histórico sobre a Gestão Hídrica no Brasil e em mais evidência no Ceará. O semiárido no seu contexto geográfico e as formas de Desenvolvimento Sustentável que se aplica, o mecanismo de aqudagem e o monitoramento de reservatórios.

No **Capítulo 3 – Princípios Metodológicos para o estudo** - Explana-se procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento da pesquisa e as adaptações para o estudo da bacia do Médio Jaguaribe baseado no Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC), conseqüentemente os instrumentos, técnicas e métodos utilizados.

No **Capítulo 4 – Caracterização do meio físico da Bacia Hidrográfica do Médio Jaguaribe** – Apresenta um enfoque geoambiental da área de estudo, caracterizando os seus componentes e suas interações com o ambiente. Sendo analisados sob a perspectiva de análise integrada relacionando os aspectos como: hidrológico, geológico, geomorfológico, climático e pedológico.

No **Capítulo 5 – Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) da Bacia Hidrográfica do Médio Jaguaribe** –É realizada a setorização da bacia com base em critérios geomorfológicos, foram expostos os resultados obtidos de cada parâmetro com a sua devida adaptação, sendo: Índice de Cobertura Vegetal (ICV), Índice de Severidade do clima (IC),

Erosividade da Chuva (R), Erodibilidade do solo (K), Densidade de Drenagem (DD) e Declividade Média (DM). Parâmetros, esses, que compõem a fórmula descritiva final do Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC). São apresentados os processos históricos dos municípios que fazem parte da bacia, apresentando as formas de Uso e Ocupação de cada setor e apresentando os problemas e os impactos ambientais que são resultantes das formas de uso.

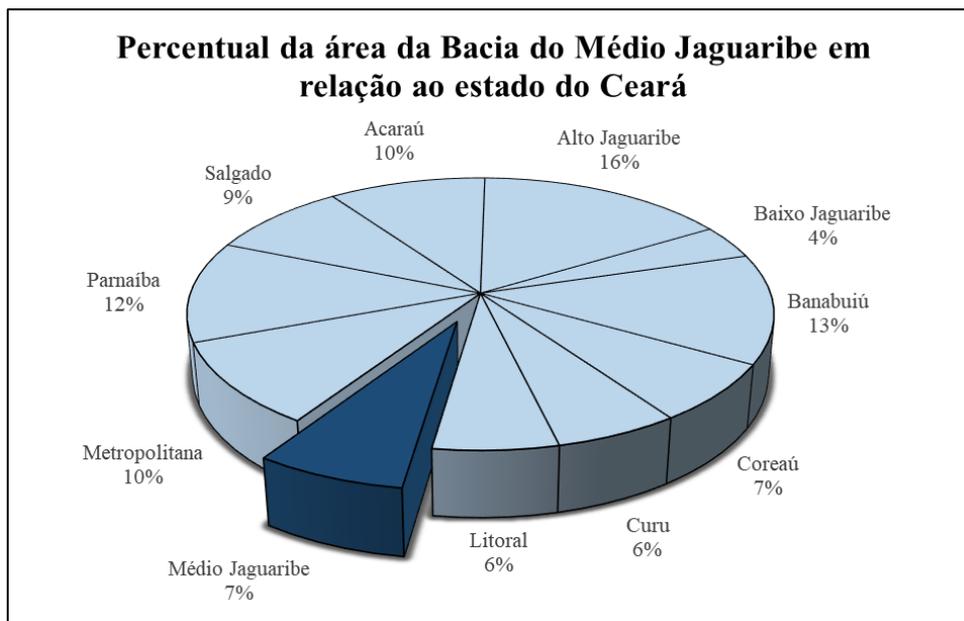
No **Capítulo 6 – Resultados e Discussões** – A avaliação do nível de degradação/conservação é apresentada a partir da aplicação da fórmula descritiva do Diagnóstico Físico Conservacionista, composta de cada parâmetro e seus respectivos índices, permitindo uma análise qualitativa quanto recursos presentes na bacia. São apresentadas também proposições para melhor evolução das condições ambientais que possam contribuir para a inserção de uma gestão ou planejamento eficaz dessa região.

No **Capítulo 7 – Considerações finais** – São feitas as conclusões e considerações finais, onde ressalta-se as contribuições e vantagens de se utilizar o DFC, como um importante instrumento na avaliação da degradação de recursos naturais e dos aspectos ambientais da bacia. Além da importância da adoção das ações propostas para fins de desenvolvimento sustentável.

1.1 Localização da Bacia Hidrográfica do Médio Jaguaribe

O recorte espacial estabelecido compreende a Bacia Hidrográfica do Médio Jaguaribe (CE) uma das cinco Sub-bacias que compõem a Bacia do Jaguaribe, fazendo, inclusive, fronteira com todas as demais. Localiza-se na porção leste do Estado do Ceará e limita-se, em sua porção oriental, com o Estado do Rio Grande do Norte. O rio Jaguaribe é o principal, e como principais afluentes nessa região, o rio Figueiredo e pela margem esquerda, os riachos Manuel Dias Lopes e do Sangue. Com um curso de aproximadamente 171 km de extensão compreendida entre a válvula do açude Orós e a ponte de Peixe Gordo, na BR-116, drenando uma área equivalente a 10.335 km², cerca de 7% em relação ao estado do Ceará (Gráfico - 01).

Gráfico 01 – Percentual da área da Bacia do Médio Jaguaribe em relação ao estado do Ceará.

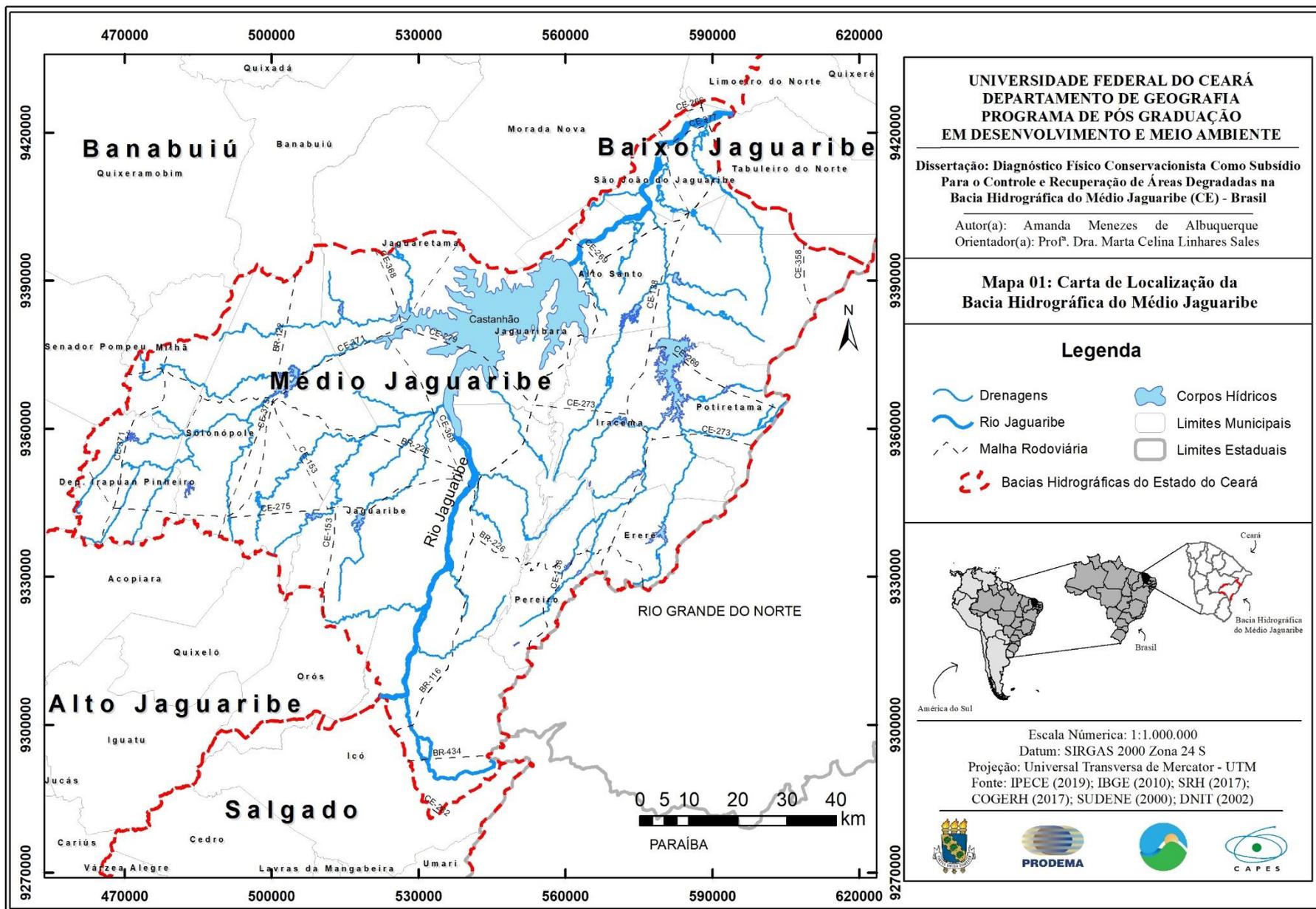


Fonte: COGERH (2018).

A bacia do Médio Jaguaribe foi o local selecionado para a construção do Açude Castanhão, que é o maior açude público para múltiplos usos no Brasil, com capacidade de 6.700.000.000 m³. Representando importante mecanismo de controle das secas e das cheias sazonais que atingem o vale do Jaguaribe, assim como, cresce em importância para o restante do Ceará, enquanto reserva hídrica estratégica para o Estado. A bacia conta com mais 14 (quatorze) açudes monitorados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) que juntos possuem uma capacidade de acumulação de 6.860.905.600 m³.

A área (Mapa:01) é responsável pela drenagem de 13 municípios, sendo 9 (nove) integralmente: Alto Santo, Deputado Irapuan Pinheiro, Ererê, Iracema, Jaguaribe, Pereiro, Potiretama, São João do Jaguaribe, Solonópole e 4 (quatro) parcialmente, Jaguaribara (91,79%), Jaguaretama (58,12%), Milhã (56,44%), e Tabuleiro do Norte (21,47%).

Mapa 01 – Carta de Localização da Bacia do Médio Jaguaribe.



Fonte: Elaborado pela autora.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Bacia Hidrográfica como unidade físico-territorial

O conceito de Bacia Hidrográfica tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. Na perspectiva de um estudo hidrológico o conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo, qualitativo e quantitativo, do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos (SANTOS & Del PRETTE, 2002).

Do ponto de vista direcionado à conservação dos recursos naturais, o conceito tem sido ampliado com abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da bacia hidrográfica, bem como das mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais. Neste sentido, vários autores ressaltam a importância do uso do conceito de bacia como análogo ao de Ecossistema, como uma unidade prática, seja para estudo como para o gerenciamento ambiental (BORMANN & LIKENS, 1967; O'SULLIVAN, 1979; ODUM, 1985; 1993; POLLETE, 1993; LIMA, 1994; PIRES & SANTOS, 1995; ROCHA et al., 2000).

Segundo Rowntree (1990) a bacia hidrográfica oferece excelente estrutura para manejo e planejamento dos recursos hídricos, integrando-se com o desenvolvimento de políticas ambientais, sociais e econômicas e muitos modelos têm sido utilizados neste manejo integrado. Por outro lado, Duda & El-Ashry (2000) afirmam que, apesar do termo “manejo integrado de bacias” ter sido idealizado como solução para problemas muitos resultados têm sido decepcionantes desde que ações de uso do solo e de biodiversidade não se têm integrado com as atividades dos setores de recursos hídricos.

De fato, o uso e ocupação, do solo às margens de um curso d'água, em especial, podem ocasionar diversos tipos de impactos no meio. Destes muitos são irreversíveis, pois, refletem a forma de ocupação desordenada e a realização de modo inadequado das atividades desenvolvidas neste ambiente acelerando o processo de degradação ambiental (VIEIRA et al. 2007).

Tyson (1995) relata que em regiões onde os recursos solo e água são escassos, regiões áridas e semiáridas, por exemplo, o manejo integrado de bacias hidrográficas é essencial devido à complexidade das interações entre esses recursos, além da forte influência antrópica nesses ambientes.

São fundamentais e importantes o estudo detalhado de bacias e o gerenciamento de recursos disponíveis com base nas características físicas e aspectos, como: uso e ocupação, características sociais, econômicas e ambientais. É necessário que se conheça também a dinâmica própria das bacias, as interações entre os vários elementos os quais envolvem a drenagem superficial, elementos topográficos, características físicas e a intervenção da sociedade (TORRES, 2012).

Complementando com a afirmação de MORAGAS, 2005, onde:

A bacia hidrográfica pode ser considerada como uma área drenada por uma rede de canais fluviais, influenciados por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de solos, de vegetação, dentre outras. Mas a bacia hidrográfica representa um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas. p. 22

Com base na dinâmica própria e suas interações, as bacias hidrográficas possuem não somente características físicas, mas: sociais, políticas, econômicas e outras, tornando fundamental um diagnóstico socioambiental para auxiliar o planejamento e a gestão dessas áreas, com base nessa afirmação Cunha e Guerra (2009) confirmam:

As condições naturais e as atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica sofrendo, em função de escala e intensidade nesses dois elementos, afores como: alterações, efeitos e/ou impactos no compromisso de descarga, carga sólida e dissolvida, e poluição das águas. p.224

Compreende-se de acordo com Silva *et al.* (2003) que em virtude de suas características naturais as bacias hidrográficas têm se tornado uma importante unidade espacial utilizada para o gerenciamento de atividades de uso e conservação dos recursos naturais, particularmente, a partir das condições atuais que se observam o grau de conservação e/ou degradação desses recursos em função do crescimento da população e do modelo de desenvolvimento adotado.

Conforme Gorayeb (2008) e Leal (2012), a bacia hidrográfica é tida como uma unidade geográfica fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, como o estabelecido na Lei Federal 9.433/1997 e em legislações estaduais. Segundo Mota (2008), ela surge como unidade a ser considerada quando se visa a proteção dos recursos hídricos, uma vez que as atividades na mesma tendem a influenciar sobre a qualidade da água.

Em sua obra Christofoletti (1980) afirma que a bacia hidrográfica é uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais depende da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e, das perdas devido à evapotranspiração e infiltração. Em concordância Guerra e Guerra (2011) afirmam que o conceito se refere à um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes.

Ainda que seja um conceito novo em termos de gestão a bacia hidrográfica é uma escala de investigação antiga no campo da geografia. Por outro lado, sua definição como a unidade geográfica pertinente para atender aos objetivos de manejo e gestão integrada não é apenas um reconhecimento da dimensão ecológica, mas também das dimensões sociais, culturais e políticas na compreensão da complexidade dos processos ambientais. Deste modo, apresenta-se como um conceito socialmente construído, passando a ser um campo de ação política, de partilha de responsabilidades e de tomada de decisões (CUNHA & GUERRA, 2003).

Deste modo, a possibilidade de organizar a sociedade por bacias hidrográficas ainda constitui um grande desafio a ser enfrentado para a implantação do sistema de gestão. Trata-se de um processo lento de mudança cultural, que envolve o trabalho educativo, de caráter ambiental (Leal, 2003).

Botelho e Silva (2007), dizem que a bacia hidrográfica permite através de uma visão sistêmica conhecer seus componentes, os processos e interações que nela ocorrem, constituindo-se num espaço de planejamento e gestão das águas. Ela é reconhecida pelos geógrafos como “célula básica de análise ambiental” desde os anos 60 do século XX. Entretanto, costuma-se considerar que a área da bacia é aquela determinada pelo divisor topográfico, devido o divisor freático mudar de posição, ficando mais difícil delimitá-la (VILLELA, 1975).

Em consonância, Evangelista (2009) afirma ser uma célula básica de análise ambiental. Através dela é possível conhecer e avaliar os diversos componentes, processos e interações que nela ocorrem. É possível também avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e suas implicações sobre o equilíbrio hidrológico da bacia de drenagem.

Conforme Ferretti (2003) entre os principais componentes de uma bacia hidrográfica pode-se citar: a vegetação, a geologia, a hidrologia, o clima, o relevo e os solos. E para cada um desses componentes, e com base uma análise sistêmica. Entende-se a partir de Crispim (2011, p.27) que

“A análise sistêmica preconiza o entendimento das interações ambientais existentes em um sistema ambiental, sua dinâmica e estrutura, fortalecendo a ligação entre os elementos existentes em um sistema, cada um com suas próprias características, mas com interdependência entre os mesmos. ”

Quando da utilização como unidade de estudo, os limites naturais de uma bacia hidrográfica quase nunca coincidem com os limites político-administrativos, de modo que ela pode abranger vários municípios ou Estados e até países o que pode favorecer o surgimento de conflitos, ou mesmo proporcionar uma integração das políticas públicas locais e/ou regionais. Há de se considerá-la como uma rede de relações sociais, econômicas, culturais e ambientais (TORRES, 2012).

A análise da bacia hidrográfica, para Rodriguez *et al.* (2011) está sustentada na concepção sistêmica de sustentabilidade e de complexidade, o que possibilita considerar e compreender as relações do arranjo espaço-temporal do papel dos recursos hídricos como um recurso indispensável para o funcionamento da biosfera, mas surgida e limitada dentro da complexidade do espaço geográfico.

Entendendo a bacia hidrográfica como um sistema aberto, sob o ponto de vista geomorfológico como aponta Christofolletti (1999), é fundamental notar que os elementos componentes de uma bacia interagem entre si, o que para Ferretti (2003, p.14) origina processos inter-relacionados, definindo as paisagens geográficas, que

“(...) A bacia de drenagem compreende um conjunto de unidades estruturais, destacando-se as formas de relevo representadas pelas vertentes e as relacionadas diretamente com os canais fluviais. (...). Apresentam potencial de utilização baseado segundo as características e natureza do substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidrometeorológicos e hidrogeológicos. ”

Portanto, a escolha da bacia hidrográfica como objeto de estudo implica a busca pela identificação de seus componentes principais e de suas relações com o seu contexto. Desta forma é necessário o entendimento das conceituações sobre bacia hidrográfica conforme alguns autores presentes na bibliografia (Quadro 01).

Quadro 01 – Conceitos de Bacia Hidrográfica segundo alguns autores.

AUTORES	CONCEITOS DE BACIA HIDROGRÁFICA
CHRISTOFOLETTI (1980)	A bacia de drenagem compreende um conjunto de unidades estruturais, destacando-se as formas de relevo representadas pelas vertentes e as relacionadas diretamente com os canais fluviais.
ROWNTREE (1990)	A bacia hidrográfica oferece excelente estrutura para manejo e planejamento dos recursos hídricos, integrando-se com o desenvolvimento de políticas ambientais, sociais e econômicas e muitos modelos têm sido utilizados neste manejo integrado.
GUERRA & CUNHA (1996)	A bacia hidrográfica está em constante dinamismo e ajuste dos elementos que a compõem, em função de modificações de entrada e saída de energia, que podem ser catalisadas pelo uso inadequado pelo uso inadequado dos componentes do meio pelo homem.
FAUSTINO E JIMÉNEZ (2000)	A bacia hidrográfica é uma unidade geográfica que constitui um âmbito biofísico ideal para caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos naturais.
SILVA <i>ET AL.</i> (2003)	As bacias hidrográficas têm se tornado uma importante unidade espacial utilizada para o gerenciamento de atividades de uso e conservação dos recursos naturais, em virtude de suas características naturais.
MORAGAS (2005)	A bacia hidrográfica é considerada como uma área drenada por uma rede de canais fluviais, influenciados por diversas características: topográficas, litológicas, tectônicas, de solos, de vegetação, dentre outras. Além disso, a bacia hidrográfica caracteriza-se como uma

	representação de um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas.
MATEO (2005)	Possui uma visão da bacia hidrográfica enquanto uma totalidade sistêmica, formada pela interação e a articulação de diversos sistemas ambientais (eco, geo e sociossistemas).
BOTELHO E SILVA (2007)	A bacia hidrográfica, enquanto unidade, permite através de uma visão sistêmica conhecer seus componentes, os processos e interações que nela ocorrem, constituindo-se num espaço de planejamento e gestão das águas
NASCIMENTO & VILLAÇA (2008)	Bacias hidrográficas constituem-se numa unidade espacial fácil de reconhecimento e caracterização, considerando que não há qualquer área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica. Possibilitando a avaliação de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos no equilíbrio presente no sistema de uma bacia hidrográfica.
EVANGELISTA (2009)	A Bacia Hidrográfica caracteriza-se como uma célula básica de análise ambiental. Através dela é possível conhecer e avaliar os diversos componentes, processos e interações que nela ocorrem. É possível também avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e suas implicações sobre o equilíbrio hidrológico da bacia de drenagem.
RODRIGUEZ <i>ET AL.</i> (2011)	O conceito de Bacia Hidrográfica está sustentado na concepção sistêmica de sustentabilidade e de complexidade, o que possibilita considerar e compreender as relações do arranjo espaço-temporal do papel dos recursos hídricos como um recurso indispensável para o funcionamento da biosfera, mas surgida e limitada dentro da complexidade do espaço geográfico.

<p style="text-align: center;">CARVALHO (2011)</p>	<p>A Bacia Hidrográfica é uma célula básica de análise ambiental subsidiada pela visão sistêmica e integradora do ambiente, em que os estudos dos processos de degradação ambiental associados às influências das ações antrópicas, manifestam-se sob o equilíbrio ambiental e hidrológico verificando assim não apenas as características físicas, mas também permitindo que o problema seja visto de maneira integrada.</p>
<p style="text-align: center;">TORRES (2012)</p>	<p>Há de se considerá-la como uma rede de relações sociais, econômicas, culturais e ambientais.</p>

Fonte: Elaborado por Amanda Menezes de Albuquerque (2020).

A bacia hidrográfica é uma unidade geográfica que constitui um âmbito biofísico ideal para caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos naturais (FAUSTINO & JIMÉNEZ, 2000). Ao enfatizar essa importância de estudos dirigidos às bacias hidrográficas Botelho e Silva (2007), expõem que nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem.

Fundamentando-se nos trabalhos de Botelho (1999), Faustino e Jiménez (2000). Onde a Bacia hidrográfica é vista como: uma unidade natural, de planejamento, de gestão e físico-territorial de análise da terra, onde é possível reconhecer e estudar as relações existentes entre os múltiplos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua formação. Passando a representar uma unidade ideal para o manejo, gestão e planejamento de usos das terras.

Para Rowntree (1990) a bacia oferece a possibilidade de uma área com excelentes possibilidades de manejo e planejamento, possibilitando a aplicação de políticas ambientais de recuperação, controle e gestão. O trabalho de Carvalho (2011) confirma a bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental que abrange uma análise integradora e sistêmica onde sua aplicação em estudos dos processos de degradação ambiental, manifestam-se sob o equilíbrio ambiental e hidrológico verificando assim não apenas as características físicas, mas em concomitância com os demais fatores de forma integrada.

2.2 Gestão Hídrica no Brasil e no Ceará

A questão da água no Brasil é uma temática que vem sendo delineada por um longo percurso político institucional, pautado por conflitos, entraves e peculiaridades, sendo, inicialmente, gerida de maneira desarticulada e fragmentada. O primeiro marco normativo relativo aos recursos hídricos no Brasil foi o Código das Águas (Decreto 24.643) promulgado em 1934. Neste período, as atribuições sobre os recursos hídricos eram de competência do Ministério da Agricultura, refletindo a prioridade do país para o uso dos recursos hídricos neste setor. Com exceção das águas públicas comuns, todas as nascentes e águas localizadas em terrenos particulares eram consideradas de domínio privado, fato que dificultava qualquer ação ou política pública mais articulada para o país. (PERES; SILVA, 2010)

A partir da década de 60, devido ao estímulo e crescimento da industrialização, essas competências são direcionadas para o setor elétrico por meio do Ministério de Minas e Energia. Em menos de duas décadas este setor passa a ser um dos principais usuários dos recursos hídricos, atravancando o desenvolvimento institucional da gestão da água. O resultado imediato foi o fortalecimento do processo de fragmentação da administração dos recursos hídricos (PAGNOCCHESCHI, 2003).

No Brasil, em 1976, estabeleceu-se um acordo entre o ministério e o governo do estado de São Paulo buscando melhorias para as condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão. Esta experiência foi proveniente do reconhecimento da crescente complexidade dos problemas do uso da água e fez com que em seguida fosse constituído em 1978 o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), e posteriormente a criação de comitês executivos de diversas bacias com atribuições consultivas, dentre elas: São Francisco, Paraíba do Sul e no Ribeira de Iguape.

De acordo com Dourojeanni, (1997) a Conferência de Mar del Plata, a primeira organizada pelas Nações Unidas sobre o tema água, recomendou aos Estados-membro que fossem criadas entidades para administrar bacias hidrográficas, a fim de permitir melhor gestão e um planejamento integrado dos recursos hídricos.

Segundo Lourenço (2013) nesse momento, observou-se a integração da gestão hídrica à gestão ambiental, já que a sociedade se preocupava em atuar na melhoria da qualidade de vida, pensando globalmente e agindo localmente. Isso ficou notório a partir da realização de alguns fóruns mundiais, tais como: i) Conferência Internacional sobre Desenvolvimento das Águas e do Meio Ambiente (1992); ii) a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-1992), iii) e a Conferência sobre Avaliação e Gerenciamento de

Recursos Hídricos (1996). A posteriori, esse discurso ecológico associado à democratização política brasileira, a partir dos anos 80, despertou na política e na legislação a busca pela preservação do meio ambiente, envolvendo o processo educacional e a sociedade como sujeito agente. Documentos como a Constituição de 1988 e a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938, de 31/08/1981) já mencionavam a importância de um meio ambiente equilibrado, sendo esse equilíbrio responsabilidade do poder público e da população civil.

Em meados da década de 80, o início das discussões sobre a nova Constituição Federal, encontrou a questão dos recursos hídricos fragmentada e convivendo com contradições cruciais. As fontes de conflitos entre os múltiplos usuários se multiplicavam com a construção de hidrelétricas, depósito de esgotos urbanos e industriais nos rios, contaminação dos lençóis freáticos, expansão da agricultura irrigada, entre outros fatores (CUNHA & COELHO, 2003).

De acordo com Peres & Silva (2010) visando enfrentar este quadro, o Poder Executivo elaborou uma proposta para constituir um Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, impulsionando um processo de discussão de uma legislação específica para o setor. Com a aprovação em 1988 da Constituição Federal, todas as águas localizadas em território nacional foram consideradas de domínio público, passando a ser bens da União, os rios que banham mais de um Estado, e bens do Estado, todos os outros.

Objetivando a gestão compartilhada da água, imprime-se também o exercício do princípio federativo, de atribuições dos três entes federados (União, Estados e municípios). Assim, a competência de legislar sobre os recursos hídricos passa a ser privativa da União e complementar do Estado e a competência em acompanhar e fiscalizar sua exploração passa a ser comum entre União, Estados e Municípios. Desta forma, a Constituição de 1988 passa a iniciar um importante papel para a gestão dos recursos hídricos, definindo as águas como bens de uso comum e alterando seu controle no território nacional (PORTO & PORTO, 2008).

No campo da política ambiental brasileira desenvolve-se também uma exigência por políticas ambientais preventivas e não mais corretivas, resultado da ação de movimentos ambientalistas locais e de pressões vindas de fora do país. É nesse período em que é consolidada a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), traçando as diretrizes e definindo instrumentos inovadores para a gestão ambiental. Simultaneamente, importantes acordos internacionais contribuíram para a construção das bases do sistema brasileiro de gestão das águas.

A partir deste contexto, finalmente, abriu-se espaço para que, em 1995, fosse criada uma competência institucional para os recursos hídricos no âmbito do Ministério do Meio Ambiente com a Secretaria de Recursos Hídricos e, em 1997, fosse promulgada a Lei Federal

no 9.433, denominada Lei das Águas, estabelecendo um novo marco no desenvolvimento da gestão de recursos hídricos no país. Com fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos a água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico, cujos usos prioritários são o abastecimento humano e a dessedentação de animais e cuja gestão deve tomar como unidade territorial a bacia hidrográfica. Prevendo, como diretriz geral de ação, a gestão integrada, e como instrumentos para viabilizar sua implantação os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informação sobre recursos hídricos e a compensação aos municípios.

Em 2001 foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), de forma a complementar a estrutura institucional da gestão de recursos hídricos do país. É a entidade operacional do sistema com responsabilidade pela implantação da política nacional de recursos hídricos e que detém o poder outorgante de fiscalização e de cobrança pelo uso da água. As condições de acesso aos recursos hídricos se dão através de uma boa gestão e de adequado processo político.

O planejamento é a forma de conciliar recursos escassos e necessidades abundantes. Em recursos hídricos, o planejamento pode ser definido como conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita desse recurso (BARTH, 1987).

Gestão de recursos hídricos, em sentido lato, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade. A condição fundamental para que a gestão se realize é a motivação política para a sua efetiva implantação sendo possível planejar o aproveitamento e o controle dos recursos, além de, implantar as obras e medidas recomendadas, controlando-se as variáveis que possam afastar os efeitos nocivos ao planejado. Em resumo é a execução do que foi decidido no planejamento, isto é, um conjunto de procedimentos objetivando o convívio harmonioso entre o desenvolvimento e a qualidade ambiental (SOUZA, 2000).

Compreendendo essa diferenciação, Queiroz (2010) afirma também que gestão é um conjunto de ações que envolvem as políticas públicas, o setor produtivo e a sociedade visando o uso racional e sustentável dos recursos naturais, englobando ações de caráter político, legal, administrativo, econômico, científico - tecnológico e geração de informação entre os diferentes níveis de atuação.

No Ceará foi criada a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), pela Lei nº 12.217, de 18 de novembro de 1993, com a finalidade a implantação um sistema de

gerenciamento da oferta de água superficial e subterrânea do estado, compreendendo os aspectos de monitoramento dos reservatórios e poços, manutenção, operação de obras hídricas e organização de usuários. Através da informação e divulgação de dados à comunidade, esta tem o papel de co-gestora dos recursos hídricos, para que possam tomar decisões coletivas e negociadas, como também avaliar a política de gestão a ser implementada nas bacias (COGERH, 2012).

Atualmente é responsável pelo gerenciamento e disciplinamento de mais de 90% das águas acumuladas no Estado, de forma descentralizada, integrada e participativa. Estão sob a administração da Companhia os mais importantes açudes públicos estaduais e federais, além de reservatórios, canais e adutoras das 12 bacias hidrográficas do Ceará.

2.3 A Bacia hidrográfica no contexto geográfico do semiárido

A convivência com o semiárido deve estabelecer relações harmoniosas e articular saberes científicos e populares, visando à melhoria da qualidade de vida. O reconhecimento sobre as potencialidades demonstra o alcance de uma visão de mundo regulada no pensamento da sustentabilidade e do desenvolvimento. Sobre a convivência com esse sistema, Conti e Schroeder (2013) dizem que “Conviver com o Semiárido remete para uma organização de modos de vida baseados no uso racional, sustentável e equitativo dos bens e recursos”.

Para a compreensão do semiárido, bem como de sua complexidade e seu contexto histórico, são necessários alguns esclarecimentos acerca de termos/conceitos ligados a essa realidade. Entretanto, destaca-se a imagem da aridez e semiaridez como determinantes de muitos estudos científicos, bem como os discursos políticos e a atuação das mídias e comunicação voltadas à ideia da seca, embasando uma imagem para o conceito de Nordeste brasileiro. Sobre tais questões, para a região Nordeste, destacam-se as proposições de Maluf (1989) quando diz:

Embora se constitua em um vértice ponderável de posicionamento para fins comerciais, apenas 50% do seu território é amplamente aproveitável, sendo que os outros 50% (9% do território nacional), referem-se às caatingas ou polígonos das secas”, região de fraca produtividade agropecuária, prejudicando assim a primeira escala de toda a cadeia econômica do subsistema regional que determina no balanço contábil uma constante defasagem se a compararmos com as demais regiões brasileiras, embora seja a de mais antiga ocupação. p. 95

As questões ambientais dizem respeito ao conhecimento de uma crise ambiental que atinge várias escalas do espaço geográfico, está se configura também como uma crise da

conscientização marcada pelo desenvolvimento/desequilíbrios da relação sociedade-natureza a partir da percepção do ambiente (OLIVEIRA, 2013).

Dessa forma, o meio ambiente é visto como um recurso natural sujeito à utilização de acordo com suas diferentes condições; e, assim, a partir da percepção de escassez dos atributos naturais, estes devem ser analisados e protegidos. Para melhor compreensão sobre um conceito de recursos naturais, Venturi (2006) discute essa temática chegando à determinada definição:

Recurso natural pode ser definido como qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível de uso ou esteja sendo usado direta ou indiretamente pelo Homem como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais, em determinado tempo e espaço. p15

O geógrafo Ab' Saber (2003) considera que o Sertão nordestino tem suas bases em variações fisionômicas e climáticas que o subdivide em: sertão bravo, altos sertões e caatingas agrestadas ou agrestes regionais. As primeiras delimitações têm sua origem nas obras técnicas de órgãos federais no início do século XX que designou o Polígono das Secas. Geograficamente, Sertão é um território múltiplo que se denomina tanto às diversas áreas de estados do Nordeste, como e onde a condição sertaneja é reivindicada por diferentes lugares, mesmo quando em áreas de transição morfoclimática (ALMEIDA, 2008).

Esse citado autor corrobora, dentro do que se estuda na Geografia e ciências afins, que o semiárido nordestino tem uma complexidade de denominações e qualificações, sintomático de um promissor campo de variadas representações sociais: pois existe uma farta produção a respeito, transcendendo em muito o universo acadêmico e a geografia. Revela as diferentes motivações, pressupostos e interesses que a questão filosófica das relações natureza/sociedade continua, enfim, a suscitar (MACIEL, 2010).

Segundo o IPECE o estado do Ceará apresenta 92% de seu território inserido na região do semiárido. Essa configuração se caracteriza pela aridez do clima, pela deficiência hídrica, variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas e pela presença de solos pobres em matéria orgânica. Essas características limitam o desenvolvimento econômico do Estado, principalmente das áreas inseridas nesse contexto, por conta da utilização de práticas econômicas e tratos culturais nem sempre adequados à realidade existente e que, muitas vezes, terminam por provocar desequilíbrios ambientais, cujo desdobramento mais evidente tem sido o processo de desertificação já verificado em algumas porções do território cearense (SALES, 2002).

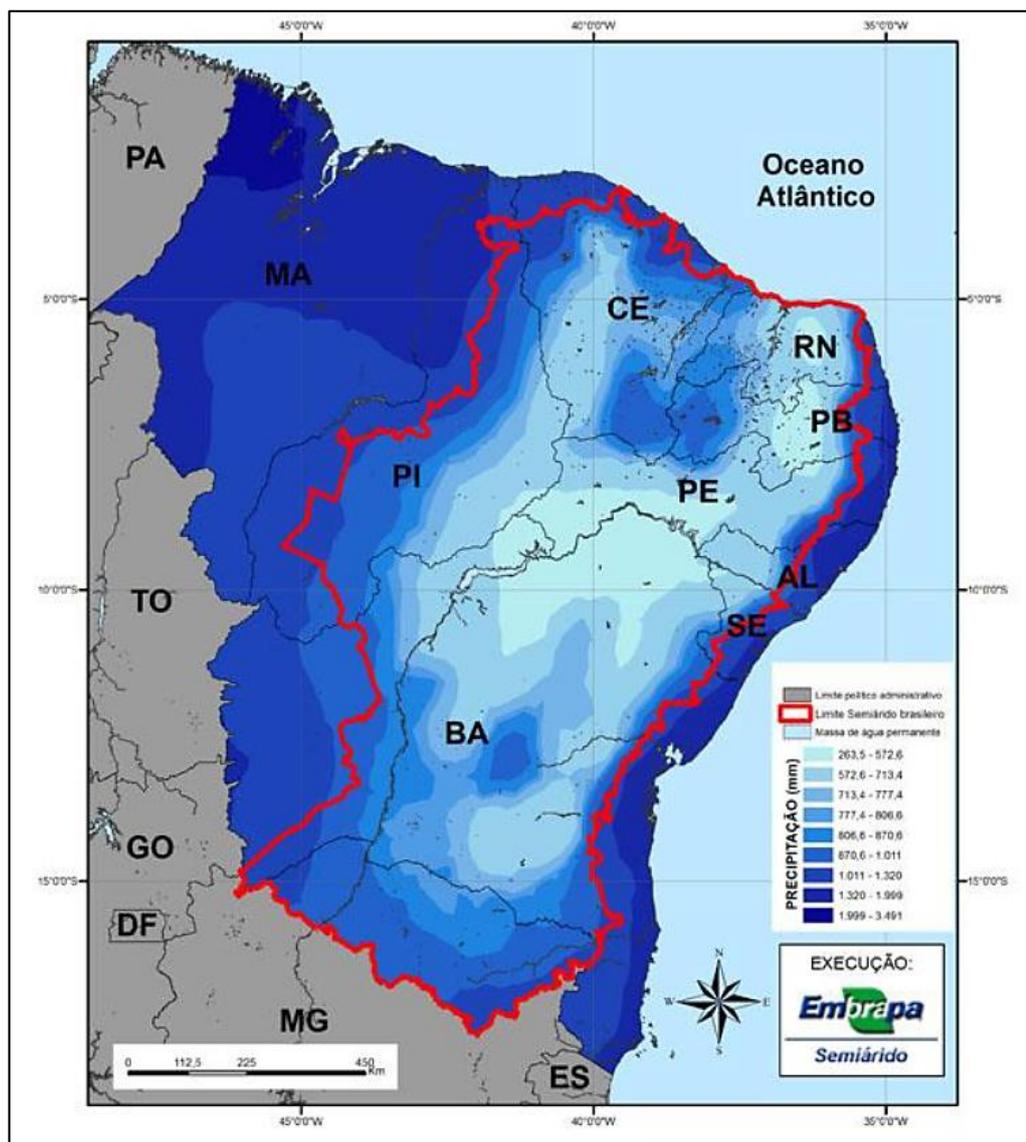
O Ceará localiza-se na região Nordeste do Brasil, limitando-se a Norte com o Oceano Atlântico, ao Sul com Pernambuco, a Leste com o Rio Grande do Norte e a Paraíba e a Oeste

com o Piauí. O Estado possui uma área de 148.886,31 km², sendo composto por 184 municípios e 14 Regiões de Planejamento concebidas a partir de aspectos semelhantes vinculados às características geoambientais, socioeconômicas, culturais e de rede de fluxos dos municípios (MEDEIROS et al., 2015).

O Nordeste, segundo a Superintendência do Desenvolvimento no Nordeste (SUDENE), é representado por uma imagem que representa uma região onde as precipitações são baixas e concentradas no primeiro semestre do ano com médias iguais ou inferiores a 800mm/ano (Figura 01). Apresenta-se com essa particularidade de sazonalidade, onde ter grande insolação durante todo o ano e altas temperaturas, e por fim, predomina um substrato geológico cristalino que se caracterizam por baixa permo-porosidade, conseqüentemente baixo índice de aporte hídrico.

As regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela irregularidade climática, pela escassez hídrica, pela imprevisibilidade das precipitações pluviométricas, por longos períodos de estiagens e por conseqüências diretas sobre a economia e a população. Assim como Sales (2003) afirma sobre disponibilidade dos recursos naturais das regiões semiáridas, que reflete diretamente as condições geoambientais diversas que constituem a região.

Figura 01 – Espacialização da precipitação média no semiárido brasileiro.



Fonte: FUNCEME (s/d).

A variabilidade interanual da pluviometria nesta região de semiárido está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (CAVALCANTI *et. al.* 2009). Isso ocasiona a má distribuição das chuvas na região e a dependência de ações que proporcionem uma gestão da seca eficiente.

Segundo a delimitação atual (Figura 02), o semiárido brasileiro abrange 1.262 municípios com uma área de 1.128.697 km², corresponde a quase 90% da região nordeste (no estado do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia) e mais a região setentrional de Minas Gerais. Esta delimitação levou em consideração os critérios de precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; índice de aridez

(PNUMA) de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico (no período entre 1961 e 1990), e risco de seca maior que 60% no período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2005). Como se pode observar na delimitação realizada por BUAINAIN e GARCIA (2013):

Figura 02 - Delimitação do semiárido brasileiro.



Fonte: IBGE (2018)

É nesse contexto que trazemos para a realidade do Estado do Ceará, onde as chuvas, do ponto de vista da distribuição temporal, como em grande parte do sertão nordestino, concentram-se na chamada quadra chuvosa (fevereiro, março, abril, maio) onde detém cerca de 80% da precipitação total anual (SALES *et. al.* 2010). Os questionamentos acerca da problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas é uma questão essencial para superação de obstáculos ao desenvolvimento.

2.4 O semiárido e o Desenvolvimento Sustentável

No Brasil as terras secas se localizam no Nordeste Brasileiro e norte de Minas Gerais compreendendo uma área de 1.556 mil km² e caracterizada pela diversidade de suas paisagens, tendo como elemento marcante no quadro natural da região a condição de semiaridez de caráterazonal que atinge grande parte do seu território e a alta variabilidade pluviométrica, espacial e temporal, inerente a esse tipo climático (SALES, 2004).

As regiões secas do mundo, como o semiárido brasileiro, estão seriamente ameaçadas deterem sua produtividade reduzidas em decorrência dos diversos e intensos processos de degradação ambiental, resultando notáveis impactos econômicos e sociais (MELO, 2009). As estatísticas revelam que as políticas de desenvolvimento adotadas ao longo dos anos têm sido capazes de estabelecer uma nova dinâmica nas economias do semiárido cearense, propiciando o surgimento de novos setores geradores de renda e emprego (IPECE, 2017). São novas atividades agrícolas e não agrícolas que vêm sendo introduzidas e desenvolvidas dinamicamente nos vários recantos do Estado.

A história da seca no Nordeste brasileiro está diretamente ligada a essas condições geofísicas da região, a definindo como fenômeno natural que traz diferenciações dos demais desastres naturais. O que marca tais diferenciações são as questões espaço-temporais, uma vez que a seca atinge grandes extensões territoriais e é um fenômeno que, quase sempre, tem um início lento e uma longa duração, diferentemente do que ocorre com as demais catástrofes como cheias, furacões e terremotos, que tendem a durar por pouco tempo e em sua grande maioria espacialmente localizados (DANTAS, 2017).

Apesar de todos os esforços, técnicas e infraestrutura, a população ainda vivencia uma situação de alta vulnerabilidade a disponibilidade hídrica, em situações de eventos extremos a seca. No nordeste brasileiro as técnicas de açudagem caracterizam-se como um importante objeto de estudo, onde, essas políticas acompanhadas de adequada gestão viabilizam critérios essenciais para o desenvolvimento. Segundo Dantas e Rodrigues (2015) para que o uso dos reservatórios seja de forma sustentável é necessário:

Que ocorra o planejamento adequado ao contexto da região que receberá a construção da barragem e um gerenciamento qualiquantitativo após sua instalação a fim de contribuir com o uso racional da água. A intenção do processo de açudagem é proporcionar o desenvolvimento da região através da disponibilidade hídrica para as atividades agrícolas, industriais e serviços, além do abastecimento humano. p 162

Os questionamentos acerca da problemática dos recursos hídricos nas regiões semiáridas é uma questão essencial para superação de obstáculos ao desenvolvimento. É nítido que a política de construção de infraestruturas que forneçam a capacidade de armazenamento de água, buscando garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar a irrigação é a mais utilizada mundialmente (DANTAS; RODRIGUES. 2015).

A constante e crescente exploração de recursos naturais tem ocasionado excessivas pressões sobre o meio ambiente em diversas regiões do planeta, especialmente em espaços considerados vulneráveis em decorrência de suas condições ambientais. Reflexões acerca da sustentabilidade tiveram início na década de 70 a partir dos impactos ambientais sobre os recursos naturais em decorrência das atividades antrópicas. A partir desta conjuntura resultou em diversos debates no âmbito global, com a discussão do conceito de sustentabilidade em várias dimensões que envolvem o ser humano, sua conduta e necessidades. (MIRANDA; TEIXEIRA, 2004).

A ideia de desenvolvimento sustentável está focada na necessidade de promover o desenvolvimento econômico satisfazendo os interesses da geração presente, sem, contudo, comprometer a geração futura. Isto é, o respeito à natureza passa pelo comprometimento com os direitos humanos fundamentais, visto que são inalienáveis (ARAUJO; ARRUDA; 2011). Segundo estes autores o desenvolvimento sustentável baseado em princípios da livre colaboração entre os povos, entre as trocas de informações, de culturas, de conhecimentos tradicionais e científicos, o uso da tecnologia, e visão de um mundo justo e equilibrado, em busca de um ideal comum de proteção ambiental e consciência ecológica visam a produção racional e condizente com padrões seguros de mínimo existencial.

Segundo Vasconcellos (1998) o desenvolvimento sustentável transforma a localidade que produz com consciência ecológica e em primazia visando à integração humana e sua construção político-social.

As ações e programas de desenvolvimento sustentável no Nordeste se mostram bem variadas no âmbito de formas multissetoriais. De tal maneira que as ações contemplam empreendimentos na área turística, da agricultura, de investimentos em pequenos negócios e fortalecimento das práticas mercantis tradicionais. Programas com recursos advindos tanto do governo federal, como apoiados por bancos que funcionam como ponte, intermediando o crédito aos artesãos, microempreendedores e pequenos agricultores (DUQUE, 2006).

O desenvolvimento local pode ser conquistado através de políticas públicas voltadas para a mitigação dos efeitos das secas, de uma estrutura física para abastecimento de água, sistemas de captação e distribuição de água, espaços voltados para o aprendizado dos

conhecimentos tradicionais, sistema educacional comprometido com a causa ecológica e o combate à desertificação (SALES, 2006). Visto de um modo regionalista passa necessariamente pela superação da miséria social do nordestino, pela amenização dos efeitos da seca, pelo fomento tecnológico e financeiro dos projetos de agricultura familiar, por políticas públicas voltadas para a realidade local, por uma educação ambiental preocupada com a conservação e uso sustentável dos recursos naturais da Caatinga e, acima de tudo, pela observância dos princípios fundamentais da pessoa humana.

O desenvolvimento sustentável no semiárido, na análise do conceito e aplicação, deve permitir identificar a preocupação em aspectos econômicos, sociais, ecológicos, políticos e culturais. Do ponto de vista dos recursos, preceitua-se que a sustentabilidade só poderá ser atingida se todas as dimensões forem consideradas (SILVA, 2006)

Considerando os elementos abordados relativos ao desenvolvimento sustentável no semiárido, dentro de uma perspectiva coletivamente em diversos espaços de articulação e debates sobre experiências alternativas para a região, que devem ser objeto de atenção nas políticas públicas de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2006; MENEZES & SAMPAIO, 2000; SAMPAIO & SALCEDO, 1997; CARVALHO, 2003), entre outros.

1. Democratização do acesso à terra, por meio da implementação da reforma agrária, com sustentabilidade;
2. Universalização e democratização do acesso à água para abastecimento humano, animal e para produção apropriada;
3. Fortalecimento da agricultura familiar, com base nos princípios e valores da agroecologia, com eixo central de estratégia de convivência com a semiaridez;
4. Incentivo à educação contextualizada, voltada para convivência com a semiaridez nos espaços escolares e nas comunidades, com garantia de universalização do atendimento escolar;
5. Promoção de políticas públicas de segurança alimentar e nutricional;
6. Desenvolvimento da pesquisa e disseminação do conhecimento e de tecnologias apropriadas a semiárido, com articulação entre extensão, pesquisa e desenvolvimento tecnológicos, adequados às condições locais;
7. Serviços públicos de qualidade, com priorização de investimentos em infraestrutura social;
8. Preservação e uso sustentável dos recursos naturais, com incentivo à realização de campanhas de educação e mobilização ambiental;

9. Financiamento público do desenvolvimento rural sustentável.

Além disso, os indicadores e índices ambientais são importantes mecanismos para a comunicação de informações resumidas ou para a provisão de bases sólidas sobre o estado da água aos responsáveis por sua gestão, contribuindo para uma relação sustentável entre os compartimentos social, econômico e ambiental (DEPONTI et al., 2002; VAN BELLEN, 2005; MOLLER, 2015).

2.4.1 Gestão de Convivência com a Seca e Monitoramento de Reservatórios

No início do século XX, mesmo com poucos conhecimentos da hidrologia regional, a história das secas já demonstrava que uma grande porção dos rios do Nordeste poderia permanecer seca por mais de um ano. Os recursos em água subterrânea eram mínimos. Em outras palavras, não havia suprimento de água confiável para proporcionar desenvolvimento sustentável de grandes cidades, para a irrigação e para o estabelecimento de indústrias.

Segundo Carvalho (2014) as duas principais opções eram: 1) a açudagem; 2) a importação de água de rios perenes, no caso do rio São Francisco. A opção de transpor as águas do São Francisco com os recursos financeiros e tecnológicos da época era inviável. Assim, a opção São Francisco ficou em segundo plano no debate, embora eventualmente pudesse ressurgir com pouca força. Em síntese, o primeiro problema específico da sociedade a ser resolvido pelo governo (política pública) era o de baixa confiabilidade das águas providas pelos rios intermitentes.

O início da açudagem pública no nordeste brasileiro, seguindo o exemplo dos Estados Unidos, segundo ressalta Ab'Saber (1999), ocorre nos fins do Segundo Império e princípios da República com a construção do Açude Óros, em Quixadá (CE). Entretanto, a construção de grandes reservatórios torna-se amplamente incentivada somente a partir de 1909, com a criação e efetivação da Inspeção de Obras Contra as Secas (IOCS). O histórico de políticas de combates a seca teve a inserção de novas políticas de combate às secas foram criadas ao longo do tempo. Sobre essa assertiva, a título de contextualização, no ano de 1919, a Inspeção de Obras Contra as Secas passa a se chamar Instituto Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) e, em 1945, recebe a denominação de Departamento de Obras Contra as Secas (DNOCS). A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em 1959, a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, em 1974, para falar de dois megaprojetos do

Governo Federal. Mais que ajudar a região, estes projetos serviam mesmo para alimentar a indústria da seca e fomentar a ideologia da homogeneidade regional.

Uma abordagem histórica e análise da racionalidade das políticas de obras hídricas no semiárido foi apresentada por Campos e Studart (2008) apresentando outras políticas que foram praticadas como irrigação, postos agrícolas, piscicultura e outras. Cirilo (2008) faz uma análise das políticas públicas praticadas no semiárido e apresenta que nesse período predomina o paradigma da construção de reservatórios, grandes médios e pequenos, com a ideia de tornar a região menos vulnerável às secas. Todavia, não se pode dizer que os intelectuais da formulação das políticas tinham a ilusão de que a construção de açudes, por si só, fosse capaz de acabar com as secas.

O trabalho intitulado Plano Estadual de Convivência com a Seca: ações emergenciais e estruturantes, publicado no ano de 2015 pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) tem como pressuposto central para a elaboração do plano a associação entre a ocorrência das secas e seus desdobramentos. Entretanto, as soluções que foram pensadas são pautadas em ações necessárias para o atendimento das demandas dos diversos setores da sociedade, transcendendo, portanto, a visão meramente hídrica do problema. Nesse sentido o documento tem uma concepção prioritariamente de médio e longo prazo, baseada em um novo modelo de gestão de políticas, onde a atuação do Estado deve ser norteada principalmente por eixos temáticos que, segundo o governo, serão capazes de viabilizar as condições necessárias para assegurar uma melhor convivência do indivíduo com os problemas advindos da seca.

De acordo com Yevjevich *et. al.* (1978) haviam três estratégias frequentes no âmbito da gestão das secas: I) medidas para aumento da oferta de água; II) redução da demanda de água e III) mitigação dos efeitos de secas. A maioria das instituições estaduais e federais que, direta ou indiretamente, está ligada às ações estratégicas e táticas de planejamento lança mão de uma ou mais dessas ações.

Em relação à implementação da política de gerenciamento hídrico do Estado do Ceará, observa-se que nas décadas de 80 e 90, aprimorou-se a concepção e a forma de inserir sua política de recursos hídricos. A necessidade de consolidação desta política surgirá pela vontade de combater e/ou mitigar os efeitos de um fenômeno antigo e habitual para os cearenses: “A Seca”.

Como podemos observar na (Tabela 01) as 50 maiores barragens do semiárido do Nordeste brasileiro com volume acima de 100 milhões de metros cúbicos de água para fins de abastecimento urbano. Não consta nessa tabela os grandes açudes de geração de energia elétrica, como é o caso de Sobradinho, na Bahia.

Tabela 01 – As 50 maiores barragens do semiárido Nordeste.

Barragem	Capacidade (m³)	Cidade	Estado
01. Castanhão	6,700 bilhões	Alto Santo	Ceará
02. Boa Esperança	5,000 bilhões	Guadalupe	Piauí
03. Armando Ribeiro	2,400 bilhões	Açu	Rio Grande do Norte
04. Orós	1,940 bilhões	Orós	Ceará
05. Banabuiú	1,640 bilhões	Banabuiú	Ceará
06. Pedras	1,600 bilhões	Pedras	Bahia
07. Mãe d'água	1,400 bilhões	Coremas	Paraíba
08. Araras	891 milhões	Varjota	Ceará
09. Santa Cruz do Apodi	600 milhões	Apodi	Rio Grande do Norte
10. Boqueirão	536 milhões	Boqueirão	Paraíba
11. Poço da Cruz	504 milhões	Ibirim	Pernambuco
13. Serrinha	500 milhões	Serrinha	Pernambuco
14. Pedra Branca	434 milhões	Quixadá	Ceará
15. Boqueirão	418 milhões	Cabaceiras	Paraíba
16. Pentecoste	396 milhões	Pentecoste	Ceará
17. Salinas	387 milhões	Nazaré	Piauí
18. Pacoti	380 milhões	Horizonte	Ceará
19. São José Jacuípe	361 milhões	São José Jacuípe	Bahia
20. Entremontes	339 milhões	Parnamirim	Pernambuco
21. Jucazinho	327 milhões	Surubim	Pernambuco

22. General Sampaio	322 milhões	General Sampaio	Ceará
23. Serrinha II	311 milhões	Serra Talhada	Pernambuco
24. Trussu	301 milhões	Iguatu	Ceará
25. Umari	293 milhões	Upanema	Rio Grande do Norte
26. Lagoa do Carro	270 milhões	Lagoa do Carro	Pernambuco
27. Engenheiro Ávidos	255 milhões	Cajazeiras	Paraíba
28. Edson Queiroz	256 milhões	Santa Quitéria	Ceará
29. Acauã	256 milhões	Itatuba	Paraíba
30. Anajé	250 milhões	Anajé	Bahia
31. Jenipapo	246 milhões	Jenipapo	Piauí
32. Cocorobo	245 milhões	Canudos	Bahia
33. Pacajus	240 milhões	Pacajus	Ceará
34. Pedra Redonda	216 milhões	Pedra Redonda	Piauí
35. Jaburu	210 milhões	Ubajara	Ceará
36. Caxitoré	202 milhões	Umirim	Ceará
37. Arneiro II	197 milhões	Arneiroz	Ceará
38. Chapéu	188 milhões	Parnamirim	Pernambuco
39. Petrônio Portela	181 milhões	Brasileira	Piauí
40. Aracoiaba	171 milhões	Aracoiaba	Ceará
41. Miroro	158 milhões	Ibipeba	Bahia
42. Jacurici	147 milhões	Jacurici	Bahia
43. Pompeu Sobrinho	143 milhões	Choro	Ceará
44. Poço Branco	136 milhões	Poço Branco	Rio Grande do Norte

45. Cedro	126 milhões	Quixadá	Ceará
46. Sítios Novos	126 milhões	Sítios Novos	Ceará
47. Saco	124 milhões	Serra Talhada	Pernambuco
48. Saco II	124 milhões	Santa Maria Boa vista	Pernambuco
49. Fogareiro	119 milhões	Quixeramobim	Ceará
50. Antenor Ferreira	118 milhões	Quixeramobim	Ceará

Fonte: Adaptada de Rodrigues (2014).

Com base nos dados apresentados (tabela 01) percebe-se que o Estado do Ceará possui mais de 40% do total de 50 maiores barragens, para abastecimento humano do semiárido nordestino. O estado do Ceará também possui a maior quantidade lagos artificiais do país, com aproximadamente seis mil açudes (FUNCEME, 2015).

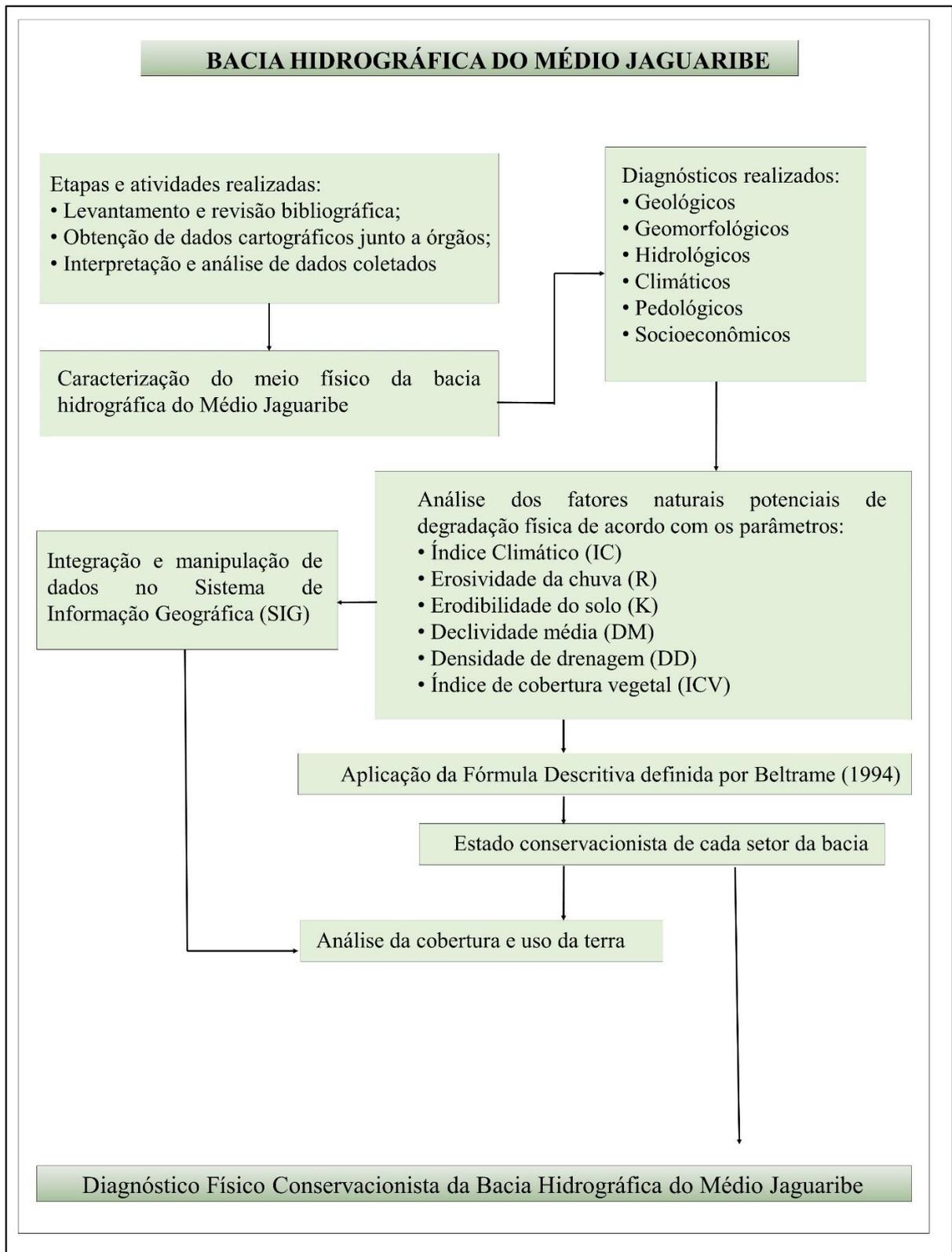
Posterior a fase de construção de reservatórios, inicia-se a última etapa dessa política é tida como gerenciamento e sustentabilidade, que tem como preocupação fundamental o destino e os usos da água. Essa dispõe de um quadro institucional em todas as esferas: federal. Estadual e municipal. Essas instituições gerenciam as barragens e exerce um papel fundamental no aproveitamento sustentável e no monitoramento qualitativo e quantitativo.

Desta forma a política de açudagem continua a existir, porém, a gestão destes recursos hídricos se apresenta como um novo desafio e constante aos governos e suas articulações. Estado do Ceará tem registrado preocupação com a gestão e monitoramento desses reservatórios, várias alternativas vêm sendo implementadas buscando a eficiência do controle da água, com a criação dos comitês de bacias.

3 PRINCÍPIOS METODOLÓGICOS PARA O ESTUDO

O Diagnóstico Físico Conservacionista, como real indicador do estado de deterioração de uma bacia hidrográfica, apresenta resultados qualitativos e quantitativos, espacializando as áreas mais críticas, atendendo à demanda do planejamento ambiental (SCAPANI,2006). A metodologia é procedida por diversas fases de análise dos componentes do sistema ambiental, atividades de campo, elaboração de mapas e compilação de dados, o roteiro metodológico utilizado nesta pesquisa está simplificado na figura 03.

Figura 03: Roteiro metodológico do Diagnóstico Físico Conservacionista da Bacia do Médio Jaguaribe.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.1 Diagnóstico Físico Conservacionista de Bacias Hidrográficas

Possuindo como embasamento teórico trabalhos desenvolvidos pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT), com sede na Venezuela, e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR). A metodologia foi desenvolvida por Beltrame (1994) visando especialmente a manutenção dos recursos hídricos, solos e vegetação em bacias hidrográficas, servindo como subsídio metodológico para o estado de conservação de recursos naturais que passou a ser nomeada de Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC).

Conforme Kurtz (2003), o DFC deve ser sempre o primeiro a ser elaborado em uma bacia hidrográfica, devido a sua primordial importância. Nele são usadas técnicas de quantificação de retenção de águas das chuvas por infiltração, associada a vários fatores correlatos, tais como: limpeza de canais e tributários, seleção de terras apropriadas para o florestamento, faixas de contenção, controle de áreas agrícolas de pastoris, todos os processos de conservação do solo, entre outros.

As atividades antrópicas, quando desenvolvidas desordenadamente, sem considerar aspectos conservacionistas, acarretam a deterioração dos ecossistemas (VALCARCEL e SILVA, 1997). É crescente a necessidade de estudos e planejamentos do ambiente, que sejam abrangentes e capazes de avaliar a deterioração crescente dos recursos naturais renováveis.

Com base em Ferretti (2001) o DFC é uma metodologia da situação real dos recursos naturais, numa bacia, passa a ser um instrumento necessário para a preservação e gerenciamento destes recursos, tendo a bacia hidrográfica como a melhor unidade para o manejo dos recursos naturais. Garcia (2001), conclui que o DFC visa, genericamente, contribuir para a utilização racional e sustentável dos recursos naturais renováveis através do estudo das características físicas da terra, do diagnóstico da situação atual em termos de ocupação do solo e da formulação de medidas capazes de corrigir ou mitigar eventuais desequilíbrios ambientais existentes entre a utilização atual e a utilização potencial. A informação fornecida por este diagnóstico permite a formulação de medidas e o recolhimento de informações pertinentes ao controle da erosão e de cheias, a prevenção contra secas, ao controle das atividades agrícolas e pecuárias e ao planejamento e localização espacial das ações de florestamento.

Segundo Beltrame (1994):

No estudo dos parâmetros para o diagnóstico do meio físico com fins conservacionistas, elegemos indicadores (parâmetros) potenciais de proteção ou de degradação dos recursos naturais renováveis da bacia hidrográfica. Os parâmetros foram selecionados em virtude de sua capacidade potencial intrínseca de contribuir para a degradação dos recursos naturais renováveis, de uma bacia hidrográfica, ou refletirem essa degradação. p 12

Assim sendo, consideram-se quatro grandes parâmetros potenciais naturais de degradação física e, a partir deles, são definidos sete subparâmetros componentes da fórmula descritiva do estado físico conservacionista da bacia. Observando o Quadro 02, é possível identificá-los.

Quadro 02 – Parâmetros analisados pelo Diagnóstico Físico Conservacionista.

-	Fatores Físicos	Parâmetros Analisados
I	Vegetação	1 – Grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original – Parâmetro CO 2 – Grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo - Parâmetro CA
II	Clima	3 – Erosividade da Chuva – Parâmetro E 4 – Balanço Hídrico – Parâmetro BH
III	Características Geológicas e Pedológicas	5 – Suscetibilidade da textura à erosão, associada da declividade – Parâmetro PE 6 – Densidade de Drenagem – Parâmetro DD
IV	Relevo	7 – Declividade Média – Parâmetro DM

Fonte: Beltrame (1994).

A cobertura vegetal é um fator de extrema importância no que concerne o estado de conservação física de uma determinada área. Desta forma, dada a sua importância apresentada, de exercer o papel essencial na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação de raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica.

No parâmetro Cobertura Vegetal Original (CO), define-se o tipo de vegetação original considerando 100% dessa área, refletindo de acordo com as condições do solo, edáficas e/ou

fitogeográficas. Com a obtenção de dados e informações necessárias acerca da cobertura vegetal original, deve-se elaborar um mapa que correlacione as informações com a cobertura vegetal original, convergindo com o uso do solo, e verificando o grau de semelhança entre a vegetação atual e original (BELTRAME, 1994). Este resultado é associado a um índice que indica este grau de semelhança, que irá compor a fórmula descritiva final.

No parâmetro cobertura Vegetal Atual (CA), objetiva-se determinar o grau de proteção que a vegetação proporciona ao solo. Para tanto é necessário a confecção de um mapa dos tipos de uso do solo da bacia, e calcular as áreas ocupadas conforme os tipos de uso das mesmas. Trata-se de uma classificação qualitativa, em que o grau de proteção proporcionado pelos tipos de cobertura é relacionado com índices numéricos específicos.

O clima é um fator natural, que direta ou indiretamente, influencia na degradação de solos, a chuva intensa exerce uma atuação expressiva e um efeito erosivo. O parâmetro erosividade da chuva (E) corresponde à quantidade de solo que se perde pela erosão causada pelas chuvas.

A precipitação também exerce papel fundamental na manutenção do ciclo da água e conseqüentemente, do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica. O parâmetro Balanço Hídrico (BH) é utilizado para o cálculo que estabelece a diferença entre a entrada e saída de água no solo, também é responsável pela definição do excesso ou deficiência hídrica na bacia. Ao encontrar-se desequilíbrios no balanço hídrico, significa que poderão existir danos irreversíveis sobre os recursos naturais renováveis da área de estudo, sendo considerado um indicador potencial natural de degradação e/ou conservação física da bacia hidrográfica.

A declividade do terreno exerce influência na maior ou menor infiltração de água da chuva e na velocidade do escoamento superficial, contribuindo também no processo erosivo, desta forma o parâmetro Declividade Média (DM) passa a verificar o relevo dos setores da bacia hidrográfica.

As características físicas do solo, como textura, declividade e profundidade efetiva influem muito na capacidade de infiltração e escoamento da água da chuva, refletindo diretamente nos processos erosivos (BELTRAME, 1994). A proteção dada ao solo pela mata nativa resulta em menores perdas do solo e maior capacidade de retenção de água, especialmente quando comparada ao solo sob culturas anuais ou desnudo. O parâmetro Potencial Erosivo dos Solos (PE) considera a erodibilidade dos diferentes tipos de solo e nos diferentes tipos de uso, ou seja, a suscetibilidade que apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus diversos usos. Para análise desse parâmetro Beltrame associou informações da geologia, da geomorfologia e da textura dos solos. A

geologia fornece informações sobre o substrato rochoso, sua formação e as transformações ocorridas e a geomorfologia especifica o relevo da região estudada e relaciona-se com a litologia e a textura dos solos, que é basilar na definição do potencial erosivo dos solos quando esses fatores se integram com a declividade do terreno, torna-se um importante indicador desse potencial. (LOURENÇO,2013).

Ao avaliar a densidade de drenagem é possível conhecer o potencial da bacia e seus setores, permitindo maior ou menor escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzira a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais. No parâmetro Densidade de Drenagem (DD) consiste em avaliar o potencial da bacia e de seus setores em permitir maior ou menor escoamento fluvial, o que por sua vez conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais.

A metodologia apresenta, assim, o valor crítico do processo erosivo encontrado para uma dada bacia quanto maiores os valores dos índices de cada parâmetro, maior o potencial de risco de degradação dos recursos naturais e vice-versa. (LOURENÇO, 2013).

Os parâmetros levantados a partir dos fatores potenciais naturais, de degradação dos recursos renováveis, são expressos em uma forma numérica, por meio de uma fórmula descritiva que estabelece o risco de degradação física de uma bacia (BELTRAME,1994). É importante compreender que para cada parâmetro são estabelecidos valores numéricos representativos (índices), como padrão para melhores condições quanto aos processos erosivos na somatória dos índices mínimos, da mesma forma, como padrão de piores condições quanto ao processo erosivo, estabelecemos a somatória dos índices máximos.

Para Lourenço (2013):

A avaliação do melhor estado físico da bacia, deve-se correlacionar o mapa de uso do solo e o mapa de potencial erosivo do solo, o que resultará no mapa de conflito de uso do solo. Será com base neste que poderão ser realizadas análises sobre as características ambientais dos setores, além da possibilidade da realização de propostas que visem à adequação nos usos. p. 57

Para Mota & Aquino (2003) constitui uma medida importante para o controle de atividades que são desenvolvidas em uma bacia, o que pode afetar diretamente na minimização dos impactos ao ambiente. Esta forma de organização dos usos deve ser aplicada considerando os condicionantes naturais do meio físico, tais como: a topografia, sistema de drenagem das águas, a cobertura vegetal, os tipos de solos, as características geológicas e geomorfológicas.

De acordo com a referida autora é importante a divisão da bacia em setores, o que caracteriza a primeira etapa na aplicação do DFC possibilitando a definição do setor mais degradado dentro da bacia. Esta setorização pode ser realizada a partir da adoção de critérios

hidrográficos, hipsométricos, geológicos e morfométricos, além de perfis longitudinais dos principais rios que compõem a bacia (FERRETI, 2003).

A metodologia desenvolvida por Beltrame (1994) vem sendo aplicada em estudos de bacias hidrográficas em diversas pesquisas no Brasil, além da primeira pesquisa realizada na bacia do Rio do Cedro, município de Brusque – SC; por Ferreti (1998), na bacia do rio Marrecas – PR; Ferreti (2003), na bacia do rio Tagaçaba – PR; Carvalho (2004) bacia do rio Quebra – Perna, Ponta Grossa - PR, Scapini (2006) no rio Ibicuí-Mirim/RS., Melo (2008) na microbacia Riacho dos Cavalos, em Crateús- CE; Rocha et al (2008) na nascente do rio Apodi – Mossoró – RN, por Pinheiro (2011) na bacia do Riacho Feiticeiro, no município de Jaguaribe. Lourenço (2013) no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu (CE), Santiago (2014) bacia hidrográfica do rio São Nicolau – PI, e por Cronemberger (2009) bacia hidrográfica do rio Santana, dentre muitos outros desde a sua criação.

No estudo em questão, a divisão do Médio Jaguaribe foi efetivada a partir das informações hipsométricas, dos divisores d'água e da disposição dos canais fluviais, obtendo como produto final a divisão em três sub-bacias, ou como denominamos nesta pesquisa, de setores A, B e C para a efetivação do processo de análise. Faz-se necessário enfatizar a importância de integrar informações do sistema natural com o sistema econômico e social, resultando no fornecimento de bases para a elaboração de um diagnóstico ambiental integrado.

3.2 Fórmula Descritiva

Em sua metodologia Beltrame definiu uma fórmula descritiva que expressa numericamente o estado físico conservacionista dos setores de uma bacia, desta forma definindo o risco de degradação. A aplicação da fórmula descritiva permitirá uma análise qualitativa quanto à preservação dos recursos naturais da bacia do Médio Jaguaribe. "Os parâmetros com os respectivos índices na fórmula descritiva sugerem uma análise quantitativa e qualitativa quanto à preservação dos recursos naturais da bacia que se está estudando" (BELTRAME, 1994, p.15).

Na metodologia é sugerida a setorização da bacia hidrográfica, onde a área é dividida em setores menores, a fim de se definir o setor mais degradado e que, portanto, deve ter prioridade na iniciação dos trabalhos práticos de planejamento ambiental. Sendo assim, cada setor da bacia ou microbacia é analisado conforme a seguinte fórmula descritiva:

$$E(f) = COa + CAb + DMc + Ed + PEe + DDf + BHg$$

Onde:

E(f) – É o estado físico conservacionista do setor, que é proporcional aos parâmetros:

Coa – É o Grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e atual; “a” é o índice específico do parâmetro CO, que varia entre 1 – altamente semelhante e 5 – nenhuma semelhança.

CAb – É definido como a proteção da cobertura vegetal atual; “b” é o índice específico do parâmetro CA, que varia entre 1 – máxima proteção e 7 – nenhuma proteção.

DMc – É a declividade média; “c” é o índice específico do parâmetro DM, que varia entre 1 – plano a suave ondulado e 5 – escarpado.

Ed – É a erosividade da chuva; “d” é o índice específico do parâmetro E, que varia entre 1 – erosão débil e 5 – erosão excessiva.

PEe – é o potencial erosivo dos solos; “e” é o índice específico do parâmetro PE, que varia entre 1 – nulo a ligeiro e 4 – muito forte.

DDf – É a densidade de drenagem; “f” é o índice específico do parâmetro DD, que varia entre – baixa densidade e 4 – muito alta densidade.

BHg – É o balanço hídrico; “g” é o índice específico do parâmetro BH, que varia entre 1 – balanço hídrico muito alto e 4 – balanço hídrico baixo.

Com base na pesquisa de Ferretti (2003) para se chegar aos valores finais é necessário somar os valores mínimos dos parâmetros que representam o melhor estado físico conservacionista, como também os valores máximos que indicam o pior estado. A partir desses valores, obtêm-se o ângulo de inclinação da reta ou equação da reta. Esses valores podem ser plotados em eixos cartesianos, em que o eixo x indicará os valores obtidos na fórmula descritiva dos setores da bacia e o eixo y as unidades de risco de degradação física da bacia, obtendo assim, o ângulo de inclinação da reta, com a equação da reta $y = ax + b$ pode-se calcular esse resultado com maior precisão (LOURENÇO, 2013).

3.3 Adaptações da Fórmula Descritiva Final para o Diagnóstico Físico Conservacionista

A metodologia utilizada por Beltrame (1994) serviu como embasamento para o DFC da bacia do Médio Jaguaribe. Foram realizadas adaptações na determinação dos parâmetros propostos na fórmula descritiva, assim como em seus respectivos índices, conforme está explicado no Quadro 03:

Quadro 03 - Adaptações realizadas para o Diagnóstico Físico Conservacionista da bacia do Médio Jaguaribe.

Diagnóstico Físico Conservacionista (BELTRAME, 1994)	Adaptações para o Diagnóstico Físico Conservacionista da bacia do Médio Jaguaribe
Cobertura Vegetal Original (CO), por meio do mapa fitogeográfico (escala 1:1.000.000) com descrições de Klein (1978).	Índice de cobertura vegetal (ICV) por meio do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) com o processamento de imagens orbitais LANDSAT 5.
Cobertura vegetal atual (CA), por meio de imagens do LANDSAT TM-5 e fotografias aéreas.	Índice de cobertura vegetal (ICV) por meio do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) com o processamento de imagens orbitais LANDSAT 6 -7, bandas 3 e 4.
Erosividade da chuva (E), por meio da equação de Bertoni & Moldenhauer (1980) citado em Bertoni e Lombardi (1985).	Fator Erosividade da chuva (R), com resultados estimados pelo método de Bertoni & Lombardi Neto (1999).
Declividade Média (DM) pela média aritmética da longitude das curvas de nível, equidistância entre as curvas de nível e a área da bacia.	Declividade Média (DM) por meio da ferramenta “Create Contours”, e com a ferramenta “Clip”, “Create TIN” “Symbology” do ArcGis 10.1
Potencial erosivo do solo (PE), por associação da suscetibilidade da textura do solo à erosão e declividade.	Fator erodibilidade do solo (K), proposto por Bertoni & Lombardi Neto (1999).
Densidade de drenagem (DD), pela equação de Horton (1945), citada por Christofolletti (1980).	Não foi necessária adaptação. Densidade de drenagem (DD), pela equação de Horton (1945), citada por Christofolletti (1980).

<p>Balanço hídrico (BH), obtido pelo método de Thornthwaite e Matter (1955) citado em Orselli & Silva (1988).</p>	<p>Índice climático (IC), obtido pelo produto da relação entre índice efetivo de umidade (Im) e números de meses secos (Ms) fundamentado em Silva Neto e Sales (2020).</p>
---	--

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994), Melo (2008), Lourenço (2013)

As formas de análise de alguns parâmetros foram substituídas em decorrência da disponibilidade e adequação de dados referentes à área de estudo. É importante frisar que tais mudanças oferecem uma maior otimização no que concerne a obtenção dos índices da fórmula descritiva final sem comprometer o resultado qualiquantitativo das informações.

No tocante às adaptações realizadas, a mudança mais considerável ocorreu com a substituição dos parâmetros Cobertura Vegetal Original (CO) e Cobertura Vegetal Atual (CA) pelo parâmetro Índice de Cobertura Vegetal (ICV), que representa a obtenção da quantidade e constância da vegetação existente em uma determina área por meio do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Este índice faz uso de imagens de satélite que possuem características espectrais particulares nas faixas do vermelho e infravermelho próximo, estas características espectrais são obtidas através do processamento de imagens de onde realiza-se a razão entre bandas, e permitindo a visualização e o nível de densidade da vegetação. Vale salientar que também é possível esta verificação em diferentes espaços de tempos e períodos.

No que se refere ao índice Climático (IC), além do uso do balanço hídrico como fonte de análise desse parâmetro, foi optado pela representação das informações dos índices climáticos mais relevantes em relação ao ambiente semiárido. Em vista disso, considerou-se, acima de tudo, o índice de aridez (Ia), o índice efetivo de umidade (Im) e o número de meses secos (Ms), sendo o produto da relação entre Im e Ms gera no índice climático (IC) utilizado na fórmula descritiva.

Consequentemente, as mudanças realizadas na fórmula descritiva final, foram condicionadas especificamente nos meios de obtenção dos índices determinados na análise de cada parâmetro sugerido no DFC. Portanto, considerando as adaptações, a metodologia utilizada para diagnosticar o estado de conservação ou de degradação da bacia do Médio Jaguaribe é expressa pela seguinte fórmula descritiva:

$$\mathbf{EDA} = (\mathbf{IC}) + (\mathbf{R}) + (\mathbf{K}) + (\mathbf{DM}) + (\mathbf{DD}) + (\mathbf{ICV})$$

Onde:

EDA – É o estado de degradação ambiental do médio curso.

(IC) – É o Índice climático.

(R) – É o Erosividade da chuva.

(K) – É o Erodibilidade do solo.

(DM) – É a Declividade média.

(DD) – É a Densidade de drenagem.

(ICV) – É o Índice de cobertura vegetal.

Para análise de cada parâmetro determinou-se classes conforme os valores de índices encontrados. Objetivando simplificar a fórmula descritiva, foi determinado aqui o valor (1) como índice mais baixo, que, conseqüentemente, é representando no modo de classificação como “baixa”, enquanto os índices de maiores valores encontrado são indicados como parâmetro de classe “alta”. Isto significa dizer, que quanto maior a soma dos valores dos índices encontrados, maior é o risco de degradação ambiental dessa área.

A fórmula adaptada para ambiente semiárido, pode ser testada em diferentes períodos, desde que sejam considerados os ICV de cada período analisado. Dessa forma, será realizada uma análise entre os anos de 1992 e 2018, através da aplicação da fórmula descritiva obtida com os dados do diagnóstico físico conservacionista. Segue fórmula do período de 1992 e 2018.

$$\mathbf{EDA (1992)} = (\mathbf{IC}) + (\mathbf{R}) + (\mathbf{K}) + (\mathbf{DM}) + (\mathbf{DD}) + (\mathbf{ICV 1992})$$

E

$$\mathbf{EDA (2018)} = (\mathbf{IC}) + (\mathbf{R}) + (\mathbf{K}) + (\mathbf{DM}) + (\mathbf{DD}) + (\mathbf{ICV 2018})$$

Assim, após a setorização da bacia (os setores A, B e C) da bacia do Médio Jaguaribe a fórmula de cada período selecionado será aplicada igualmente em todos os setores. O método indica a variação entre o estado de conservação ou degradação dos recursos naturais no decorrer dos anos analisados, desta forma, poderá definir quais setores da bacia possui maiores/avançados processos de degradação.

Objetivando a complementação de análises que foram possíveis após a aplicação do DFC, foram elaborados mapas de cobertura e uso do solo referente aos anos de 1992 e 2018. A seleção desses dois anos deve-se a disponibilidade de imagens de satélite que propiciassem representar a área estuda de um período mais antigo e outro mais recente, o que oportunizaria a compreensão da dinâmica da paisagem. Buscando a verificação de mudanças ocorridas ao longo desse período será realizada uma análise comparativa desses mapas. Os mapas foram produzidos com o intuito de observar a intensidade da ação humana no manejo da terra e os seus efeitos sobre a cobertura vegetal e os recursos hídricos.

3.4 Fundamentos para a determinação dos parâmetros do Diagnóstico Físico Conservacionista

3.4.1 Determinação do Parâmetro Índice Climático (IC)

Para Beltrame (1994) a chuva exerce um papel fundamental na manutenção do ciclo da água e, por consequência, do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica. Segundo Melo (2008), a análise de dados climáticos, como temperatura média anual, total pluviométrico anual e distribuição da precipitação, revelam informações importantes como períodos de maior potencialidade erosiva das chuvas, riscos de estiagens, dentre outros.

Com base no que foi apresentado no trabalho de Varejão-Silva (2001), foi estabelecido que, todos os fluxos hídricos positivos (entrada de água no solo) e negativos (saída de água do solo), ou seja, as perdas de água no solo pela evapotranspiração que determina o quadro de deficiência ou saldo hídrico. Tais fluxos são resultantes de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação, evaporação e transpiração), além do próprio movimento superficial, que se caracteriza pelo escoamento e sob a forma de percolação da água. É interessante ressaltar que os dados citados são de extrema importância no que se refere à compreensão dos sistemas atmosféricos que atuam em um ambiente localizada no semiárido cearense.

3.4.1.1 Pluviometria

O conhecimento sobre a precipitação (P) com média mensal na área da bacia do Médio Jaguaribe foram obtidas a partir de dados de estações pluviométricas disponibilizados no site da Agência Nacional das Águas (ANA) fornecendo séries históricas de precipitações na área. Foi observada a presença de diversas falhas nos dados dos postos pluviométricos inseridos na área de estudo ou próximo, em função de sua extensão foram selecionados 13 postos compreendendo um período de 1992 a 2019 (27 anos), além do uso de mais 14 postos para uso complementar de dados ausentes. A adoção desses postos pluviométricos na pesquisa, ocorreu devido à necessidade de se ter o mínimo de uma estação por município que disponibilizassem dados para a efetivação das análises da erosividade e da estimativa do índice climático, sendo estes mensurados com bases em dados de precipitações.

Entende-se que seria essencial uma análise de um período de 30 anos, que constitui uma normal climatológica através das médias de parâmetros meteorológicos, que obedece a critérios recomendados pela Organização Meteorológicas Mundial (OMM).

As estações selecionadas estão localizadas (Mapa 02) em Alto Santo (5 estações), Deputado Irapuã Pinheiro (3 estações), Ererê (2 estações), Iracema (3 estações), Jaguaribe (2 estações), Pereiro (3 estações), Potiretama (2 estações), São João do Jaguaribe (2 estações), Solonópole (2 estações), Jaguaribara (1 estação), Jaguaretama (2 estações), Milhã (2 estações), Tabuleiro do Norte (1 estação).

O apêndice 1 mostra a localização dos postos pluviométricos. A tabela 02 apresenta o resultado da precipitação média mensal dos postos e a tabela 03 a temperatura média mensal.

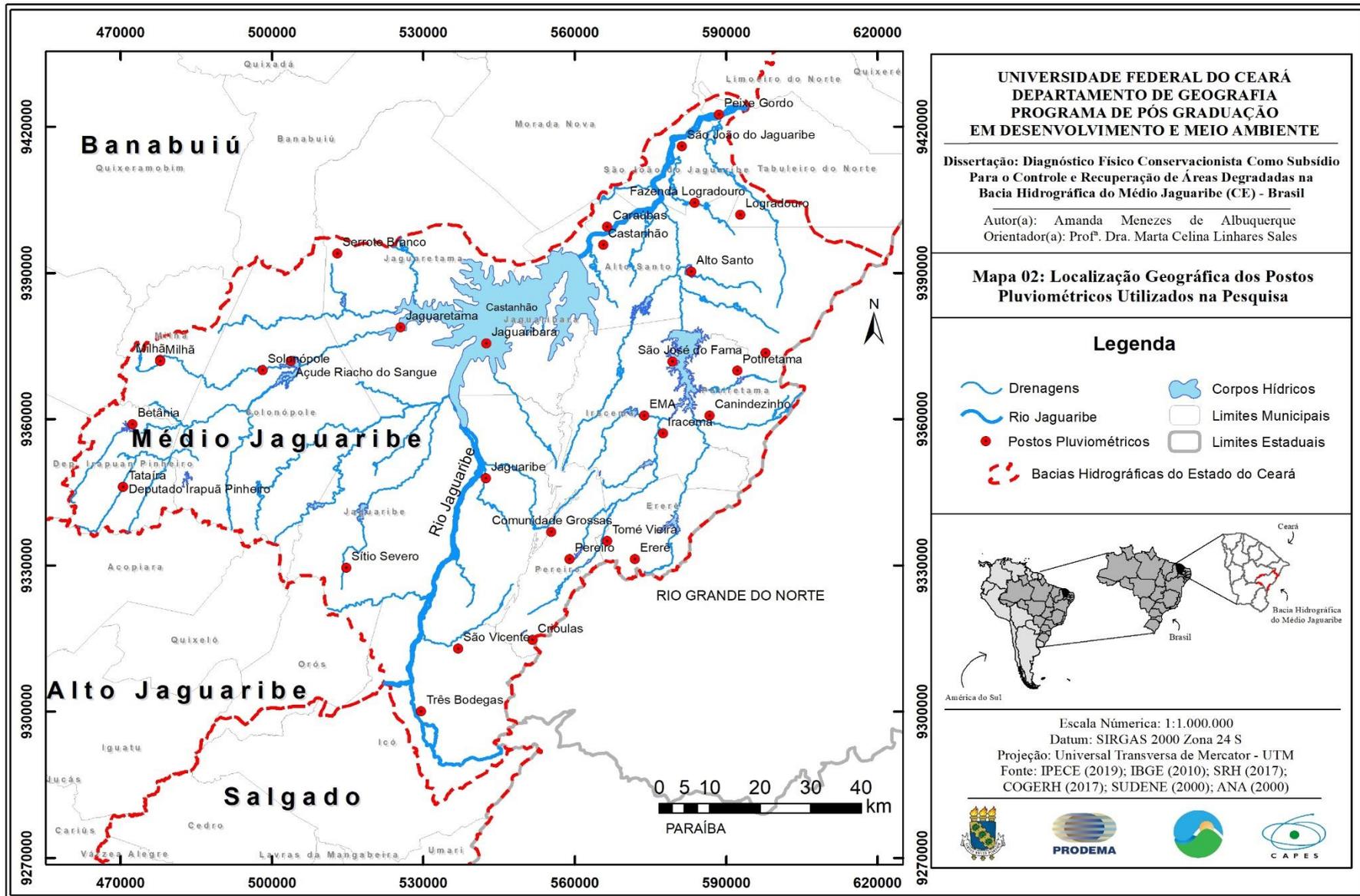
No Mapa 02 podemos observar a espacialização dos postos pluviométricos selecionados para a pesquisa que disponibilizaram dados para o cálculo dos índices.

Tabela 02 - Precipitação média mensal (mm) entre os anos 1992 e 2019.

PRECIPITAÇÃO MEDIA MENSAL (mm) - 1992 A 2019												
ESTAÇÃO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
Peixe Gordo	92,5	108,1	150,3	136,3	67,4	43,2	24,4	8,7	0,5	5,2	1,7	14,1
São João do Jaguaribe	98,4	100	130,8	121,9	80,7	38,7	17,8	9	0,6	3,6	0,7	6,7
Alto Santo	118,3	104	145,5	150,6	84,6	39,1	15,5	5,2	1,7	2,6	2,5	20,8
Potiretama	88,8	114,4	144	144,4	83,5	40,3	16	2,2	0	3,4	5,8	12,8
Jaguaribara	74,6	102,7	146,1	134,4	86,6	39	11,8	3,7	0,5	0,6	2,9	17,3
Iracema	102,5	127,5	153,1	164	109,8	53,8	29	10,1	1,7	2,8	6,1	18,2
Jaguaribe	99	93,9	152,4	134,8	83	26,2	14,5	5,7	0,4	5,6	4,8	15,1
Pereiro	116,3	144,5	193,5	184,5	128,6	54,8	42,2	8,3	6,4	3,3	6,4	28
Tomé Vieira	88,6	100	149	133,5	98,1	41,3	19,47	3,4	1,6	1,6	4,5	15,8
Erere	107,5	131,9	154,8	167,7	114,1	37	19,2	9,3	1,7	0,4	13,5	21,8
Deputado Irapuã Pinheiro	88,1	108,8	134,9	132,2	95,1	45,1	19,6	4,7	0,3	2,1	3,1	18,5
Solonópole	93,3	89,9	148,3	136,8	112,5	33,2	20,7	5,5	1,5	5,2	8	20,5
Jaguaritama	95,5	106,5	166,9	155,6	102,8	51,6	30,2	7,7	1,7	3	7,1	25,9

Fonte: Elaborado pela autora.

Mapa 02 – Localização geográfica dos postos pluviométricos utilizados.



Fonte: Elaborado pela autora.

Algumas séries históricas dos postos selecionados apresentam falhas (ausência de dados mensais), o que foi preciso realizar as devidas correções utilizando o método de ponderação regional de Tucci (1993). Os dados ausentes foram corrigidos através do uso da média ponderada da precipitação mensal dos postos localizados próximo aos que apresentavam a ausência de informações. Cabe ressaltar que os postos selecionados como referência para as correções devem estar na mesma região climatológica aos demais postos que devem ser feitas as retificações, a equação para a correção é dada pela seguinte fórmula:

$$Y = 1/3 (y_m/x_{m1} + y_m/x_{m2} + y_m/x_{m3})$$

Onde:

Y é o valor a ser estimado no posto Y;

x1, x2, x3 são as precipitações médias nas três estações próximas do posto Y.

3.4.1.2 Balanço Hídrico

O Balanço hídrico de uma determinada área permite a análise do comportamento climático da região, bem como possibilita a compreensão do comportamento hidrológico e relacioná-lo aos processos degracionais verificados. Definido como um sistema contábil de monitoramento da água no solo e resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para água num volume de solo vegetado (PEREIRA et al 1997).

A evapotranspiração é de fundamental importância no contexto do ciclo hidrológico, pois representa uma parcela maior de saída de água das bacias hidrográficas que a soma do escoamento superficial dos rios e o armazenamento de água no solo (HEWLETT, 1982).

Para Lima e Santos (2009) o balanço hídrico é observado como unidade de gerenciamento, oportuniza classificar o clima de uma região, realizando o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, favorecendo também no gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Com base no pensamento de Santos et al. (2010), têm-se o planejamento hídrico de uma determinada região como o alicerce para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, possibilitando o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo de um determinado período.

Em nenhuma parte do mundo o regime de precipitação pluviométrica é distribuído igualmente. Em geral, ele se caracteriza por uma estação de abundância e excesso e por uma escassez e déficit. Em qualquer ambiente natural, uma certa quantidade de água precipitada retorna à atmosfera pelo processo de evapotranspiração. Segundo Sales (2003) em decorrência do clima semiárido a produção de matéria orgânica é limitada pela baixa disponibilidade de água que é agravada pela evaporação dos já escassos recursos hídricos, as precipitações não se distribuem de modo uniforme no decorrer do período chuvoso ou também se concentram em uma curta estação chuvosa, o que gera a chamada “seca verde” que se traduz como um fenômeno de irregularidade entre a disponibilidade hídrica e o ritmo de produção.

Em resumo, a disponibilidade hídrica em uma região é melhor expressa quando se considera o balanço entre disponibilidade de água indicada pela precipitação e sua demanda pela evaporação. Segundo Nimer & Brandão (1989), os totais pluviométricos devem ser analisados considerando as relações entre seus valores e o *output* potencial, que constitui a quantidade de água evapotranspirável sob condições ideais de fornecimento de água. O *output* é expresso pela evapotranspiração real (ETR) que consiste na quantidade de água efetivamente evapotranspirada e evapotranspiração potencial (ETP), representando a capacidade potencial máxima de água evapotranspirável em função da temperatura e do tempo/hora de luz solar (*sunlight*), dentre outros fatores.

Quando a precipitação é maior que a evapotranspiração potencial ($P > ETP$) diz-se que há um excedente hídrico (EXC), e quando a precipitação é menor que a evapotranspiração potencial ($P < ETP$) há um déficit hídrico (DEF). A disponibilidade hídrica para o ambiente está equilibrada quando o valor da precipitação é igual a evapotranspiração potencial ($P = ETP$). Na estimativa da evapotranspiração da área de estudo, foram utilizados dados de temperaturas médias mensais obtidos através do uso do programa computacional Celina que estima os dados pela equação de regressão múltipla de Cavalcanti & Silva (1994), proposta para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. A equação é do tipo:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + b_1x_2 + c_1x_3 + a_2x_1x_2 + b_2x_1x_3 + c_2x_2x_3$$

Onde:

Y é o valor da temperatura

X1 é a latitude em graus

X2 é a longitude em graus

X3 é a latitude em metros

a0, a, b, c, a1, b1, c1, a2, b2, c2 são os parâmetros estimados pelo método dos mínimos quadrados. O resultado pode ser observado na Tabela 03.

Tabela 03 - Temperatura média mensal (°C) dos postos selecionados de 1992 a 2019.

TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (°C) DOS POSTOS SELECIONADOS												
Postos	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Peixe Gordo	28,6	27,9	27,3	27	26,9	26,6	26,4	27,4	28,1	28,4	28,6	28,7
São João do Jaguaribe	28,6	27,8	27,2	26,9	26,9	26,5	26,4	27,4	28,1	28,4	28,7	28,7
Alto Santo	28,7	27,9	27,3	27	26,9	26,5	26,5	27,6	28,3	28,6	28,9	28,9
Potiretama	28,2	27,4	26,8	26,5	26,4	26	25,9	26,9	27,7	28	28,3	28,4
Jaguaribara	28,5	27,7	27,1	26,8	26,8	26,4	26,3	27,4	28,1	28,4	28,7	28,7
Iracema	28,3	27,5	26,8	26,5	26,4	26	25,9	27	27,8	28,2	28,5	28,5
Jaguaribe	28,6	27,7	27	26,7	26,6	26,2	26,2	27,4	28,3	28,7	28,9	28,9
Pereiro	24,9	24,1	23,5	23,3	23,1	22,5	22,2	23,2	24,2	24,6	24,9	25
Tomé Vieira	24,5	24,1	23,5	23,3	23,1	22,5	22,2	23,1	24,1	24,5	24,9	25
Erere	24,6	23,8	23,3	23	22,8	22	21,7	22,7	23,8	24,3	24,7	24,8
Deputado Irapuã Pinheiro	28,9	27,9	27,1	26,8	26,8	26,5	26,7	28	28,9	29,4	29,5	29,3
Solonópole	28,2	27,3	26,6	26,3	26,3	26	26	27,2	28	28,4	28,6	28,5
Jaguaretama	27,7	26,9	26,2	25,9	26	25,6	25,6	26,6	27,4	27,7	27,9	27,9

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da obtenção dos dados de precipitação e temperatura, será calculada a evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), na Planilha de Classificação Racional do Clima (PCRC) modelo modificado por Silva Neto e Sales (2020) do sistema de classificação desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955)

Sobre esta metodologia utilizada na determinação do balanço hídrico, Sales (2003,p.41) cometa:

“a despeito das limitações inerentes a qualquer modelo teórico, constitui-se em uma importante ferramenta para estudos climáticos, agroclimáticos, e ecológicos, principalmente nas regiões onde a base de dados meteorológicos é deficiente, constituídos quase sempre por dados de precipitação média mensal”.

Assim, o cálculo do Balanço Hídrico possibilita compreender o comportamento do regime hídrico anual da bacia do Médio Jaguaribe, além do excesso e déficit hídrico. O método Thornthwaite e Mather (1955) corresponde a uma forma de fácil aplicação que se utiliza de variáveis disponíveis, sendo a adaptação desenvolvida por Silva Neto; Sales (2020) indicada para a aplicação no contexto semiárido do NE brasileiro.

3.4.1.3 Índices Climáticos

O balanço hídrico, segundo Nimer & Brandão (1989), fornece informações não apenas sobre os períodos de excesso e déficit de umidade, mas também permite que a magnitude dessas quantidades seja comparada com outras, como por exemplo: a necessidade de água, com o objetivo de se obter índices climáticos, os quais possam ser usados em estudo de classificação e correlação.

Com os dados do balanço hídrico é possível conhecer, além do excedente e déficit hídrico de uma determinada área, os índices climáticos IU, IA, IM e IA (UNEP). A determinação do índice de umidade (Iu) e do índice de aridez (Ia) foi feita da seguinte forma:

$$Iu = (EXC/ETP) * 100$$

e

$$Ia = (DEF/ETP) * 100$$

Onde:

Iu é o Índice de Umidade;

Ia é o Índice de Aridez;

EXC é o Excedente Hídrico;

DEF é o Déficit Hídrico;

ETP é a Evapotranspiração Potencial

O índice efetivo de umidade (Im) relaciona os dois índices acima e é usado para determinar o clima local. Em geral, consideram dois grandes grupos de clima os úmidos, quando o $Im > 0$ e os secos, $Im < 0$, apresentando uma série de tipos de climáticos de acordo com alguns intervalos conforme o Quadro 04, sendo este índice expresso pela fórmula:

$$Im = (Iu - 0,6. Ia)$$

Quadro 04 - Tipos de clima em Razão do Índice Efetivo de Umidade (Im).

GRUPOS DE CLIMA	TIPOS DE CLIMA	SÍMBOLOS	ÍNDICE
Úmido	Super Úmido	A	>100
	Úmido	B ₄	80 a 100
	Úmido	B ₃	60 a 100
	Úmido	B ₂	40 a 100
	Úmido	B ₁	20 a 40
	Úmido Sub- Úmido	C ₂	0 a 20
Seco	Seco sub- Úmido	C ₁	-33 a 0
	Semiárido	D	-66,7 a -33,3
	Árido	E	-100 a -66,7

Fonte: Thornthwaite & Mather (1955)

O Índice de aridez (Ia) proposto pelo UNEP (1991) e adotado pela Convenção Internacional de Combate à Desertificação, consiste na razão entre a precipitação anual e evapotranspiração potencial (P/ETP) anual. Caracterizando um critério básico empregado para definir as áreas no mundo suscetíveis a desertificação. Portanto, a razão entre estas duas variáveis foi utilizada para o estabelecimento das áreas de risco e a elaboração do *World Atlas of Desertification* (UNEP, 1991). O quadro 05 mostra o Ia para vários climas do planeta.

Quadro 05 - Índices de Aridez (Ia) para diferentes Classificações Climáticas.

Intervalo do Índice de Aridez	Classificação Climática
<0,05	Hiper-árido
0,05 – 0,20	Árido
0,21 – 0,50	Semiárido
0,51 – 0,65	Sub-úmido seco
> 0,65	Sub-úmido e úmido

Fonte: UNEP (1991)

De acordo com Sales (1998), a determinação desse índice permite conhecer a priori as limitações impostas pelo clima para a realização das atividades biológicas primárias e, conseqüentemente, da produção agrícola necessária ao desenvolvimento das sociedades.

Para a determinação do índice de umidade (Iu), do índice de aridez (Ia) e do índice efetivo de umidade (Im) juntamente com a distribuição de meses secos (Ms) dos postos pluviométricos selecionados foi utilizada a Planilha de Classificação Racional do Clima (PCRC) desenvolvida por Silva Neto e Sales (2020).

Segundo Lourenço (2013) para determinar o índice climático (IC) dos setores da bacia, o método mais apropriado e essencial para estabelecer esse parâmetro é por meio da relação entre o índice efetivo de umidade (Im) e o número de meses secos (Ms). Para o resultado obtido dessa relação, nomeia-se de nível de severidade do clima. Dessa maneira, no processo de determinação do índice climático do Médio Jaguaribe, será efetuado inicialmente o traçado de isolinhas no *software Surfer 8* com os valores de Im e Ms, plotados no mapa da bacia do Médio Jaguaribe por meio de técnicas cartográficas de triangulação. (Quadro 06)

Quadro 06 - Intervalos de índices Climático com respectivas Classes e Índices.

Intervalos de IC	Classes	Índice para Fórmula Descritiva
1 a 7	Muito Baixo	IC1
8 a 14	Baixo	IC2
15 a 21	Médio	IC3
22 a 28	Alto	IC4
29 a 36	Muito Alto	IC5

Fonte: Thornthwaite (1948) Thornthwaite & Mather (1955;1957)

3.4.2 Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (R)

Nas regiões secas do planeta, particularmente, na região semiárida do Nordeste brasileiro, os recursos naturais renováveis estão seriamente ameaçados de terem as suas reservas quali-quantitativas reduzidas pelos intensos processos de deterioração ambiental (BARACUHY, 2003). Nessa região, a degradação dos solos pela erosão hídrica é um sério problema e por isso vem sendo estudada nas últimas décadas por órgãos e pesquisadores que

se preocupam com os aspectos e as relações socioeconômicas e físicas do semiárido. Segundo Sobrinho & Falcão (2006), os solos desta região estão propícios aos processos erosivos de alta intensidade, em decorrência da alta intensidade de chuvas em determinados períodos do ano, a ausência de cobertura vegetal no momento de incidência das primeiras chuvas, pouca profundidade dos solos e baixos teores de matéria orgânica.

O processo erosivo causado pela ação da água das chuvas tem abrangência a superfície terrestre, em algumas áreas os totais pluviométricos concentram-se em determinados períodos do ano. Segundo Guerra et al (2015) esse processo tende a se acelerar, à medida que mais terras são desmatadas para a exploração de madeira e/ou para produção agrícola, uma vez que esses solos ficam desprotegidos em decorrência da ausência de cobertura vegetal.

3.4.2.1 Erosão Hídrica

O solo é um dos recursos naturais mais significativos para a humanidade, porém sua capacidade produtiva pode ser reduzida pela sua degradação ocasionada pelo manejo inadequado, favorecendo a ação do processo erosivo. Um dos fatores de desgaste que mais seriamente tem contribuído para a baixa produtividade do solo é, sem dúvida, a erosão hídrica, facilitada e acelerada pelo homem com suas práticas inadequadas de exploração agrícola (MELO,2008).

A energia cinética é o fator responsável pela erosividade, que é a habilidade da chuva de causar a erosão. A determinação do potencial erosivo submete-se principalmente à características em função do tempo e do espaço. Existem vários parâmetros que podem ser utilizados para medir a erosividade da chuva, o problema central é escolher um que seja o mais adequado para a maioria dos casos, em especial porque cada ambiente e cada tempestade são únicos na escala temporal e espacial, conseqüentemente a erosão varia de diferentes formas (STOCKING, 1977).

Quando se refere a erosão hídrica, o ciclo hidrológico é de importância fundamental para o processo erosivo, pois parte da água que precipita incide diretamente no solo, parte dela é interceptada pela cobertura vegetal (observa-se a importância do índice de cobertura vegetal), podendo retornar à atmosfera através da evapotranspiração ou chegar ao solo por meio do gotejamento das folhas e pelo fluxo de tronco (*stemflow*). Esta água que chega ao solo, diretamente pelo impacto das gotas ou indiretamente após ser interceptada, é que vai participar da erosão.

A água pode tomar vários caminhos, o primeiro deles causa o *splash*, depois se infiltra, o que aumenta o teor de umidade, podendo saturar o solo, e após esses processos se armazenar nas irregularidades do solo, formando poças (*ponds*), que eventualmente poderão do início ao escoamento superficial. (GUERRA, 2015)

Quando a energia da chuva é aplicada à superfície do terreno, inicia-se a transferência de matéria por processos de desestabilização dos agregados do solo, da movimentação e transporte de partículas e de sedimentação em zonas mais rebaixadas da topografia (MAFRA, 1999). A atuação desse conjunto de ações em que participam matéria e energia, tem como consequência a remoção da camada superficial e mais fértil do solo, posteriormente, seus horizontes subsuperficiais.

Conforme o trabalho de Lombardi & Moldenhauer (1992), sabe-se da capacidade potencial da chuva em causar erosão é definida pelo parâmetro Erosividade da Chuva (R). Esse fator é definido por um índice que avalia o valor médio anual da chuva de uma determinada área e a capacidade de erodir o solo de um terreno desprovido de cobertura vegetal.

Analisando dados de precipitação pluviométrica da região de Campinas (SP) Lombardi Neto & Moldenhauer (1980), propuseram uma relação para o cálculo da erosividade anual (EI), com base na precipitação média mensal (p) e na precipitação média anual (P), expressa da seguinte forma:

$$EI = 0,866 (p^2/P)^{0,85}$$

Nolêto (2005), ao estimar a erosividade da chuva (R) na microrregião de Sobral - CE, considera, dentre vários métodos para o cálculo do índice de erosividade, esta equação como melhor opção, pois este método requer apenas dados de precipitação média mensal e anual. Nessa estimativa, a equação utilizada foi a seguinte:

$$EI = 67,355 (r^2 / P)^{0,85}$$

Onde,

EI é a média mensal do índice de erosão, em Mjmm/ha.h.ano,

r é a precipitação média mensal, em mm,

P é a precipitação média anual, em mm.

Portanto, o cálculo do parâmetro erosividade da chuva (R) fornece dados que são fundamentais e que podem ser usados como instrumentos para ações de gestão e planejamento

ambiental em bacias hidrográficas, além de áreas que evidenciam traços marcantes de degradação, para que sejam tomadas iniciativas que visem à preservação/conservação dos recursos naturais, aliadas a propostas de manejo e uso sustentável no semiárido.

A erosividade da chuva (R), na bacia do Médio Jaguaribe foi efetivada com base na equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) adaptada por Nôleto (2005) e com a ajuda do programa excel foi realizado o cálculo dos índices de erosividade da chuva (R), utilizando os dados de precipitação mensal dos postos pluviométricos selecionados para esta pesquisa.

Os valores de erosividade obtidos foram plotados no *software Surfer*, em seguida traçados isoerodentes (linhas que unem pontos de igual valor de erosividade) e técnicas de triangulação de *Krigagem*. Com o auxílio do *software ArcGis 10.1*, as imagens com as isoerodentes foram georreferenciadas e vetorizadas, e por meio da sobreposição do *shape* gerado de isoerodentes em cima da base cartográfica da área de estudo, desta forma gerando o mapa de erosividade da chuva.

A determinação das classes de erosividade foi efetivada com base no quadro 07.

Quadro 07 - Intervalos de (R) com os índices e as Classes correspondentes.

INTERVALOS DE R (Mj.mm/ha.h.ano)	CLASSES	ÍNDICES PARA A FÓRMULA DESCRITIVA
<4975	Muito Baixa	R1
4975 a 5747	Baixa	R2
5748 a 6520	Média	R3
6521 a 7293	Alta	R4
>7293	Muito Alta	R5

Fonte : Bertoni & Lombardi Neto (1990).

3.4.3 Determinação do Parâmetro Erodibilidade dos solos (K)

Segundo Silva et al (2000) além do dióxido de carbono, a água e a energia da radiação solar, que são fundamentais à fotossíntese, o solo é tido como um recurso natural intimamente relacionado com a qualidade de vida e a própria sobrevivência do homem no semiárido. Por exercer influência e sofrer a ação de processos erosivo, o que confere maior ou menor resistência, constituindo o principal fator natural relacionado à erosão.

Muitas vezes a erosão é confundida ou colocada como sinônimo de degradação dos solos (GUERRA, 2001). Isso ocorre pelo fato de ser uma das principais causas da degradação, tanto ao promover sérias consequências danosas ao solo quanto por sua vasta distribuição espacial na superfície terrestre.

A degradação das condições do solo é um impacto que merece atenção, esses danos em sua grande parte não são facilmente reversíveis, com é o caso das problemáticas causadas pelos processos erosivos que afetam a formação e regeneração do solo (ARAUJO et al, 2010).

Em sua obra Chuquiopindo (2007), indica que o agente erosivo com maior frequência no Brasil é a água, além de um tipo climático agravante. A chuva é tida como um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos, e ela atua a partir do impacto das gotas de chuva e conseqüentemente arraste de partículas no solo.

As propriedades do solo são de grande importância nos estudos de erosão, porque, juntamente com outros fatores, determina a maior ou menor susceptibilidade à erosão, onde a textura interfere diretamente na erosão devido a granulometria apresentada no solo, segundo Beltrame (1994), a textura do solo é uma propriedade importante na definição de seu potencial erosivo.

Segundo Lourenço (2013), diversos são os métodos utilizados para a predição das perdas de solos por processos erosivos, dentre tantos se destaca a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Entre os parâmetros do método EUPS, ressalta-se o fator K, definido como a quantidade de solo perdido por unidade de área por unidade de índice de erosividade adotados em condições padrão, como único parâmetro do método intrínseco ao solo.

Conforme Correchel (2003), a erodibilidade é uma propriedade do solo, resultante da interação entre suas características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas. O fator K reflete a perda diferencial que os solos apresentam com a constância dos demais fatores. Ainda para a autora a resistência do solo à erosão depende de fatores extrínsecos (comprimento, a forma, o declive e o tipo de cobertura do solo) e intrínsecos (textura, a estrutura, a permeabilidade e a densidade; químicas, mineralógicas e biológicas).

De acordo com Pinheiro (2011), a concentração de areia, silte e argila se evidenciam no potencial erosivo dos solos, pois os teores desses elementos oferecem maior ou menor resistência ao destacamento e ao transporte pela água resultante do escoamento superficial. Segundo o autor a densidade real e aparente dos solos contribui para a erodibilidade e também acaba afetando outras propriedades, por exemplo a porosidade. No que se refere a densidade aparente, quanto maior for, maior será a dificuldade de infiltração de água no solo, resultando no aumento do escoamento superficial. A densidade aparente controla a ação dos processos

erosivos porque está relacionada com a maior ou menor compactação dos solos o que influencia diretamente no escoamento superficial. O teor e estabilidade dos agregados dependem de uma série de fatores, o teor que é a quantidade de agregados em relação a outros constituintes dos solos que ao entrarem em contato com água podem se romper, dessa maneira quanto maior o teor de agregados maior a estabilidade.

Romkens *et al* (1987) e Lal (1994) comentam que são muitas as propriedades do solo que afetam a erodibilidade, por exemplo, a textura e a mineralogia da argila. Outras características são dinâmicas e transitórias como a água no solo e, outras, podem ser induzidas ou manipuladas pelo homem. Romkens *et al* (1986) concluiu em seus estudos que as características texturais do solo são as propriedades mais importantes para estimar os valores de erodibilidade.

A determinação do parâmetro K da bacia do Médio Jaguaribe baseou-se na equação de Romkens *et al* (1987), que calcula o fator K com base na média geométrica do diâmetro das partículas primárias encontradas no solo, proposta por Shirazi & Boersma (1984). Silva (1994), concluiu ser esse o melhor método para a estimativa de K em alguns solos do Ceará, de qualquer classe textural ou grau de agregação. Apoiada nas conclusões de Silva (1994), Aquino (2002) utilizou a equação de Romkens *et al* (1987) para determinar o índice K das Terras Secas do Estado do Piauí, da seguinte forma:

$$K = 7.594 \{ 0,0034 + 0,0405 \exp [- 0,5 (\log (Dg) + 1.659 / 0,7101)^2] \}$$

Onde,

Dg é a média geométrica do diâmetro das partículas primárias em mm, calculada de acordo com Shirazi & Boersma (1984), como:

$$Dg \text{ (mm)} = \exp. a, \text{ sendo } a = 0,01 \sum_{i=1} f_i \ln^3 m_i$$

Onde:

f_i = % das frações granulométricas das partículas de areia (areia grossa + areia fina), silte e argila;

ln = logaritmo natural;

m_i = média aritmética dos limites do diâmetro das partículas.

Em sua pesquisa Nolêto (2005) considerou a equação de Romkens *et al* (1987) a mais conveniente na estimativa da erodibilidade dos solos na sua área localizada no semiárido

cearense, em concordância Lourenço (2013) e Melo (2008), fizeram uso desse método apresentando as seguintes razões:

- a) rapidez na determinação dos valores de erodibilidade;
- b) exigência de um pequeno número de variáveis para seu emprego;
- c) facilidade de aquisição dos dados prontamente encontrados nos levantamentos de solos que, para o estado do Ceará estão disponíveis no estudo de Jacomine (1973);
- d) os resultados dos trabalhos de Silva (1994) indicam este método como o mais apropriado para a estimativa do fator K dos solos do Ceará.

Tendo essas razões, considerou-se esse método o mais apropriado a ser empregado na estimativa da erodibilidade da bacia do Médio Jaguaribe. A espacialização da erodibilidade nessa área está relacionada ao mapeamento das classes de solos presentes, pois os valores para esse parâmetro são diretamente dependentes das propriedades de cada solo. O resultado para cada associação de solo é a média ponderada calculada com base na erodibilidade média de cada perfil de solo e sua percentagem de ocorrência na associação. Com a determinação dos valores de erodibilidade das associações dos solos será utilizada as informações (Quadro 08) para atribuir as classes de erodibilidade encontradas na área de estudo.

Quadro 08 – Intervalos de (K) com respectivas classes e índices para a Fórmula Descritiva.

AMPLITUDES DE K	CLASSES DE ERODIBILIDADE	ÍNDICES
0,006 a 0,013	Muito Baixa	K1
0,014 a 0,021	Baixa	K2
0,022 a 0,029	Média	K3
0,030 a 0,037	Alta	K4
0,038 a 0,044	Muito Alta	K5

Fonte: Romkens *et al.* (1986); Shirazi *et al.* (1984); Romkens *et al.* (1997)

3.4.4 Determinação do Parâmetro Declividade Médias (DM)

A declividade do terreno é um fator extremamente importante no processo de escoamento superficial das águas pluviais, sendo essencial para uma avaliação de risco a erosão hídrica. Pode-se estabelecer que, para este fator, quanto maior a declividade da área, maior a vulnerabilidade ambiental.

As diferentes inclinações dos terrenos em relação a um eixo horizontal condicionam e repercutem em fatores como: as formas de relevo, potencialidades para uso agrícola, erosão, restrições para ocupação urbana, práticas e manejo conservacionistas. (SANTOS, 2004)

Araújo Júnior *et al.* (2002), esclarece que a declividade média do terreno é um parâmetro fundamental para o estudo de enchentes e a infiltração de água no solo. Determinando o escoamento das águas das chuvas e, quanto maior o declive, maior será o escoamento da água pela superfície e, conseqüentemente, maiores serão os riscos de erosão.

Para Beltrame (1994) o uso do parâmetro Declividade Média (DM) para caracterização das formas de relevo dos setores de uma bacia hidrográfica e obter os índices que irão compor a fórmula descritiva final para cada setor. A autora aplica a seguinte expressão:

$$DM = \frac{L.C.N \times E}{A}$$

A

Onde:

DM é a declividade média

L.C.N é a longitude das curvas de nível (por setores)

E é equidistância entre as curvas de nível

A é a área do setor

Para a determinação da declividade do Médio Jaguaribe, foi utilizado o *software ArcGis 10.1*, por meio do ambiente *ArcMap*, em seguida realizou-se o cálculo da área das classes de declividade por setores gerando o *TIN* que se trata de uma imagem, a qual teve que ser transformada em arquivo vetorial no formato *Shapefile*, possibilitando a efetivação do cálculo. A ferramenta utilizada para realização do procedimento citado é a “*3D Analyst Tools*”. Posteriormente, o arquivo vetorial de declividade é individualizado para possibilitar o cálculo

das áreas das classes de declividade. Os cálculos foram realizados baseados no uso de uma tabela de atributos, por meio da ferramenta “*Calculate Geometry*”.

A classificação dos tipos de relevo e declividade está de acordo com Lepsh *et al.* (1991) e o índice DM para a fórmula descritiva foi adaptado de Beltrame (1994), como mostra o quadro 09.

Quadro 09 - Classes de Relevo e Índices para o Parâmetro DM.

CLASSES DE RELEVO	DECLIVIDADE	ÍNDICE
Plano	<2%	DM ₁
Suave Ondulado	2 a 5%	DM ₂
Ondulado	5 a 10%	DM ₃
Muito Ondulado	10 a 15%	DM ₄
Forte Ondulado	15 a 45%	DM ₅
Montanhoso	45 a 70%	DM ₆
Escarpado	>70%	DM ₇

Fonte: Lepsh *et. al.* (1991) e Beltrame (1994).

3.4.5 Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)

O arranjo da rede de drenagem é um reflexo do conjunto de variáveis físicas, como: clima, relevo, solos, substrato rochoso e vegetação. De acordo com Botelho (1999), o estudo da rede de drenagem como um indicador ambiental para o planejamento de bacias ainda precisa ser explorado, é possível que as diferenças na distribuição da drenagem sejam bastante sutis e, portanto, difíceis de serem interpretadas.

No entanto, outros pesquisadores que trabalham com a temática sobre o comportamento da densidade de drenagem (DEMATTÊ & DEMÉTRIO, 1996; ROSSI & QUEIROZ NETO, 1996; MEIRELES & BOTELHO, 1997) têm revelado que este pode ser um parâmetro eficiente na verificação de ambientes distintos.

Dentre as características morfométricas de uma rede hidrográfica, a densidade de drenagem é a mais importante fornecendo indicações úteis que permitem analisar a capacidade

de infiltração dos solos que cobrem uma determinada área. Concomitante à avaliação da densidade de drenagem, obtêm-se o conhecimento do potencial da bacia e de seus setores, em permitir maior ou menor escoamento superficial da água (BELTRAME, 1994).

Segundo Christofolletti (1980), a densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com área da bacia hidrográfica. A relação foi definida por Horton (1945), citado por Christofolletti (1980), onde o valor da densidade de drenagem é obtido através da seguinte equação:

$$DD = Lt / A$$

Onde:

DD é a densidade de drenagem;

Lt é o comprimento total dos canais;

A é a área da bacia.

De acordo com Villela & Mattos (1975) esta relação é entendida como um importante indicador do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. Em um mesmo ambiente climático a atuação hidrológica nas rochas onde a infiltração da água é mais difícil, haverá melhores condições de formação de canais de escoamento superficial. O contrário se verifica onde a atuação hidrológica se dá em solos e rochas de fácil penetração, ou seja, em áreas cuja textura favorece a infiltração.

Em sua pesquisa Chavare (2011) entende que a densidade de drenagem é o comprimento total de todas as correntes e rios de uma bacia de drenagem dividida pela área total da bacia. A DD depende do clima e características físicas da bacia. A Permeabilidade do solo (dificuldade de infiltração) e o tipo de rocha subjacente afeta o escoamento em uma bacia; solo impermeável ou rocha exposta vai levar a um aumento no escoamento superficial da água e, portanto, para fluxos mais frequentes.

A classificação dos valores de densidade de drenagem e o índice atribuído para a fórmula descritiva foram apresentados por Beltrame (1994), baseado nos trabalhos de Villela e Mattos (1975), são representados no Quadro 10.

Quadro 10 – Classificação dos valores de Densidade de Drenagem com respectivo índice da Fórmula Descritiva.

VALORES DA DD (Km/Km ²)	CLASSES	ÍNDICE
Menor que 0,50	Baixa	DD ₁
De 0,50 a 2,00	Média	DD ₂
De 2,01 a 3,50	Alta	DD ₃
Maior que 3,50	Muito Alta	DD ₄

Fonte: Beltrame (1994)

3.4.6 Determinação do Parâmetro Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

De acordo com Beltrame (1994) a cobertura vegetal é tida como um fator de extrema importância na manutenção dos recursos naturais renováveis. Em suas palavras:

Além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica. p. 14

O efeito da vegetação sob a erosão dos solos se dá de acordo com a percentagem da cobertura vegetal, em uma área com alta densidade de cobertura vegetal o escoamento superficial das águas pluviais e a erosão ocorrem em taxas baixas, especialmente se houver uma cobertura de serrapilheira (camada de folhas em decomposição sobre o solo), que intercepta as gotas de chuva que caem através dos galhos e folhas (GUERRA, 2001).

Percebe-se, então, que quanto maior a densidade da cobertura vegetal, maior a proteção e conservação do solo (MELO, 2008). Portanto, uma análise da cobertura vegetal fornece de imediato o grau de proteção do solo aos processos erosivos, as informações acerca do grau da densidade da vegetação e sua espacialização em uma determinada área, geram um índice representativo das condições de proteção do solo, indispensável em qualquer programa ligado à conservação e planejamento ambiental.

Sousa (2007) e Araujo et al (2010) entendem a bacia hidrográfica enquanto uma unidade de gestão e a cobertura vegetal como uma parte integrante da paisagem em regiões semiárida, que ao longo dos anos vem sofrendo com os diversos impactos causados pelo

desmatamento, agricultura, pastagens e extrativismo. Esse processo acarreta o acúmulo de sedimentos nos corpos d'água, o que resulta no assoreamento e extermínio de biomas que se desenvolvem no decorrer dos mesmos.

Segundo Moreira (2001), na literatura são encontrados mais de cinquenta índices de vegetação, entretanto, os dois mais comumente usados são: Razão Simples (RVI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, conhecido como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Do ponto de vista matemático, esses dois índices apresentam equivalências funcionais, entretanto, o NDVI é mais sensível a vegetação esparsa do que o RVI.

O NDVI é uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores satelitários. Segundo Shimabukuro (1998), o NDVI é muito utilizado na estimativa de biomassa, na estimativa de cobertura vegetal e na detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura da terra. Com o uso desse processo é possível determinar a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área (quanto maior este índice de vegetação, mais densa é a fitomassa verde).

De acordo com Novo (1989), à proporção que aumenta a quantidade de vegetação verde, aumenta a reflexão na banda do infravermelho próximo e diminui a reflexão na banda do vermelho fazendo com que o aumento da razão seja potencializado, realçando assim a vegetação.

O NDVI é definido pela seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R})/(\text{NIR} + \text{R})$$

Onde:

NIR é Infravermelho próximo (0,75 – 0,90 μm);

R é o Vermelho (0,63 – 0,70 μm).

O NDVI tem uma relação direta com o vigor da vegetação, sendo assim, é possível o mapeamento de áreas com diferentes índices de cobertura vegetal e vigor de biomassa (SILVA, 2009).

Na aplicação do DFC, nos parâmetros referentes à vegetação, foi utilizado o NDVI como índice de cobertura vegetal, considerando a diferença entre os anos de 1992 a 2018 com intuito de analisar a variação ocorrida na vegetação como no aspecto fisionômico e de variações espaciais identificando o grau de degradação ocorrido.

Com o objetivo de adequar os índices de vegetação a fórmula descritiva do diagnóstico físico conservacionista do Médio Jaguaribe, os valores foram invertidos de modo que o nível

[1] passou a representar as melhores condições de cobertura vegetal e o nível [5] as piores condições, os níveis foram identificados por classes atribuídas (Quadro 11).

Quadro 11 – Classes de Cobertura Vegetal e Índice (ICV).

CLASSES DE ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL	ÍNDICES ICV
Alto	ICV ₁
Moderadamente Alto	ICV ₂
Médio	ICV ₃
Moderadamente Baixo	ICV ₄
Baixo	ICV ₅

Fonte: Adaptado de Lourenço (2013).

4 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE

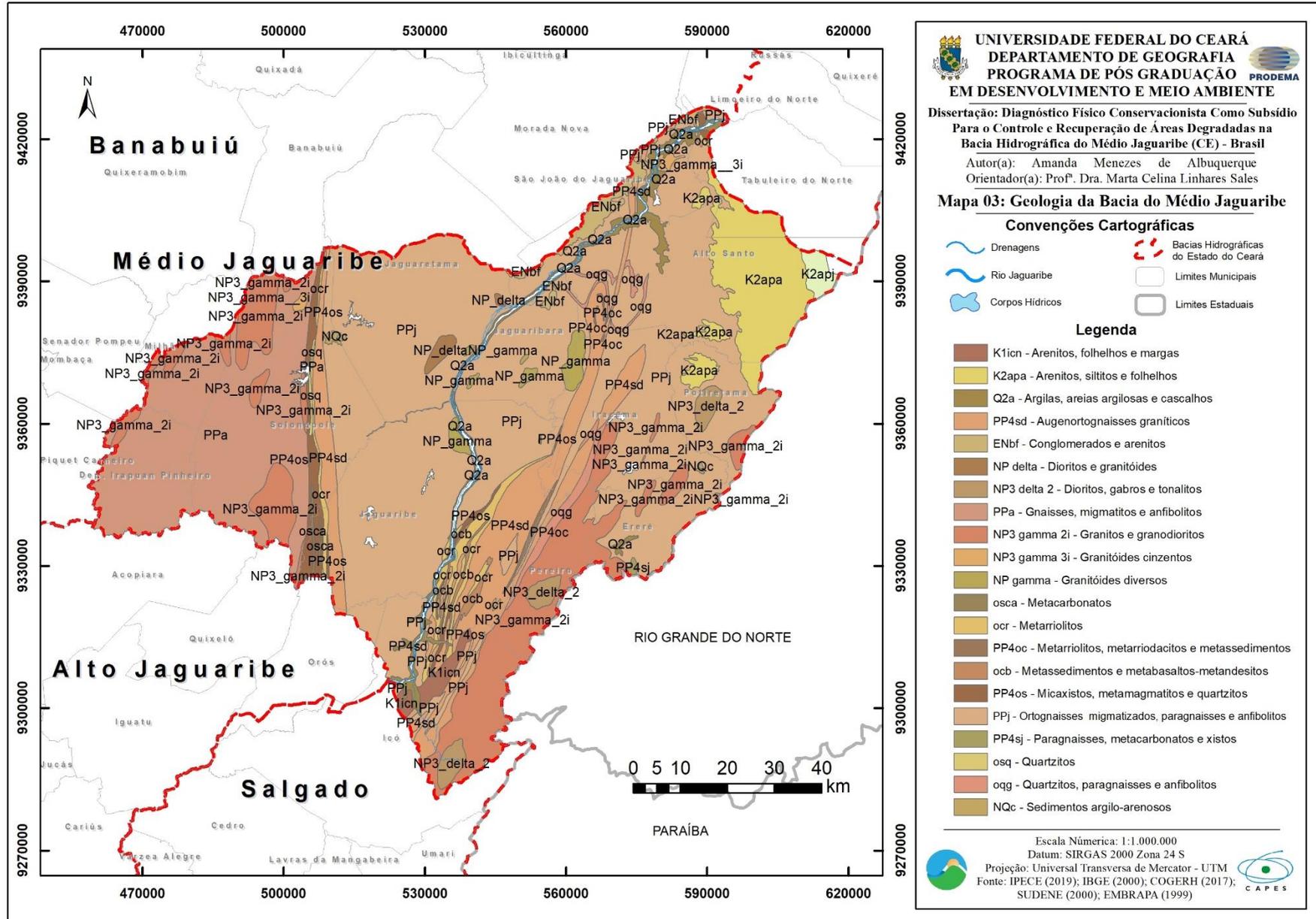
4.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

As formações geológicas apresentam características que guardam uma relação direta com as formas de escoamento das águas na bacia, além das ligações com os componentes geomorfologia, hidrologia e pedologia. Entende-se a partir de Souza (2007), que os reflexos geológicos incidem igualmente sobre a grande diversidade de solos e disponibilidade de recursos hídricos de superfície e subsuperfície como também no quadro fitoecológico local e nas potencialidades dos recursos naturais disponíveis.

De modo geral, é possível identificar na bacia três feições de relevo: as Planícies Fluviais, que são formas resultantes das deposições fluviais e representadas pelas vazantes e várzeas constituídas de terras planas que se estendem por ambas as margens dos rios; a Depressão Sertaneja, predominante na área, resultado de um acentuado processo erosivo, sob condições de clima semiárido, com relevo variando de suave ondulado a ondulado; e os Maciços Residuais, que se referem às serras cristalinas, predominando o relevo forte ondulado. Portanto, apresenta uma superfície de aplainamento conservada e moderadamente dissecada em colinas rasas e interflúvios tabulares com níveis altimétricos variando entre 200 m e 400 m. (COGERH, 2019).

Predomínio de rochas do embasamento cristalino (88,56%) representadas por gnaisses e migmatitos diversos, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição granítica e idade Pré-Cambriana. Sobre esse substrato repousam os sedimentos (11,44%) cretáceos da Bacia Sedimentar do Apodi (Formações Açu e Jandaíra), terciários do Grupo Barreiras, coberturas tercióquaternárias, que afloram sob a forma de manchas esparsas, ao longo da região, e coberturas aluviais, de idade quaternária, encontradas ao longo dos principais cursos d'água. (Mapa 03)

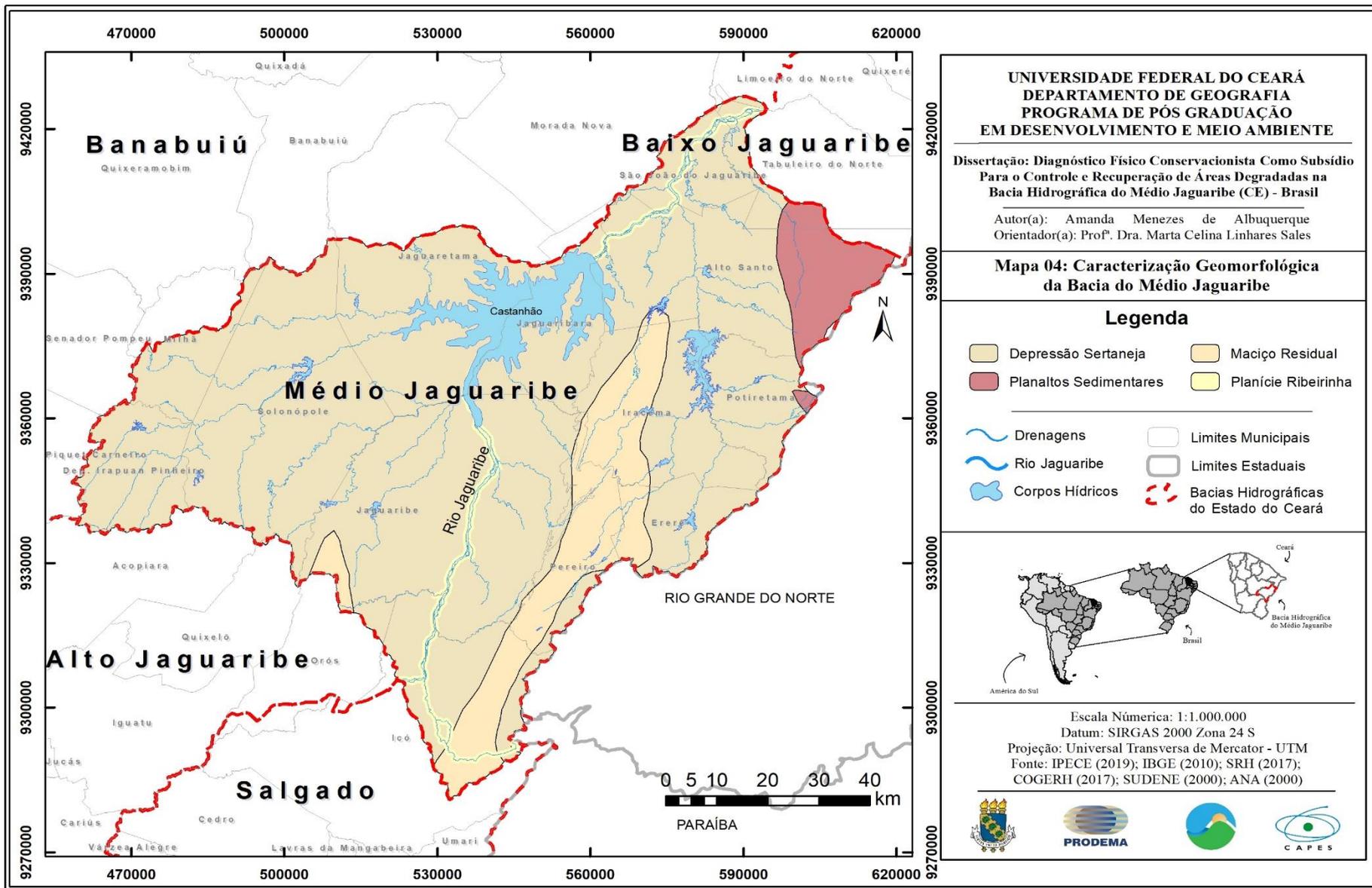
Mapa 03 – Geologia da bacia do Médio Jaguaribe.



Os aspectos geomorfológicos evidenciam a atuação dinâmica dos fatores geológicos, paleoclimáticos e morfodinâmicos atuais e pretéritos que ocorreram na área, ao longo de sua evolução geoambiental. Predomínio de processos morfogenéticos, com as condições climáticas locais associadas ao regime de escoamento superficial, ao relevo e a cobertura vegetal, representam os principais agentes desnudacionais, em detrimento aos processos químicos, associados a climas mais úmidos (COSTA, 2004).

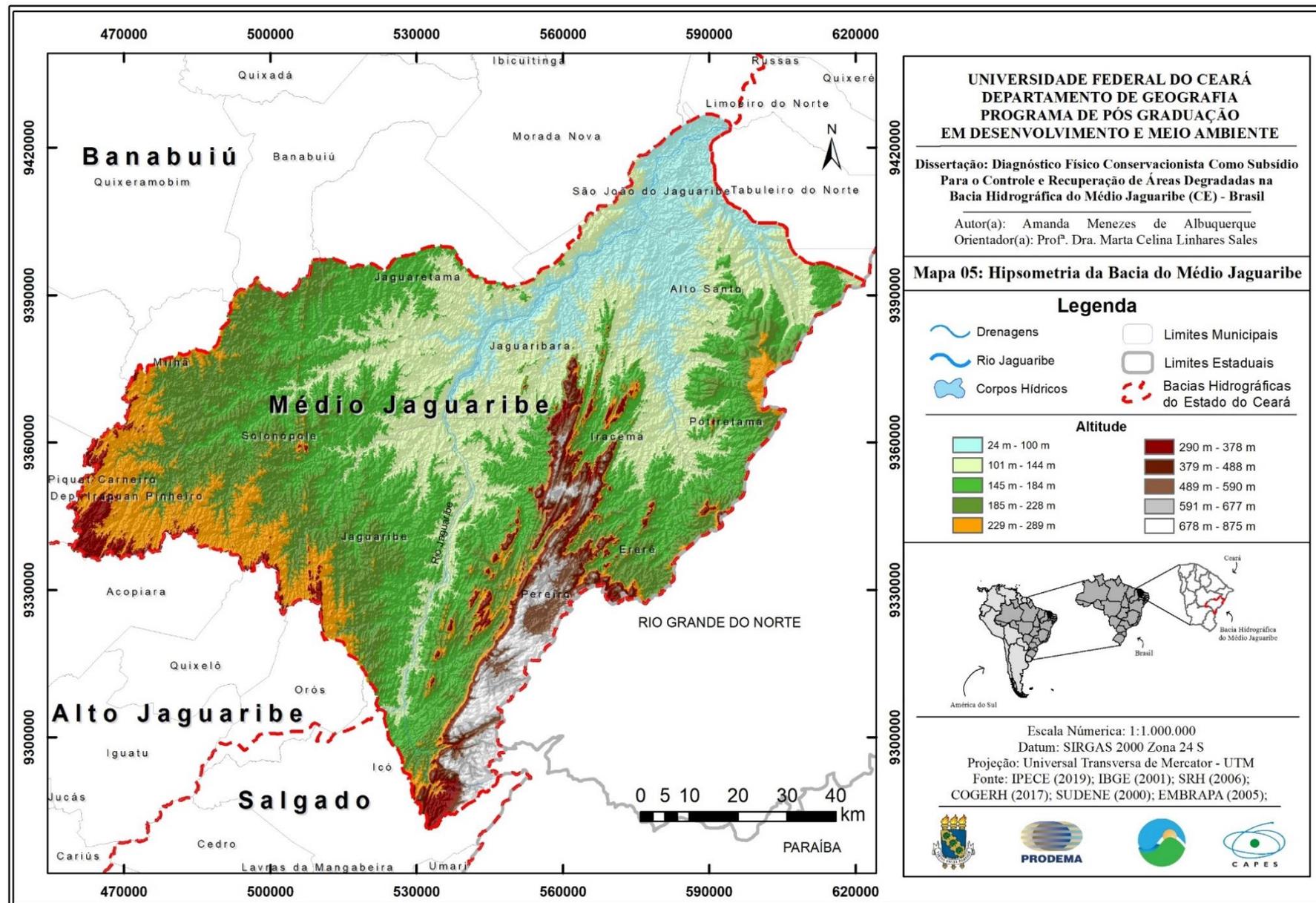
Na região apresenta relevo bastante diversificado, resultado da grande extensão da bacia abrangendo diversos tipos de formações geológicas presentes no estado do Ceará, a maior parte de sua área é representada pelas unidades geomorfológicas da depressão sertaneja e pelos maciços residuais (Mapa 04 e 05). As declividades do terreno não ultrapassam os 15° (graus) em sua maior parte. Contudo, nota-se variações mais acentuada entre 30° e 60° em diversos pontos espalhados pela bacia. A depressão sertaneja apresenta superfície plana elaborada por processos de pediplanação, estendendo-se no Ceará, para norte e leste até faixa costeira onde alcança a planície litorânea e limitando-se a oeste com o Planalto da Ibiapaba. Sua continuidade é interrompida pelos níveis elevados dos Planaltos Residuais. Do ponto de vista geológico, há uma ampla predominância de rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses migmatíticos e granitos, aos quais se associam restos de supracrustais, sob a forma de estreitas faixas preenchidas por xistos, quartzitos, metacalcários e anfibolitos. Ocorrem manchas isoladas em áreas de coberturas recentes formadas por sedimentos detríticos conglomeráticos, arenosos a argilosos, de espessuras bastante reduzidas e aluviões.

Mapa 04 – Geomorfologia da bacia do Médio Jaguaribe.



Fonte: Elaborado pela autora.

Mapa 05 – Hipsometria da bacia do Médio Jaguaribe.



4.2 Aspectos Hidrogeológicos

O Sistema Hidrogeológico Fissural também denominado de Cristalino possui características hidrogeológicas que dependem dos fatores tectônicos dúcteis e/ou rúpteis. Com a predominância do rúptil, pode-se observar o surgimento de fraturas e/ou falhas responsáveis pelo armazenamento e circulação das águas subterrâneas e, a partir daí sua expressão como aquífero. Sua porosidade e permeabilidade primárias são consideradas praticamente nulas. Um aquífero livre somente nas zonas fraturadas, que são potencialmente capazes de terem armazenamento e circulação de água, com porosidade e permeabilidade secundárias por faturamento (CEARÁ, 2010).

A bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe apresenta dois sistemas aquíferos: o das rochas sedimentares (porosos e aluviais) e o das rochas cristalinas (fissurais). As rochas sedimentares se caracterizam como mais importantes por possuírem uma porosidade primária e, nos termos arenosos, uma elevada permeabilidade, traduzindo-se em unidade geológicas com excelentes condições de armazenamento e fornecimento d'água. Os cristalinos (fissurais) apresentam um baixo potencial, pois se encontram inseridos em áreas de rochas do embasamento cristalino, zonas de fraturas, os únicos condicionantes da ocorrência d'água nestas rochas. A recarga destas fraturas se dá através dos rios e riachos que estão encaixados nestas estruturas, o que ocorre somente no período chuvoso.

A quantificação e caracterização das captações de água subterrânea na bacia são geradas a partir da sistematização do cadastro dos pontos d'água da CPRM e nos cadastros de poços da Funceme, Sohidra, Cogerh, DNOCS, Funasa, SDR e empresas privadas, até 2009, mostram a existência de 929 pontos d'água, sendo: 876 poços tubulares; 52 poços amazonas; e 1 fonte natural captando água tanto em rochas sedimentares como cristalinas. (Tabela 04)

Tabela 04 – Caracterização das captações de água subterrânea.

MUNICÍPIO	POÇOS TABULARES	POÇOS AMAZONAS	FONTES NATURAIS	TOTAL
Alto Santo	103	5	-	108
Dep. Irapuan Pinheiro	52	8	-	60
Ererê	58	5	-	63
Icó	34	1	-	35
Iracema	67	14	-	81
Jaguaretama	81	5	-	86
Jaguaribara	42	1	1	44
Jaguaribe	111	2	-	113
Limoeiro do Norte	1	-	-	1
Milhã	73	1	-	74
Orós	3	-	-	3
Pereiro	34	1	-	35
Potiretama	43	-	-	43
São João do Jaguaribe	36	-	-	36
Solonópole	82	9	-	91
Tabuleiro do Norte	56	-	-	56
TOTAL GERAL	876	52	1	929

Fonte: Cordeiro et al (2009)

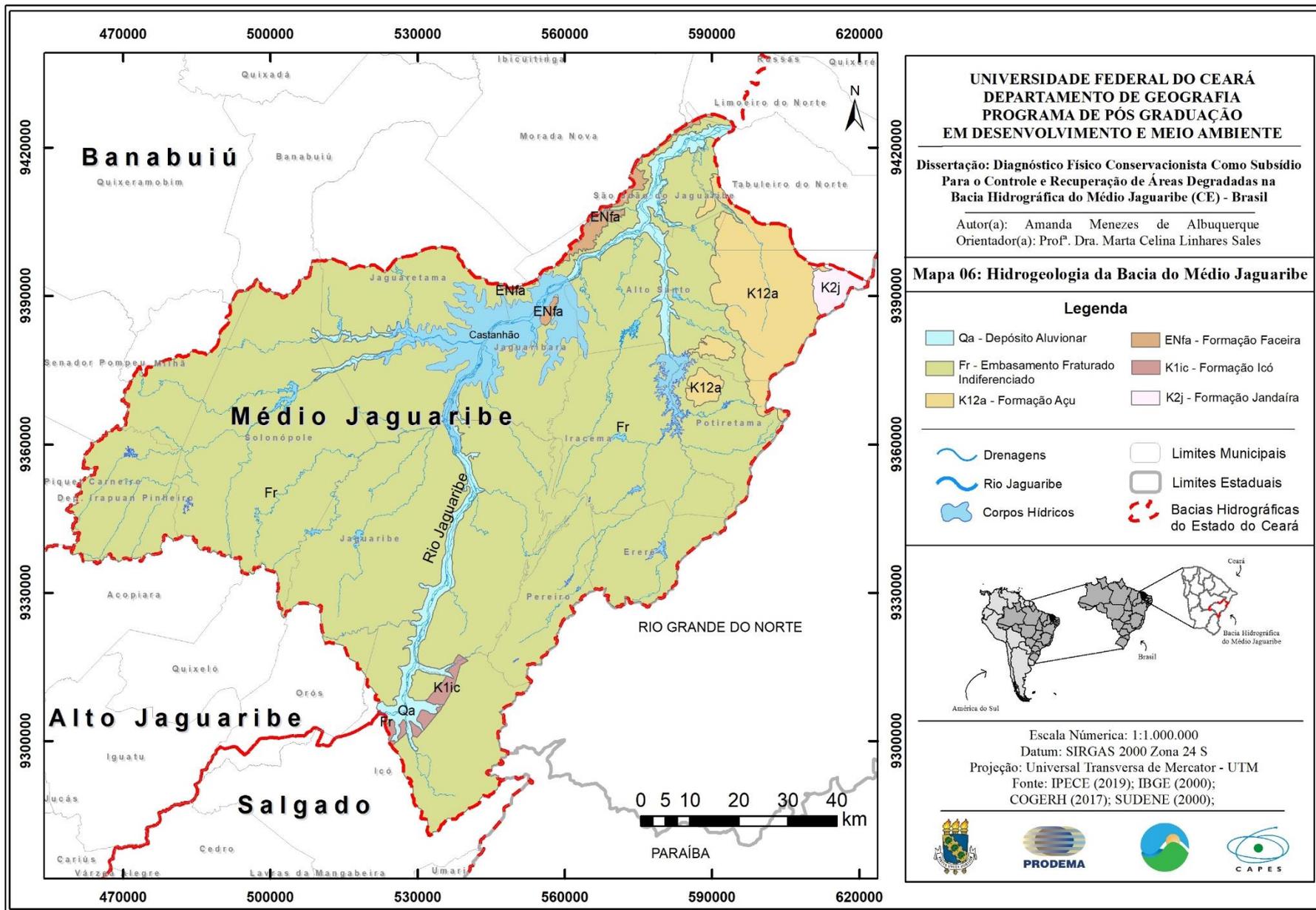
Segundo o INESP (2009) a grande maioria das captações (94,29%) da bacia é representada por poços tubulares são eles que possuem mais dados técnicos (profundidade,

vazão e qualidade d'água) disponibilizados e, portanto, os que podem caracterizar os aquíferos da bacia do Médio Jaguaribe. Os 876 poços tubulares estão distribuídos por toda área e captam água dos seguintes aquíferos: porosos (13,01%), aluviais (23,63%) e fissurais (63,36%).

Os aquíferos porosos (114 poços) estão representados na área principalmente pelos arenitos da Bacia Sedimentar do Apodi (Formação Açu), do total destes poços 89,47% possuem informação sobre profundidade, com uma média de 70,33 m e 71,05% destes poços com profundidade maior ou igual a 60,00m (INESP, 2009). Os aquíferos aluviais (207 poços) estão representados por depósitos sedimentares areno-argilosos recentes ao longo dos rios e riachos e representam os principais aquíferos da bacia, altamente relevante do ponto de vista hidrogeológicos principalmente para o abastecimento das populações difusas.

Os aquíferos fissurais (fraturados) representados por rochas do embasamento cristalino pré-cambriano ocupam 88,56% da área apresenta significativa importância para o abastecimento das populações interioranas. O sistema aluvionar ocorre bordejando, especificamente, os leitos principais dos rios do médio curso do rio, possuindo larguras variáveis e sendo composto por cascalhos, areias grossas e médias, siltes e argilas em proporções variadas. Particularmente, consistem em uma opção como manancial, com alta permeabilidade dos terrenos arenosos compensa as pequenas espessuras, o que produz vazões significativas na área de estudo. (Mapa 06)

Mapa 06 – Características hidrogeológicas da bacia do Médio Jaguaribe.



4.3 Aspectos Hidroclimáticos

O clima, conforme Jurca (2005) é resultado de um processo complexo entre todos os componentes terrestres (relevo, vegetação, hidrografia, tipos de solos, etc.) em uma expressiva variabilidade espaço temporal, sendo um elemento definidor na organização do espaço e um fator configurador de um lugar, como se observa no semiárido nordestino. Caracterizado em maior abrangência pela circulação geral da atmosfera é resultante do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e também das características topográficas sobre os continentes (FERREIRA & MELLO, 2005).

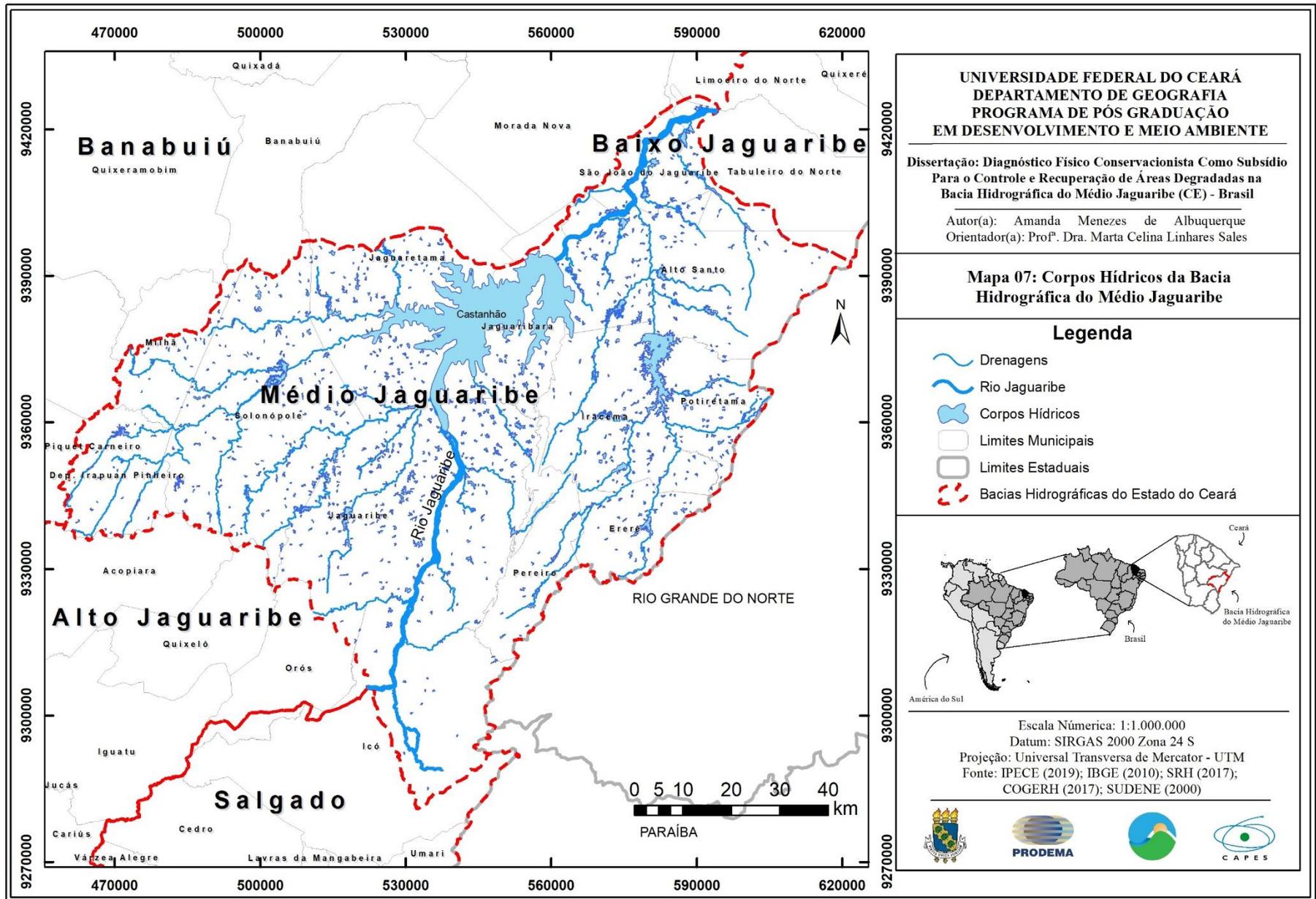
Nessa perspectiva, Zanella (2007) esclarece que a análise das condições climáticas de uma região é de suma importância, já que o clima reflete nos processos e formas geomorfológicas no regime dos rios, influenciando ainda na disponibilidade dos recursos hídricos, na formação dos solos e na distribuição da cobertura vegetal. Conforme a autora, as condições climáticas do Estado do Ceará são muito complexas e variáveis estando relacionadas com a interação de diferentes centros de ação e sistemas atmosféricos que atuam na região com os fatores regionais e locais.

Nos últimos anos a água tem sido gradativamente reconhecida como um recurso escasso em escala mundial, entretanto, deve-se fazer a distinção entre as causas de sua escassez, sejam referentes as limitações qualitativas no uso da água (poluição), quantitativas, ao desenvolvimento econômico e ao seu uso ineficiente (PEREIRA, 1999).

A consolidação da oferta hídrica do Médio Jaguaribe engloba 6 (seis) dos seus 13 (treze) principais reservatórios, aqueles que possuem capacidade maior que 1 milhão de metros cúbicos, tendo em vista que os açudes com capacidade inferior a este valor têm como principal função a acumulação de volumes de água que ficam estocados, após a estação chuvosa (de fevereiro a maio), para serem depois utilizados na estação seca (demais meses) do mesmo ano. Não servem, no entanto, como reservas interanuais, pois, quando da ocorrência de anos secos consecutivos, tais reservatórios não apresentam volumes para o atendimento às demandas (SRH, 2009).

Assim, observa-se a bacia do Médio Jaguaribe enquanto uma importante reserva hídrica estratégica para o estado do Ceará, apresentando corpos hídricos monitorados pelo estado em seu território e que oferecem uma acumulação hídrica importante para o planejamento dessa região. (Mapa 07).

Mapa 07 – Corpos hídricos da Bacia do Médio Jaguaribe.



Os sistemas de transferência de água nesta área englobam dois trechos, dos Eixos Orós-Feiticeiro e Castanhão-Curral Velho e 216,59 Km de perenização de trecho de rio (COGERH, 2008). Algumas características estão listadas na Tabela 05.

Tabela 05 - Características das adutoras.

EIXO	MUNICÍPIOS	FONTE HÍDRICA	EXTENSÃO (Km)
Orós – Feiticeiro	Orós e Jaguaribe	Açude Orós	18,22
Castanhão – Curral Velho	Jaguaribara – Alto Santo – Morada Nova	Açude Castanhão	53,60

Fonte: COGERH (2016)

O Médio Jaguaribe apresenta representativa heterogeneidade na distribuição espaço-temporal da precipitação e no escoamento de suas águas. Com diferentes características para os municípios que a compõem (INESP, 2009).

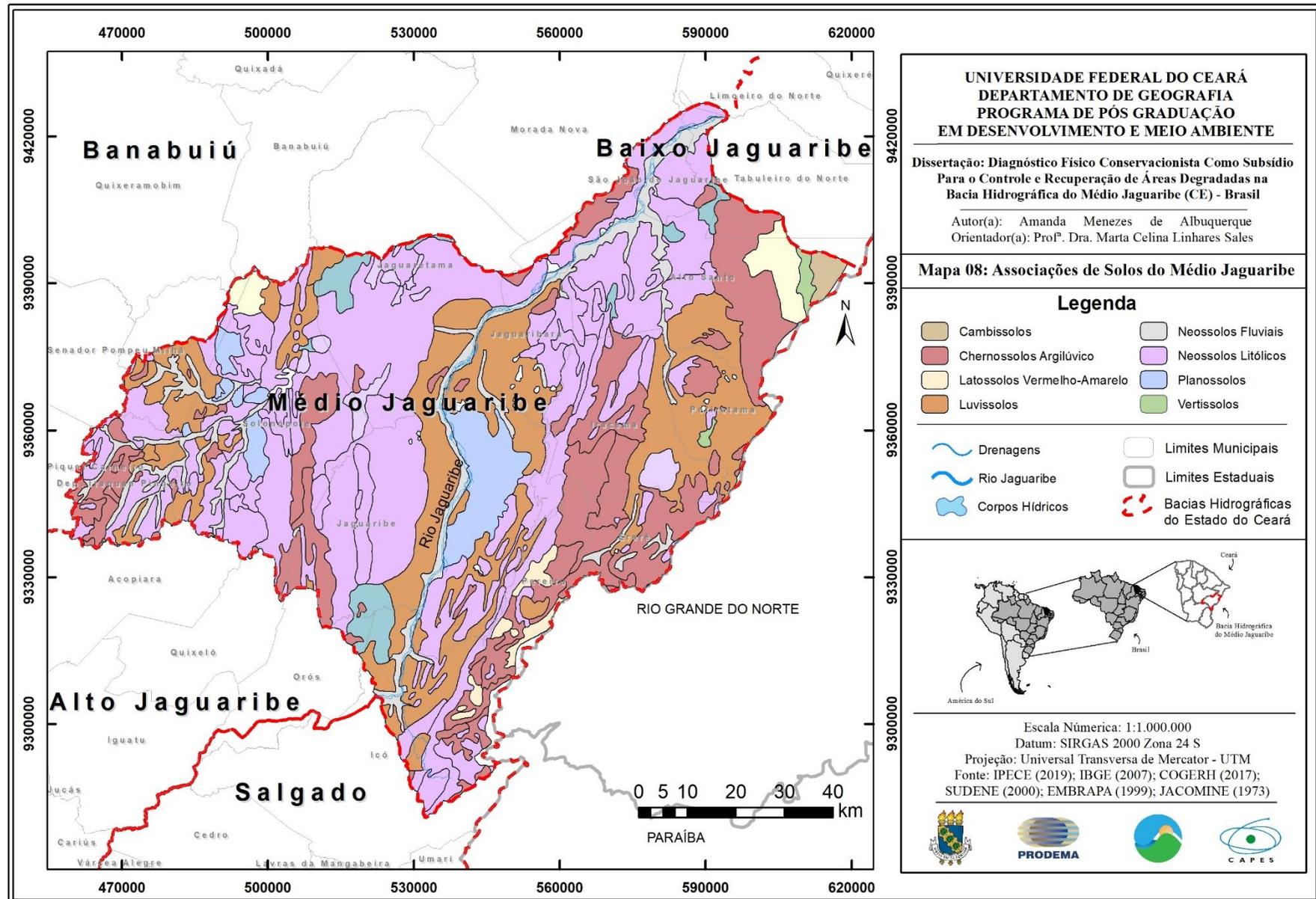
4.4 Aspectos Pedológicos

Conforme Pereira e Silva (2007), no Estado do Ceará os solos evidenciam-se com uma tipologia bastante variada, em que a atividade bioclimática é pouco intensa e o intemperismo físico atuante. Estes solos estão, em sua maioria, inseridos em região de clima semiárido grande parte de evolução mais fraca (solos jovens ou pouco evoluídos) e em geral apresentam boa fertilidade natural, pouco profundos e rasos com presença de alta pedregosidade e afloramentos rochosos. Encontram-se diretamente influenciados com as características de baixas precipitações pluviométricas irregularmente distribuídas e elevada evaporação, isso associado a uma vegetação natural de caatinga, grande prevalência de rochas cristalinas e relevo aplainado.

Da ação combinada dos fatores de formação do solo que determinam os processos pedogenéticos (adições, perdas, transformações e transportes), os quais agem no material de origem, resultam os horizontes do solo que se sucedem verticalmente em perfis, formado também pelo material mineral subjacente e o manto superficial de resíduos orgânicos. (FUCK JÚNIOR, 2008).

Na bacia ocorrem aluviões do rio Jaguaribe, os solos Neossolos Flúvicos, resultantes dos sedimentos Cenozóicos do período Quaternário (recentes), com grande potencial agrícola; os solos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, ao norte da área, decorrentes dos sedimentos Mesozóicos do Grupo Apodi, os quais são agricultáveis, com o uso de fertilizantes e correção de acidez; e os solos resultantes de rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, dos quais cita-se os Neossolos Litólicos Distróficos, rasos e com baixíssimo potencial agrícola, os Luvisolos, medianamente profundos e moderadamente ácidos, porém pedregosos e susceptíveis à erosão e os Argissolos Eutróficos, solos medianamente profundos e com grande potencial agrícola (Mapa 08). Os tipos predominantes de vegetação são a Caatinga Arbustiva Aberta (maior área da bacia) e a Caatinga Arbustiva Densa, além da Mata Ciliar, bastante degradada, que margeia parte do leito do rio Jaguaribe.

Mapa 08 – Associações de solos da bacia do Médio Jaguaribe.



5 DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA (DFC) DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE

A seleção de parâmetros é com base em sua capacidade potencial de contribuir para a degradação dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica. É necessário ressaltar, que os fatores antrópicos exercem influência no estado de conservação física em que se encontra determinada área.

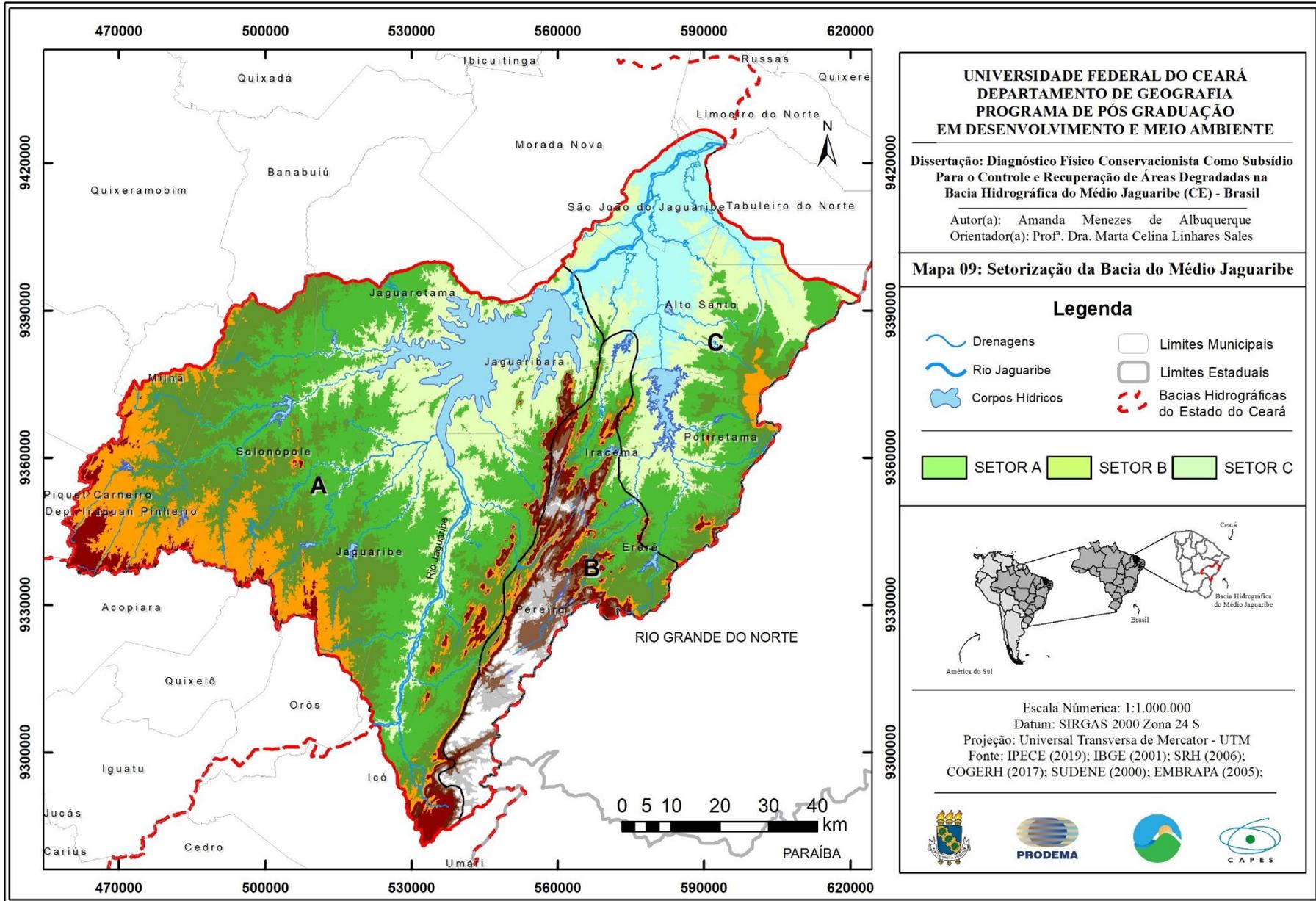
Para a determinação do diagnóstico físico conservacionista na bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe, foram selecionados parâmetros potenciais de proteção ou de degradação dos recursos naturais renováveis, sendo eles: índice climático (IC) (pluviometria, balanço hídrico e índice climático dos setores); erosividade da chuva (R); erodibilidade do solo (K); declividade média (DM); densidade de drenagem (DD); índice de cobertura vegetal (ICV).

5.1 Setorização da bacia

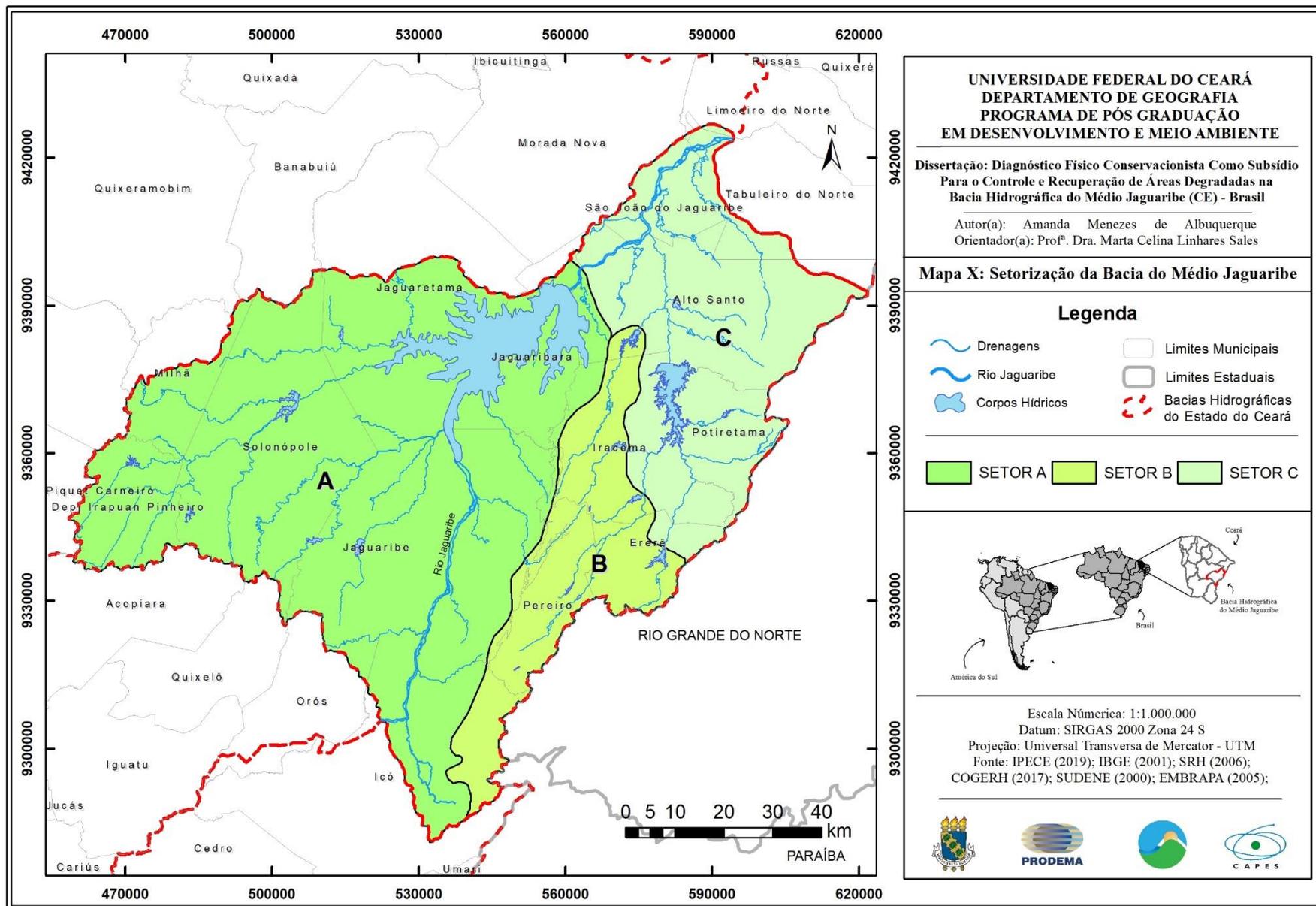
Conforme Beltrame (1994), a setorização da bacia ou microbacia é considerada com base em uma divisão teórica da área em setores menores, a fim de se definir o setor com maior risco de degradação e que deve ter prioridade na iniciação dos trabalhos práticos do planejamento ambiental e conservacionista. Para Ferretti (2003), a setorização é um fator fundamental para que os resultados adquiridos após a aplicação do diagnóstico físico conservacionista seja a mais real possível. Através da análise do perfil longitudinal da área selecionada e de imagens Landsat, percebem-se as diferenças dos sistemas ambientais e do uso dos recursos naturais ao longo da região. (Mapa 09).

A área da bacia foi dividida em três setores: o setor A que apresenta limites altimétricos de 56 a 742 metros; o setor B com limites de 76 a 875 metros; e o setor C com altitudes de 29 a 543 metros.

Mapa 09 –Setorização da Bacia do Médio Jaguaribe com hipsometria.

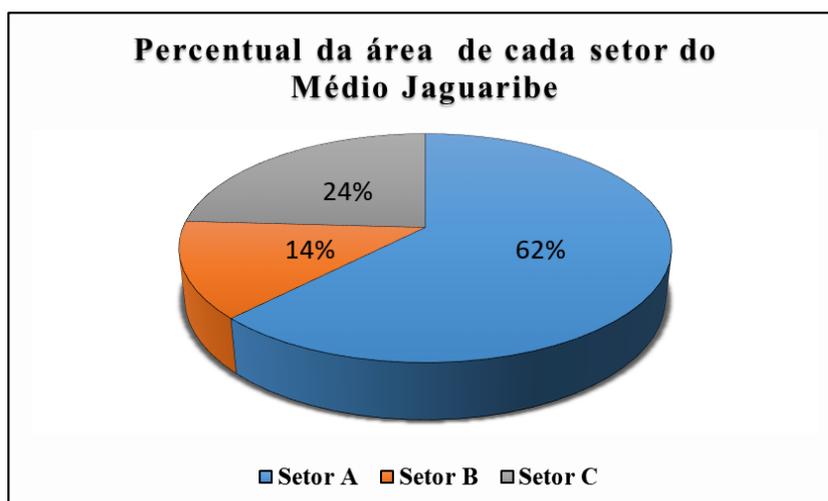


Mapa 10 –Setorização da Bacia do Médio Jaguaribe.



A bacia do Médio Jaguaribe apresenta-se uma área de 10.352,30 km² configurados em unidades sistêmicas da depressão sertaneja, maciços residuais e planícies fluviais com classes de relevo predominantes: plano, suave ondulado e forte ondulado. A delimitação foi efetivada a partir de informações hipsométricas dos divisores d'água e disposição dos canais fluviais, a espacialização dos setores resultou como produto final a divisão em três sub-bacias ou como denominamos nesta pesquisa de setores A, B e C. O gráfico 02 traz a distribuição das áreas dos setores em porcentagem.

Gráfico 02 – Percentual da área de cada setor da bacia do Médio Jaguaribe.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O setor A possui uma área de 6.448,67km² o que equivale a 62,29% da bacia, conseqüentemente, abrangendo maior número de municípios e correspondendo as áreas a montante do Rio Jaguaribe, além da inserção do açude Castanhão em sua totalidade. O setor B apresenta uma área de 1.408,55km² correspondendo a 13,60% da área total representando a menor área dentre os três setores e o que apresenta maiores cotas e variabilidade altimétricas (aproximadamente 799 m). O setor C representa uma porção de 2.495,08 km² consistindo em 24,10% da área da bacia, nele localiza-se o trecho perenizado do Rio Jaguaribe após a retenção do curso no açude Castanhão.

5.2 Índice Climático (IC)

A análise do índice climático (IC) da bacia do Médio Jaguaribe deu-se por meio da relação entre o índice efetivo de umidade (Im) e o número de meses secos (Ms). O produto da relação entre esses dois índices chamamos de nível de severidade do clima.

As classes de IC encontradas na área é Muito Baixo (73,81%) e Baixo (26,19%) especializadas no mapa 11 apresentando as classes de severidade do clima da bacia. Os índices climáticos obtidos pelo método de Thornthwaite e Mather (1957) são evidenciados na Tabela 06 .

Mapa 11 - Severidade do Clima da bacia Médio Jaguaribe

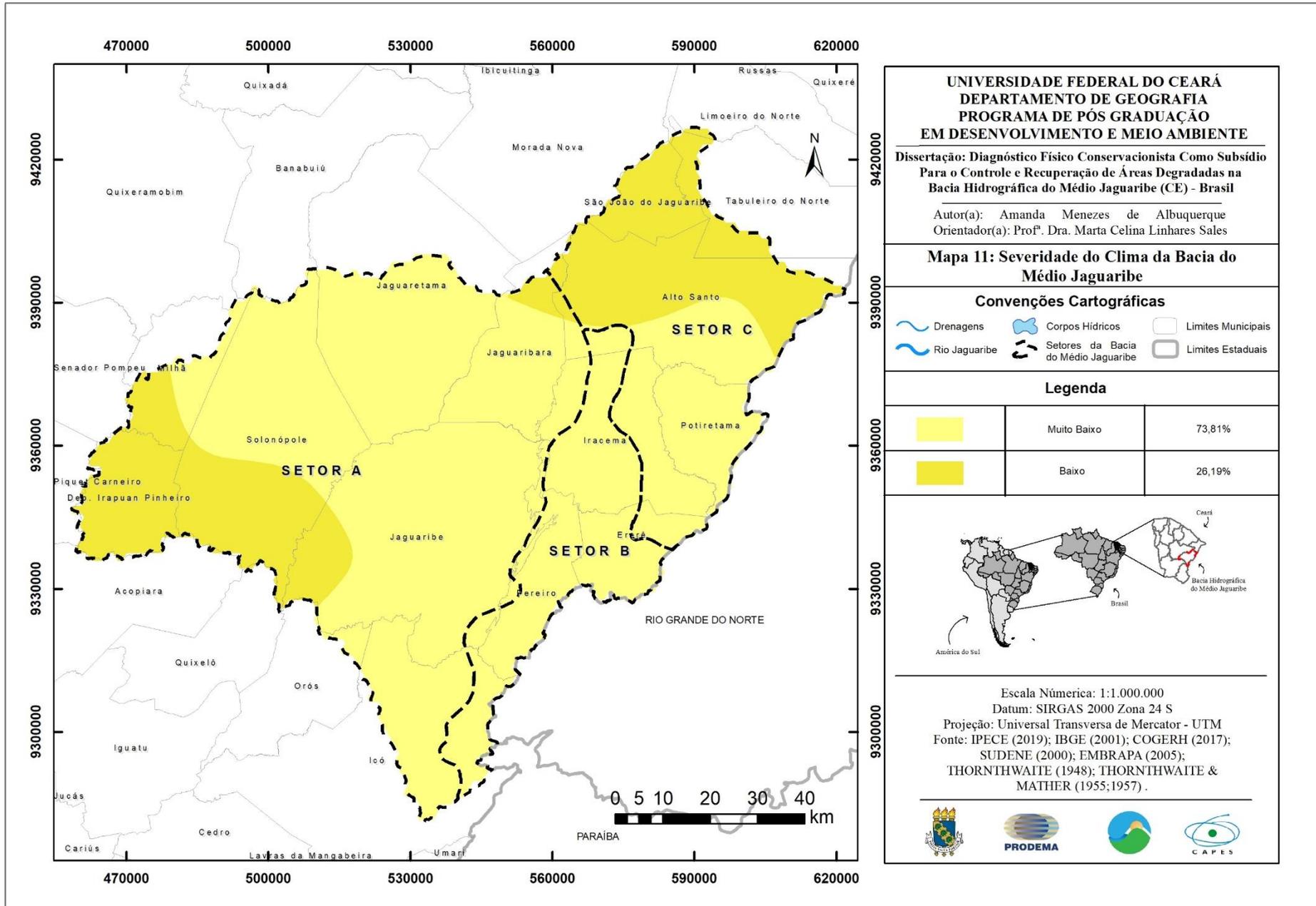


Tabela 06: Índices climáticos obtidos pelo método Thornthwaite & Mather (1957).

Postos	Índice de Umidade (Iu)	Índice de Aridez (Ia)	Índice de Aridez (Ia) UNEP	Índice Efetivo de Umidade (Im)	Número de Meses Secos (Ms)
Peixe Gordo	16,71	79,36	0,37	-62,65	7
São João do Jaguaribe	14,9	80,03	0,34	-65,14	7
Alto Santo	17,96	78,43	0,39	-60,47	7
Potiretama	16,56	79,02	0,37	-62,46	7
Jaguaribara	15,13	79,62	0,35	-64,49	7
Iracema	18,91	74,33	0,44	-55,42	7
Jaguaribe	16,65	80,27	0,36	-63,62	7
Pereiro	23,59	71,1	0,52	-47,51	6
Tomé Vieira	16	78,39	0,37	-62,39	7
Erere	20,03	75,44	0,44	-55,4	7
Deputado Irapuã Pinheiro	15,77	78,41	0,37	-62,44	7
Solonópole	16,33	77,66	0,38	-61,33	7
Jaguaretama	18,6	75,4	0,43	-56,8	7

Fonte: Elaborado pela autora.

A definição dos índices climáticos foi realizada para a área total da bacia, no cálculo é estipulada a média ponderada do parâmetro IC (Tabela 07).

Tabela 07: Média ponderada do índice de severidade do clima dos setores da bacia do Médio Jaguaribe.

Índice de Severidade de Clima	Índice	Setor A (Km ²)	Setor B (Km ²)	Setor C (Km ²)
Muito Baixo	IC1	5.051,73	1.407,99	1.181,70
Baixo	IC2	1.396,94	0,56	1.313,38
Médio	IC3	-	-	-
Alto	IC4	-	-	-
Muito Alto	IC5	-	-	-

Média Ponderada	1,22	1,00	1,53
Índice para fórmula descritiva	IC_{1,22}	IC_{1,00}	IC_{1,53}

Fonte: pesquisa direta, Amanda Menezes de Albuquerque, 2020.

5.3 Erosividade das Chuva (R)

O cálculo do índice de erosividade da chuva (R) foi realizado a partir de dados de precipitação mensal de postos pluviométricos. Com base nos dados de precipitações médias mensais e anuais, referente ao período de 1992 a 2019, foi calculado o potencial erosivo da chuva. A tabela 08 detalha os valores de erosividade mensal e anual referentes aos postos pluviométricos selecionados.

Tabela 08 - Erosividade da chuva (R) mensal e anual referente aos postos pluviométricos.

Postos	Erosividade mensal (Mj.mm/ha.h)												Erosiv. Anual (Mj.mm/ha.h.ano)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Peixe Gordo	600	782	1370	1160	350	164	62	11	0	4	1	24	4528
São João do Jaguaribe	707	727	1147	1017	505	145	38	12	0	3	1	8	4310
Alto Santo	869	698	1238	1310	492	132	27	4	0	1	1	46	4818
Potiretama	558	858	1269	1275	502	145	31	1	0	2	5	21	4667
Jaguaribara	435	749	1363	1183	560	145	19	2	0	0	2	36	4494
Iracema	615	891	1217	1368	691	207	72	12	0	1	5	32	5111
Jaguaribe	689	631	1435	1165	510	72	26	5	0	5	4	28	4570
Pereiro	663	960	1576	1454	786	185	119	7	2	5	5	60	5822
Tomé Vieira	556	682	1343	1114	660	151	42	2	0	0	3	29	4582
Erere	667	944	1241	1420	739	110	35	10	0	0	19	42	5227
Deputado Irapuã Pinheiro	553	791	1140	1102	629	177	43	4	0	0	2	39	4480
Solonópole	592	555	1301	1134	812	102	46	5	0	5	9	45	4606
Jaguaretama	560	673	1447	1285	635	197	79	8	0	2	7	61	4954

Fonte: pesquisa direta, Amanda Menezes de Albuquerque, 2020.

Ao analisarmos o resultado observamos que os maiores valores de erosividade acontecem entre os meses fevereiro a maio, período de atuação da Zona de Convergência Intertropical –ZCIT, concomitante com maiores taxas de precipitação.

Diante dos valores mínimos e máximos obtidos do índice de erosividade anual dos postos pluviométricos, foram estabelecidos cinco intervalos de igual amplitude atribuindo-os ponderação e designação de classes (Tabela 09). Considerou-se que o peso para cada classe sugere o índice definido na fórmula descritiva do DFC, a classificação da erosividade obtida nos postos pluviométricos está representada na tabela 10.

Tabela 09 - Intervalos de R com respectivas classes e índices utilizados na fórmula descritiva.

Intervalos de R (Mj.mm/ha.h.ano)	Classes	Índices da fórmula descritiva
$R \leq 4615$	Baixa	R ₁
$4614 < R \leq 4916$	Moderadamente Baixa	R ₂
$4917 < R \leq 5219$	Média	R ₃
$5220 < R \leq 5522$	Moderadamente Alta	R ₄
$5523 < R < 5825$	Alta	R ₅

Fonte: Adaptado de Nôleto (2005).

Tabela 10 - Classes de erosividade e índice R para fórmula descritiva, obtida com referência nos postos pluviométricos.

Postos	Erosividade (Mj.mm/ha.h.ano)	Classes	Índice R para fórmula descritiva
Peixe Gordo	4528	Baixa	R ₁
São João do Jaguaribe	4310	Baixa	R ₁
Alto Santo	4818	Moderadamente Baixa	R ₂
Potiretama	4667	Moderadamente Baixa	R ₂
Jaguaribara	4494	Baixa	R ₁
Iracema	5111	Média	R ₃
Jaguaribe	4570	Baixa	R ₁
Pereiro	5822	Alta	R ₅
Tomé Vieira	4582	Baixa	R ₁
Erere	5227	Moderadamente Alta	R ₄
Deputado Irapuã Pinheiro	4480	Baixa	R ₁

Solonópolis	4606	Baixa	R ₁
Jaguaretama	4954	Média	R ₃

Fonte: Elaborado pela autora.

Foram encontradas as classes Baixa, Moderadamente Baixa, Média, Moderadamente Alta e Alta. A espacialização das classes de erosividade podem ser observados no mapa 11.

Na determinação do índice de erosividade (R) dos setores efetuou-se a média ponderada considerando o tamanho da área de cada classe de erosividade (Tabela 11).

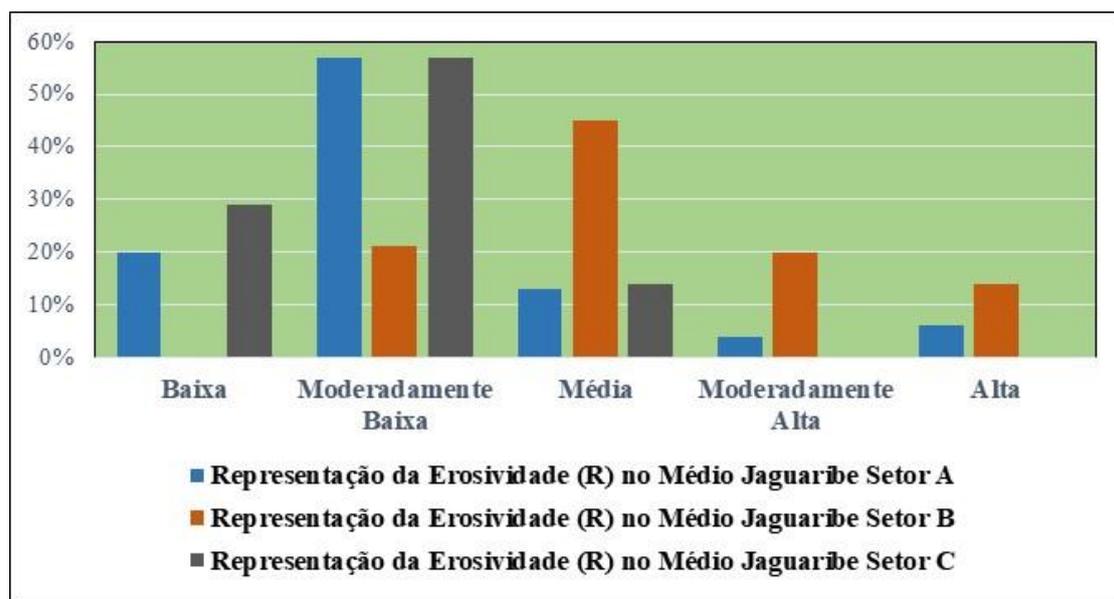
Tabela 11 - Erosividade dos setores da bacia e índices para a fórmula descritiva.

Classes de Erosividade	Índice	Erosividade do Setor A (Km ²)	Erosividade do Setor B (Km ²)	Erosividade do Setor C (Km ²)
Baixa	R ₁	1.233,82	0,00	696,71
Moderadamente Baixa	R ₂	3.720,65	262,15	1.403,99
Média	R ₃	899,93	629,04	338,6
Moderadamente Alta	R ₄	271,35	275,69	0
Alta	R ₅	403,26	198,28	0
Total		6.529,01	1.365,16	2.439,30
Média Ponderada		2,22	3,30	1,85
Índice para fórmula descritiva		R_{2,22}	R_{3,30}	R_{1,85}

Fonte: Elaborado pela autora.

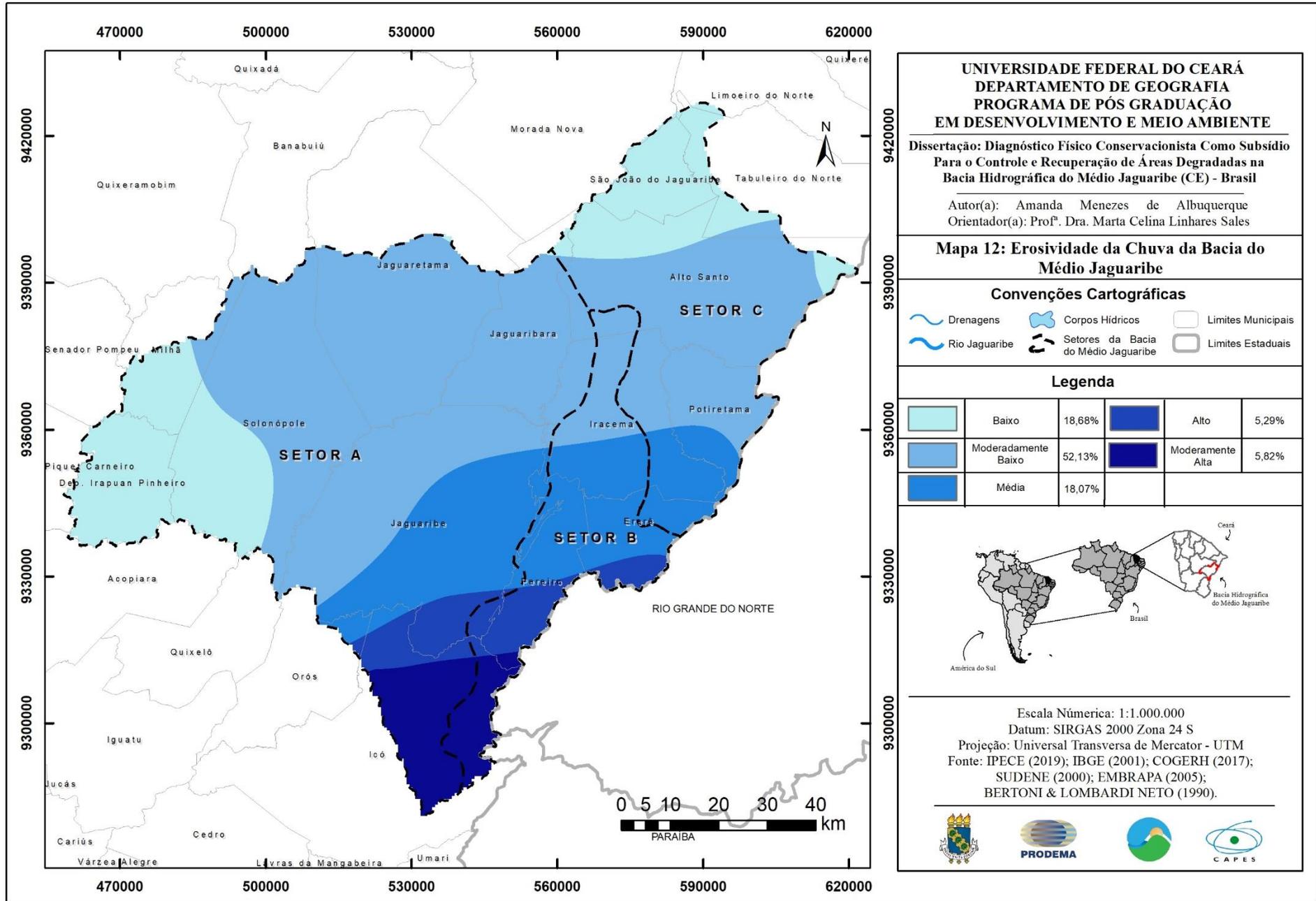
Observando os dados identificamos que o setor A apresenta cerca de 20% de sua área com baixa erosividade, 57% moderadamente baixa, 13% de erosividade média, 4% moderadamente alta e 6% de alta erosividade. No setor B não foi identificada nenhuma área com baixa erosividade, mas apresenta cerca de 21% de moderadamente baixa, 45% de erosividade média, 20% moderadamente alta e 14% de erosividade alta. O setor C, por sua vez, apresenta 29% de sua área com erosividade baixa, 57% moderadamente baixa, 14% média e não foram identificadas as classes moderadamente alta e alta.

Gráfico 03 - Representação da Erosividade (R) da bacia do Médio Jaguaribe.



Fonte: pesquisa direta, Amanda Menezes de Albuquerque, 2020.

Mapa 12: Erosividade da Chuva (R) da bacia do Médio Jaguaribe.



5.4 Erodibilidade dos solos (K)

A espacialização da erodibilidade está relacionada com as associações de solos encontradas na área de estudo, entendo que os valores são diretamente dependentes das propriedades presentes em cada tipo de solo. Cabe lembrar que os valores de K foram estimados com base no Levantamento Exploratório dos Solos do Ceará (JACOMINE, 1973), tendo como fundamento a equação de Romkens *et al.* (1997).

A seguir são apresentados as associações de solos encontradas na área de estudo e os valores de erodibilidade para cada uma (tabela 12).

Tabela 12: Valores de erodibilidade das associações de solos.

Tipos	Associações (classificação Atual)	Erodibilidade (ton.ha.h/ha.MJ.mm)
PV3	Associação de: ARGISSOLO AMARELO Distrófico abruptico textura arenosa/média A moderado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado, hipodistrófico + NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico fragipânico.	0,013
PV4	Associação de: ARGISSOLO AMARELO Distrófico abruptico textura arenosa/média A moderado + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, A moderado, hipodistrófico, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano.	0,017
NC5	Associação de: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, textura média cascalhenta/ argilosa, A moderado, hipereutrófico, mesoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. + NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico, textura média cascalhenta, A moderado, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo montanhoso, substrato gnaisse. + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico, textura arenosa/média cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.	0,032
NC11	Associação de: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, textura média cascalhenta/ argilosa, A moderado, hipereutrófico, mesoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico, textura média com cascalho, A fraco, hipereutrófico, mesoférrico, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. + NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico, textura média cascalhenta, A moderado, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo montanhoso, substrato gnaisse.	0,022
NC14	Associação de: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico, textura média cascalhenta/argilosa pouco cascalhenta, A moderado, hipereutrófico, mesoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.+ CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico, textura média com cascalho, A fraco, hipereutrófico, mesoférrico, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico, textura arenosa/média cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.	0,023

V5	Associação de: VERTISSOLO EBÂNICO Órtico solódico, textura argilosa, A moderado, hipereutrófico, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano. + VERTISSOLO HÁPLICO Órtico gleissólico, textura média/argilosa, hipereutrófico, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico, textura média com cascalho, A fraco, hipereutrófico, mesoférrico, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.	0,042
Ce	Associação de: CAMBISSOLO HÁPLICO Carbonático saprolítico, textura argilosa pouco cascalhenta, A moderado, hipereutrófico, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínico, hipoférrico, fase floresta / caatinga, relevo plano + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura argilosa cascalhenta, A moderado, hipereutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo ondulado, substrato filonito.	0,043
Re11	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura média pouco cascalhenta, A fraco, hipereutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo ondulado, substrato filito. + NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico, textura média cascalhenta, A moderado, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo montanhoso, substrato gnaisse. + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico nitossólico, textura média/argilosa, A moderado, mesoeutrófico, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado.	0,014
Re16	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário, textura argilosa cascalhenta, A moderado, hipodistrófico, álico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo suave, ondulado, substrato gnaisse. + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vértico, textura média com cascalho/muito argilosa, A moderado, hipereutrófico, mesoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. + AFLORAMENTOS DE ROCHA.	0,031
Re20	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, textura arenosa, A fraco, hipereutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado, substrato gnaisse. + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico, textura arenosa com cascalho/argilosa com cascalho, A fraco, hipereutrófico, fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado. +	0,035

	PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico arênico, textura arenosa/média pouco cascalhenta, A fraco, hipereutrófico, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado	
Re21	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, textura arenosa, A fraco, hipereutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado, substrato gnaisse. + AFLORAMENTOS DE ROCHA.	0,014
Re23	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, textura arenosa, A fraco, hipereutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado, substrato gnaisse. + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado, hipereutrófico, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado. + AFLORAMENTOS DE ROCHA.	0,019
Re24	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, textura arenosa, A fraco, hipereutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado, substrato gnaisse. + CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico, textura média cascalhenta/argilosa pouco cascalhenta, A moderado, hipereutrófico, mesoférico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. + AFLORAMENTOS DE ROCHA.	0,040
Re26	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura arenosa cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, endoálico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse.+ AFLORAMENTOS DE ROCHA.	0,043
Ae4	Associação de: NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico solódico, textura argilosa/média, A moderado, hipereutrófico, fase floresta caducifólia de várzea, relevo plano. + SOLOS HALOMORFICOS textura indiscriminada + VERTISSOLO EBÂNICO Órtico solódico, textura argilosa, A moderado, hipereutrófico, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano. + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico, textura arenosa com cascalho/argilosa com cascalho, A fraco, hipereutrófico, fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado.	0,044

PL6	Associação de: PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico espessarênico, textura arenosa/média pouco cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. + PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico arênico, textura arenosa/média pouco cascalhenta, A fraco, hipereutrófico, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário, textura argilosa cascalhenta, A moderado, hipodistrófico, álico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo suave, ondulado, substrato gnaisse.	0,009
PE7	Associação de: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico nitossólico, textura média/argilosa, A moderado, mesoeutrófico, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, textura arenosa, A fraco, hipereutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado, substrato gnaisse + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico, textura argilosa com cascalho, A moderado, hipereutrófico, caulínítico, hipoférrico, fase floresta/caatinga, relevo plano.	0,027
PE17	Associação de: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico nitossólico, textura média/argilosa, A moderado, mesoeutrófico, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário, textura argilosa cascalhenta, A moderado, hipodistrófico, álico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo suave, ondulado, substrato gnaisse. + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, textura média cascalhenta/argilosa pouco cascalhenta, A moderado, hipereutrófico, mesoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.	0,022
PE26	Associação de: ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico abruptico textura média com cascalho/argilosa com cascalho A moderado hipereutrófico fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário, textura argilosa cascalhenta, A moderado, hipodistrófico, álico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo suave, ondulado, substrato gnaisse. + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, textura média com cascalho/média, A moderado, hipereutrófico, hipoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado	0,019
PE30	Associação de: ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico léptico, textura média/argilosa cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário, textura argilosa cascalhenta,	0,013

	A moderado, hipodistrófico, álico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo suave, ondulado, substrato gnaisse. + ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico abrupto textura média com cascalho/argilosa com cascalho A moderado hipereutrófico fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado	
PE39	Associação de: ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico léptico, textura média/argilosa cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura média cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico léptico, textura média/argilosa cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado.	0,026
PE41	Associação de: ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico abrupto textura média com cascalho/argilosa com cascalho A moderado hipereutrófico fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico textura arenosa/argilosa, A moderado, mesoeutrófico, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura média cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse.	0,009
Red5	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura média cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse. + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vértico, textura média com cascalho/muito argilosa, A moderado, hipereutrófico, mesoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico textura arenosa/argilosa, A moderado, mesoeutrófico, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado	0,044
Red9	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura média cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse. + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, textura média cascalhenta, A fraco, mesodistrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse.+ LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, textura média com cascalho/média, A moderado, hipereutrófico, hipoférrico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico	0,011

	vértico, textura média pouco cascalhenta/média cascalhenta, A fraco, hipereutrófico, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo plano.	
Red10	Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário, textura média cascalhenta, A fraco, mesoeutrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse. + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, textura média cascalhenta, A fraco, mesodistrófico, fase epipedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse.+ AFLORAMENTO DE ROCHA + PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico, textura arenosa/média pouco cascalhenta, A fraco, hipereutrófico, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano.	0,035
REe1	Associação de: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico fragipânico, textura arenosa pouco cascalhenta, A fraco, hipodistrófico, álico, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano + AFLORAMENTO DE ROCHA.	0,008

Fonte: Jacomine (1973), Leite *et al.* (2007), Leite *et al.* (2007), Pesquisa direta, Amanda Menezes de Albuquerque, 2020. Cálculo da erodibilidade sobre os perfis de solos descritos por Jacomine (1973).

Através do cálculo sobre os perfis das associações de solos foram gerados os valores de K, estabelecendo-se as classes de erodibilidade e correlacionando com os dados de amplitudes de K. Determinou-se o enquadramento das classes e dos índices de K para a bacia do Médio Jaguaribe (Tabela 13).

Tabela 13 - Classes de erodibilidade e índices K para as associações de solos.

Tipo de Associação de Solos	Classes de Erodibilidade	Índices
PV3	Muito baixa	K1
PV4	Baixa	K2
NC5	Alta	K4
NC11	Média	K3
NC14	Média	K3
V5	Muito alta	K5
Ce	Muito alta	K5
Re11	Baixa	K2
Re16	Alta	K4
Re20	Alta	K4
Re21	Baixa	K2
Re23	Baixa	K2
Re24	Muito alta	K5
Re26	Muito alta	K5
Ae4	Muito alta	K5
PL6	Muito baixa	K1
PE7	Média	K3
PE17	Média	K3
PE26	Baixa	K2

PE30	Muito baixa	K1
PE39	Média	K3
PE41	Muito baixa	K1
Red5	Muito alta	K5
Red9	Muito baixa	K1
Red10	Alta	K4
REe1	Muito baixa	K1

Fonte: elaborado pela autora.

Todas as classes de erodibilidade foram identificadas na área, com destaque para as associações de Ae4 e Red 5 que evidenciam os maiores índices de K. O mapa 13 especializa as classes de erodibilidade encontradas na área de estudo.

Para determinar a erodibilidade por setores calculou-se a área de cada classe e por meio da média ponderada do índice K estimaram-se os valores para a fórmula descritiva final (tabela 14).

Tabela 14 - Erodibilidade dos solos (K) por setor com os índices para a fórmula descritiva.

Classes de Erodibilidade	Símbolo	Erodibilidade do Setor A (Km ²)	Erodibilidade do Setor B (Km ²)	Erodibilidade do Setor C (Km ²)
Muito baixa	K1	941,75	785,49	187,24
Baixa	K2	899,91	14,28	550,25
Média	K3	1.348,26	190,99	563,16
Alta	K4	1.784,37	4,79	13,73
Muito Alta	K5	1.525,90	335,01	1.157,51
Média Ponderada		3,32	2,32	3,57
Índice para fórmula descritiva		K_{3,32}	K_{2,32}	K_{3,57}

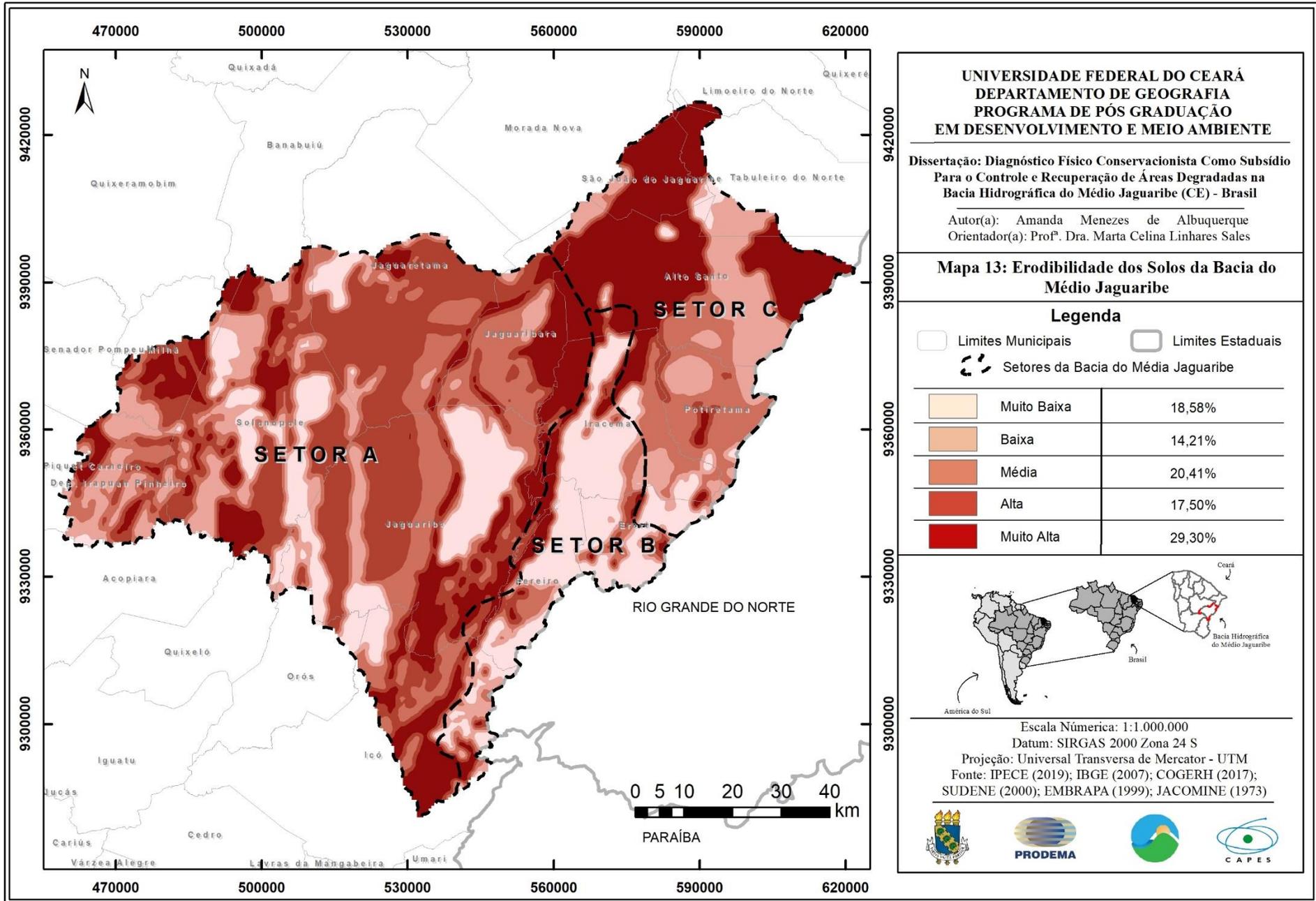
Fonte: Elaborado pela autora.

O setor A apresentou baixa variação do percentual de sua área no que se refere as classes de erodibilidade. Com 14,49% com classificação Muito Baixa, 13,84% Baixa e 20,74% Média. As classes Alta e Muito Alta representam um percentual de 27,45% e 23,47% respectivamente.

No setor B a classe de erodibilidade com maior incidência a é a Muito Baixa com o total de 59,03% da área. Com destaque para as classes Alta (0,36%) e Baixa (1,07%) refletindo os menores percentuais. A classe de erodibilidade Média ocorre em 14,35% do setor e a Muito Alta em 25,18%.

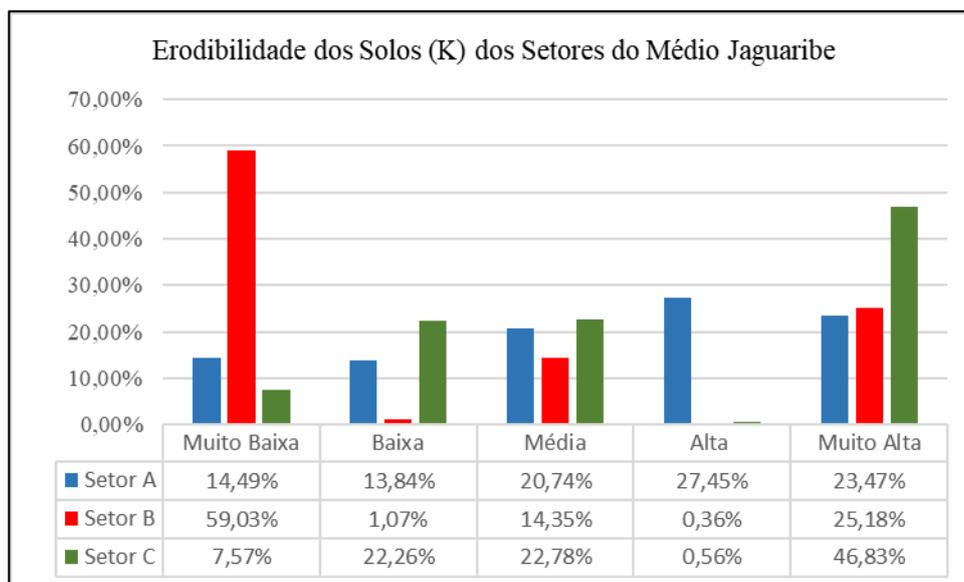
O setor C apresentou cerca de 46,83% da área com a classificação de erodibilidade Muito Alta, enquanto a classe Alta corresponde a 0,56% (classe com menor incidência na área). As demais classes foram: Muito Baixa com 7,57%, Baixa com 22,26% e Média com 22,78%.

Mapa 13 - Erodibilidade dos Solos (K) da bacia do Médio Jaguaribe.



Foi elaborado o Gráfico 04 para uma melhor espacialização da distribuição das classes de erodibilidade dos setores e os valores de (K) estão expressos em percentuais.

Gráfico 04 - Erodibilidade dos solos (K) dos setores da bacia do Médio Jaguaribe.



Fonte: elaborado pela autora.

5.5 Declividade Média (DM)

Para a determinação da declividade média da bacia foi elaborado o mapa de classes do relevo e declividade da área de estudo. O mapa 14 foi produzido a partir do cálculo da área em quilômetros quadrados de cada classe de relevo dentro dos respectivos setores, o resultado pode ser observado na tabela 12, e por meio da média ponderada, determinou-se o índice de declividade média (DM), utilizado para compor a fórmula descritiva final.

Mapa 14 - Classes de Relevo e Declividade da bacia do Médio Jaguaribe.

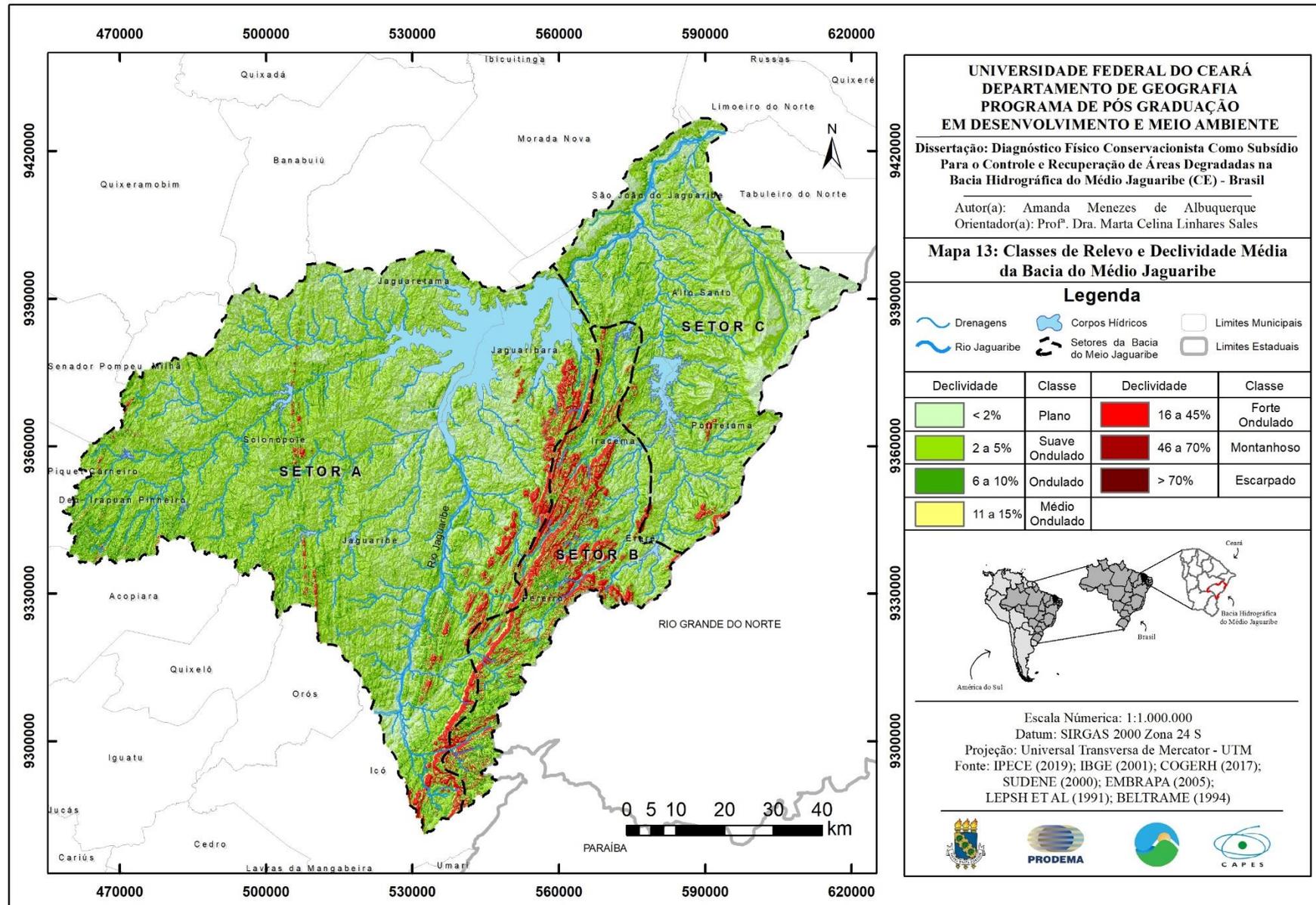


Tabela 15 – Índice de declividade média (DM) dos setores.

Intervalos de Declividade	Índice	Declividades do Setor A (Km ²)	Declividades do Setor B (Km ²)	Declividades do Setor C (Km ²)
<2%	DM ₁	2.370,58	232,10	1.157,48
2 a 5%	DM ₂	3.259,65	410,91	1.216,25
6 a 10%	DM ₃	538,43	278,04	99,55
11 a 15%	DM ₄	112,44	168,07	12,35
16 a 45%	DM ₅	161,4	301,32	17,97
46 a 70%	DM ₆	2,53	10,98	0
>70%	DM ₇	0,14	1,07	0
TOTAL		6.445,17	1.402,49	2.503,60
Média Ponderada		1,83	2,95	1,61
Índice para Fórmula Descritiva		DM_{1,83}	DM_{2,95}	DM_{1,61}

Fonte: elaborado pela autora.

O setor A é formado, principalmente, pelas classes de Relevo Plano e Suave Ondulado, totalizando 87% de sua área, isso se deve ao predomínio da unidade depressão sertaneja e das planícies fluviais.

O setor B é o mais uniforme dentre os setores, em sua espacialização das classes em sua área resultou em: Plano (17%), Suave Ondulado (29%), Ondulado (20%), Médio Ondulado (12%), Forte Ondulado (12%), Montanhoso e Escarpado (1%). Desta forma é o setor que apresentou as maiores áreas na classe Forte Ondulado.

O setor C apresenta cerca de 96% de sua área representada pelas classes Plano e Suave Ondulado, como encontrado no Setor A isso se deve ao predomínio da unidade depressão sertaneja e das planícies fluviais.

5.6 Densidade de Drenagem (DD)

Para a definição da Densidade de Drenagem foi realizado a hierarquização dos canais fluviais, esse processo seguiu uma ordem de elaboração baseando-se nos critérios para ordenação dos canais fluviais. Dessa forma, foi observado a presença de rios de primeira, segunda, terceira, quarta, e quinta, sendo que o Setor A possui 204 canais de 1^a ordem, 99 canais de 2^a ordem, 61 canais de 3^a ordem, 39 canais de 4^a ordem e 14 canais de 5^a ordem. O setor B contém 40 canais de 1^a ordem, 27 canais de 2^a ordem e 4 canais de 3^a ordem. O setor C possui 76 canais de 1^a ordem, 34 canais de 2^a ordem, 13 canais de 3^a ordem, 24 canais de 4^a ordem e 12 canais de 5^a ordem.

A hierarquia dos canais é considerada uma fonte importante para a caracterização da rede hidrográfica da área de estudo, o mapa 14 evidencia a hierarquia dos canais fluviais do Médio Jaguaribe.

Na determinação da DD foram levados em consideração os valores da área de cada setor e respectivo comprimento dos canais, determinando assim a densidade de drenagem (Tabela 16).

Tabela 16 – Densidade de drenagem (DD) dos setores.

Setor	Comprimento total dos canais fluviais (Km)	Área total dos setores (Km ²)	Densidade de Drenagem (DD) (Km/Km ²)
A	1712,28	6.448,67	0,26
B	332,29	1.408,55	0,23
C	665,54	2.495,08	0,27

Fonte: elaborado pela autora.

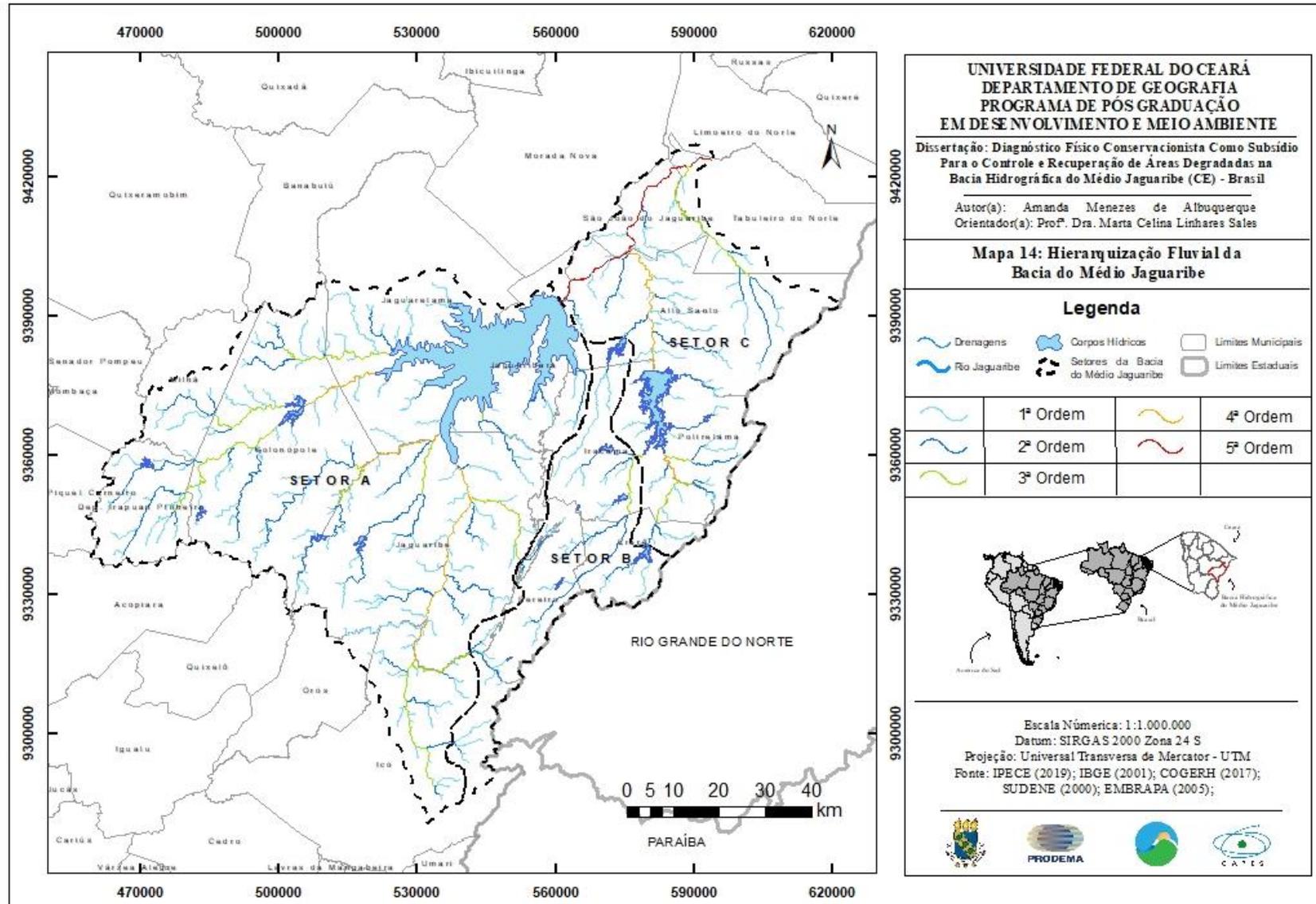
Segundo a ordem de classificação dos valores de drenagem todos os setores apresentam baixa densidade de drenagem (menor que 0,50). Porém, considerando o tamanho da área de estudo, os dados obtidos apresentam diferenças suficientes para que haja uma reclassificação direcionada para os setores da bacia. Os valores de densidade de drenagem foram categorizados com referência nos padrões de drenagem, estabelecendo três classes dentro da área (tabela 17).

Tabela 17 – Classes de densidade de drenagem dos setores e índice DD para a fórmula descritiva final.

Setores da bacia	Densidade de drenagem (km/km ²)	Classes	Índices	Índice para Fórmula Descritiva
A	0,26	Média	DD ₂	DD 0,26
B	0,23	Baixa	DD ₁	DD 0,23
C	0,27	Alta	DD ₃	DD 0,27

Fonte: elaborado pela autora

Mapa 15: Hierarquização Fluvial da bacia do Médio Jaguaribe.



Conclui-se que as diferenças de densidade encontradas estão diretamente ligadas com a litologia e as formas de relevo. Fatores como os tipos de solos e a declividade do terreno influenciam diretamente na capacidade de infiltração da água e ao escoamento superficial.

De acordo Rodrigues e Adami (2005) este índice representa grande importância em relação ao planejamento regional contribuindo para interpretações de características litológicas e tectônicas em mapeamentos geológicos, além de ser valioso para interpretações sobre morfogênese e morfodinâmica, baseadas em interferências sobre diferenças de permeabilidade, como por exemplo, diferenças sobre a profundidade dos materiais permeáveis. A densidade de drenagem também permite o entendimento dos processos de esculturação dos canais fluviais e do potencial erosivo de uma bacia hidrográfica (LOURENÇO, 2013).

De acordo com o mesmo autor, ao se considerar todas as características ambientais da bacia os diagnósticos poderão ser efetuados com a finalidade de gerar informações sobre o grau de degradação ou conservação ambiental, para que assim se possa estabelecer medidas e/ou diretrizes eficazes para o combate e mitigação de possíveis problemáticas.

5.7 Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

Para verificar o grau de cobertura vegetal utilizou-se o NDVI o período selecionado considerou os anos de 1992 e 2018 para a efetivação do ICV. Nesse caso, esse intervalo de 26 anos possibilitou a compreensão das transformações que aconteceram na espacialização da vegetação.

As tabelas 18 e 19 apresentam os valores de ICV dos setores nos respectivos anos, além da espacialização das classes em cada setor e a média ponderada, resultando no índice que compõe a fórmula descritiva do DFC. As tabelas nos mostram que quanto maior for o valor de ICV menor será a densidade da vegetação e, conseqüentemente, menor o nível de proteção do solo. O mapa 16 mostra o índice de cobertura vegetal (ICV) para a bacia do Médio Jaguaribe nos anos de 1992 e 2018.

Tabela 18 – Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do Médio Jaguaribe em 1992.

Classes de índice de Cobertura Vegetal	Níveis	Setor A (Km ²)	Setor B (Km ²)	Setor C (Km ²)
Alto	1	1.092,48	534,04	509,01
Moderadamente Alto	2	1.163,71	373,94	919,63
Médio	3	3.683,15	452,72	816,26
Moderadamente Baixo	4	495,43	33,62	214,81
Baixo	5	10,42	8,26	43,89
Média ponderada		2,56	2,01	2,35
Índice para a Fórmula descritiva		ICV_{2,56}	ICV_{2,01}	ICV_{2,35}

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 19 – Índice de cobertura vegetal (ICV) dos setores do Médio Jaguaribe em 2018.

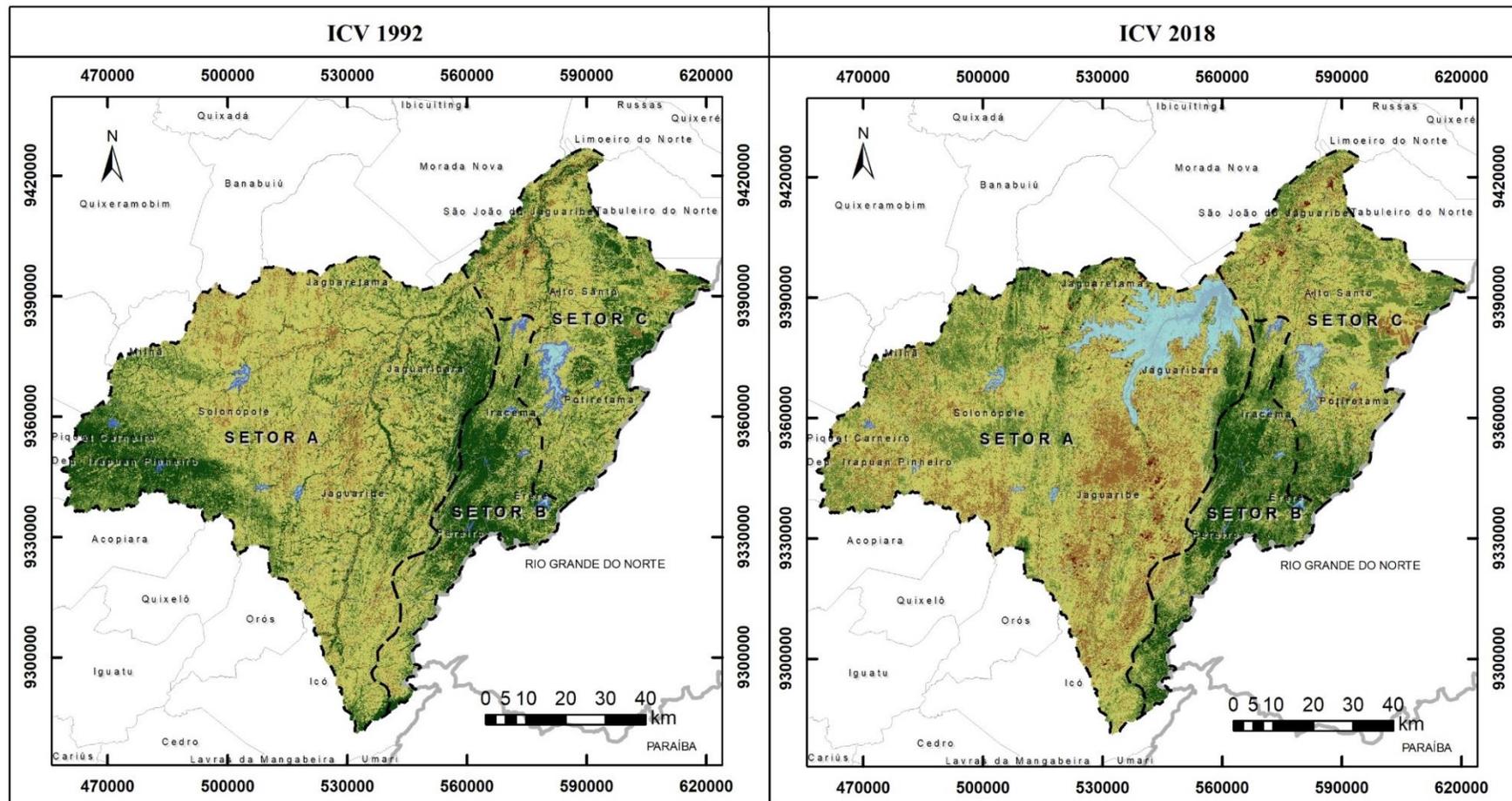
Classes de índice de Cobertura Vegetal	Níveis	Setor A (Km ²)	Setor B (Km ²)	Setor C (Km ²)
Alto	1	613,11	826,14	409,68
Moderadamente Alto	2	1.951,82	347,31	598,94
Médio	3	2.640,24	170,38	1.301,64
Moderadamente Baixo	4	1.111,57	48,29	173,78
Baixo	5	128,43	10,37	19,61
Média ponderada		2,72	1,62	2,52
Índice para a Fórmula descritiva		ICV_{2,72}	ICV_{1,62}	ICV_{2,52}

Fonte: elaborado pela autora.

Através das informações apresentadas nas tabelas acima, e no mapa do índice de Cobertura Vegetal, encontramos mudanças ocorridas na densidade da cobertura vegetal, alterações sobre o solo entre os anos de 1992 e 2018 nos setores. Percebe-se que:

- A classificação de nível de proteção alto no ano de 1992 abrange uma área de 2.036,20 km² e sofre uma redução para 1.948,26 km² em 2018, isso representa uma variação na porcentagem de 19,67% para 18,82%, respectivamente. Essa redução de 8% da área equivalente ano de 1992 significa uma piora nas condições da cobertura do solo.

Mapa 16: Índice de Cobertura Vegetal da bacia do Médio Jaguaribe dos anos de 1992 e 2018.



Mapa 16: Índice de Cobertura Vegetal da Bacia do Médio Jaguaribe dos anos de 1992 e 2018.

<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE</p> <p>Dissertação: Diagnóstico Físico Conservacionista Como Subsídio Para o Controle e Recuperação de Áreas Degradadas na Bacia Hidrográfica do Médio Jaguaribe (CE) - Brasil</p> <p>Autor(a): Amanda Menezes de Albuquerque Orientador(a): Pro^{fa}. Dra. Marta Celina Linhares Sales</p>	<p>Convenções Cartográficas</p> <p> Drenagens Rio Jaguaribe Corpos Hídricos Setores da Bacia do Médio Jaguaribe Limites Municipais Limites Estaduais </p> <p>Legenda</p> <p> Baixo Moderadamente Baixo Médio Moderadamente Alto Alto </p>	<p>Escala Numérica: 1:1.000.000 Datum: SIRGAS 2000 Zona 24 S Projeção: Universal Transversa de Mercator - UTM Fonte: IPECE (2019); IBGE (2001); COGERH (2017); SUDENE (2000); EMBRAPA (2005); BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).</p> <p> </p>
---	---	---

- O nível de proteção moderadamente alto no ano de 1992 era equivalente a 2.136,59 km², o que corresponde a 20,64% da área da bacia. Já no ano de 2018 esse nível sofreu um aumento de aproximadamente 55%, passando a representar 3.129,41 km², cerca de 31,10% da área da bacia. Podemos observar que o aumento desse nível de proteção é em função da redução do nível de proteção alto que passou a ser representado na categoria inferior.
- O nível de proteção Médio correspondia a maior parte da bacia no ano de 1992, cerca de 5.437,51 km² equivalente a 52,53% da área integral, sofrendo uma redução no ano de 2018. Após essa redução passou a representar uma área de 3.626,88 km² e 35,04%, que significa uma diminuição de quase 30% da sua área inicial.
- A área equivalente ao nível Moderadamente Baixo era de 702,83 km² no ano de 1992, cerca de 6,79%, sofrendo um aumento de 97%, isso significa que no ano de 2018 a área passou a ser de 1.374,67 km² (13,28%), esse aumento deve-se ao fato do nível de proteção médio ter reduzido, representando uma diminuição no nível de proteção da área.
- O nível de proteção Baixo correspondia ao menor percentual da área da bacia no ano de 1992, cerca de 0,37%, representando uma área de 38,29 km², esse nível de proteção sofreu um aumento passando de 1,76% (182,64 km²) no ano de 2018 para 1,76% (182,64 km²). Apesar de ser uma pequena em comparação a área integral necessita de atenção para o aumento de 375% que esse nível de proteção apresentou no período selecionado.

As imagens datam do período de 04/10/1992 e 01/10/2018. A tabela a seguir apresenta os dados de pluviometria total para os anos de 1992 e 2018 dos postos pluviométricos selecionados na pesquisa.

Tabela 20 - Total pluviométrico anual (mm) dos anos de 1992 e 2018 dos postos selecionados.

Postos	Total pluviométrico anual (mm)	
	1992	2018
Peixe gordo	414,5	399,1
Alto Santo	590,7	667,7
São João do Jaguaribe	467,2	722

Potiretama	496	614,5
Jaguaribara	495,5	524,5
Iracema	707,8	932
Jaguaribe	655,9	525,3
Pereiro	803,3	945,6
Tomé Vieira	677,6	502,4
Erere	914	885
Dep. Irapuã Pinheiro	724,8	362
Solonópole	578,3	533,3
Jaguaretama	540,4	503

Fonte: elaborado pela autora.

Analisando essas transformações apresentadas pelo ICV por setores, observamos que no setor A ocorreu uma redução significativa de 45% do nível de proteção Alto, passando de 16,95% em 1992 para 9,51% em 2018. No grau de cobertura Moderadamente Alta observou-se um aumento de 18,06% (1992) para 30,28% (2018). O nível Médio mostrou uma redução, onde, no ano de 1992 correspondia a 57,15% e em 2018 a 40,96%, esse nível é encontrado na maior parte do setor. As categorias Moderadamente Baixa e Baixa sofreram aumentos no período selecionado, de 7,69% para 17,25%, de 0,16 para 1,99% respectivamente. É necessário ressaltar o crescimento de 12X do valor inicial da categoria Baixa.

Figura 04 – Área de solo exposto e avanço da degradação no setor A.



Fonte: Amanda Menezes de Albuquerque.

No setor B o nível de proteção Alto passou de 38,08% em 1992 para 58,91% em 2018, demonstrando um aumento que significa a recuperação de parte da vegetação. Porém no nível Moderadamente Alto apresentou pouca redução da área, de 26,66% (1992) para 24,76% (2018). O nível de proteção Médio foi a categoria que sofreu a maior taxa de redução, cerca de 60%, no ano de 1992 abrangia uma área de 452,72 km² (32,28%), passando para 170,38 km² (12,15%). Os níveis de proteção Moderadamente Baixa e Baixa apresentaram um aumento na porcentagem de incidência na área, passando de 2,40 % (1992) para 3,44% (2018), 0,59% (1992) para 0,74% (2018), respectivamente.

Figura 05 - Afloramento de rochas no setor B.



Fonte: Amanda Menezes de Albuquerque.

O setor C por sua vez apresentou uma redução da porcentagem de incidência na área da bacia nas categorias de ICV Alto e Moderadamente Alto, representando uma redução no grau de cobertura das classes mais altas, passando de 20,33% (1992) para 16,36% (2018) e de 36,73% (1992) para 23,92% (2018) respectivamente. O nível de proteção Médio apresentou um aumento de 60% de incidência, no ano de 1992 com uma área de 816,26 km² e no ano de 2018 uma área de 1.301,64 km². As classes Moderadamente Baixa e Baixa também apresentaram uma redução de porcentagem, de 8,58% (1992) para 6,94% (2018), e de 1,75% (1992) para 0,78% (2018), respectivamente.

Figura 06 – Área destinada a criação de gado.



Fonte: Amanda Menezes de Albuquerque.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Avaliação da Degradação no Médio Jaguaribe

6.1.1 Fórmula Descritiva Final

Os parâmetros com respectivos índices da fórmula descritiva permitem a análise qualitativa quanto ao nível de degradação dos recursos naturais. A fórmula descritiva foi mensurada para cada setor da bacia e para os anos de 1992 e 2018. A aplicação tem como finalidade a realização da avaliação de transformações ocorridas no período histórico selecionado com base na variação do parâmetro índice de cobertura vegetal (ICV). Dessa forma, elaborou-se uma fórmula para cada ano do seguinte modo:

$$\text{EDA (1992)} = (\text{IC}) + (\text{R}) + (\text{K}) + (\text{DM}) + (\text{DD}) + (\text{ICV})$$

e

$$\text{EDA (2018)} = (\text{IC}) + (\text{R}) + (\text{K}) + (\text{DM}) + (\text{DD}) + (\text{ICV})$$

Ressalta-se que somente o ICV sofreu variações entre esses anos, permanecendo estável os demais índices analisados nos outros parâmetros. Com base na metodologia e nas adaptações realizadas foi efetuada a somatória dos índices de todos os parâmetros, observando a fórmula descritiva estabelecida. O resultado está sintetizado na tabela 21, e o valor da somatória com relação aos anos considerados está na figura 08.

Tabela 21 – Somatório dos Índices obtidos nos parâmetros.

Parâmetros	Setor A	Setor B	Setor C
Índice Climático	1,22	1,00	1,53
Erosividade da Chuva	2,22	3,30	1,85
Erodibilidade do Solo	3,32	2,32	3,57
Declividade Média	1,83	2,95	1,61
Densidade de Drenagem	0,26	0,23	0,27
Índice de Cobertura Vegetal em 1992	2,56	2,01	2,35
Índice de Cobertura Vegetal em 2018	2,72	1,62	2,52
Somatório dos índices para 1992	11,41	11,81	11,18
Somatório dos índices para 2018	11,57	11,42	11,35

Fonte: Elaborado pela autora.

6.1.2 Valor do estado de Degradação Ambiental

Com a determinação dos parâmetros, utilizou-se a fórmula descritiva, com as devidas adaptações, para os índices de cada parâmetro.

$$\mathbf{EDA = (IC) + (R) + (K) + (DM) + (DD) + (ICV)}$$

Onde:

EDA – É o estado de degradação ambiental do médio curso, que é proporcional aos parâmetros:

IC – Índice climático, parâmetro que varia de 1 (muito baixo) a 5 (muito alto);

R – Erosividade da chuva, parâmetro que varia de 1 (muito baixa) a 5 (muito alta);

K – Erodibilidade dos solos, parâmetro que varia de 1 (muito baixa) a 5 (muito alta);

DM – Declividade média, parâmetro que varia de 1 (plano) a 7 (escarpado);

DD – Densidade de drenagem, parâmetro que varia de 1 (baixa) a 3 (alta);

ICV – Índice de cobertura vegetal, parâmetro que varia de 1 (alto) a 5 (baixo);

Objetivando a obtenção dos valores finais das fórmulas descritivas dos setores, em percentuais, utilizou-se a equação da reta como mostra o quadro 12. Desta forma, de acordo com as classificações realizadas e dos níveis estabelecidos em cada parâmetro sugerido, o valor mínimo possível a ser obtido é 6 (somatório de todos os índices iguais a 1), o que representa o melhor estado físico conservacionista ou conservação dos recursos naturais que o setor poderia evidenciar. Do mesmo modo, o valor máximo possível de ser obtido é 30 (somatório de todos os índices com valores máximos) representando o pior estado físico conservacionista ou maior nível de degradação que o setor poderia apresentar.

A partir desses valores totais de somatória dos índices com mínimo 6 e máximo 30, têm-se o ângulo de inclinação da reta. O resultado evidencia as unidades de risco de degradação física dos setores da bacia do Médio Jaguaribe nos anos de 1992 e 2018. (Tabela 22).

Quadro 12 –Equação da reta para a Fórmula Descritiva.

$y = ax + b$		$30a + b - 100 = 0$
		$6a + b = 0 \text{ (-1)}$
		$24a - 100 = 0$
Se: $y = 0$	Se: $y = 100$	$a = 4,16$
$x = 6$	$x = 30$	$b = ?$
$6a + b = 0$	$30a + b - 100 = 0$	$30 \times 4,16 + b - 100 = 0$
		$124,80 + b - 100 = 0$
		$- b = 124,80 - 100$
		$- b = 24,80 \text{ (-1)}$
		$b = - 24,80$
Assim, a equação da reta é: $y = 4,16 x - 24,80$		

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994); Lourenço (2013).

Após a substituição dos valores encontrados pelo somatório dos índices por (x), tem-se o seguinte resultado:

Para 1992

$$\text{Setor A: } y = 4,16 \cdot 11,41 - 24,80 = 22,665$$

$$\text{Setor B: } y = 4,16 \cdot 11,81 - 24,80 = 24,329$$

$$\text{Setor C: } y = 4,16 \cdot 11,18 - 24,80 = 21,708$$

Para 2018

$$\text{Setor A: } y = 4,16 \cdot 11,57 - 24,80 = 23,331$$

$$\text{Setor B: } y = 4,16 \cdot 11,42 - 24,80 = 23,849$$

$$\text{Setor C: } y = 4,16 \cdot 11,35 - 24,80 = 22,416$$

Tabela 23 – Índice de degradação dos setores do Médio Jaguaribe entre os anos de 1992 e 2018.

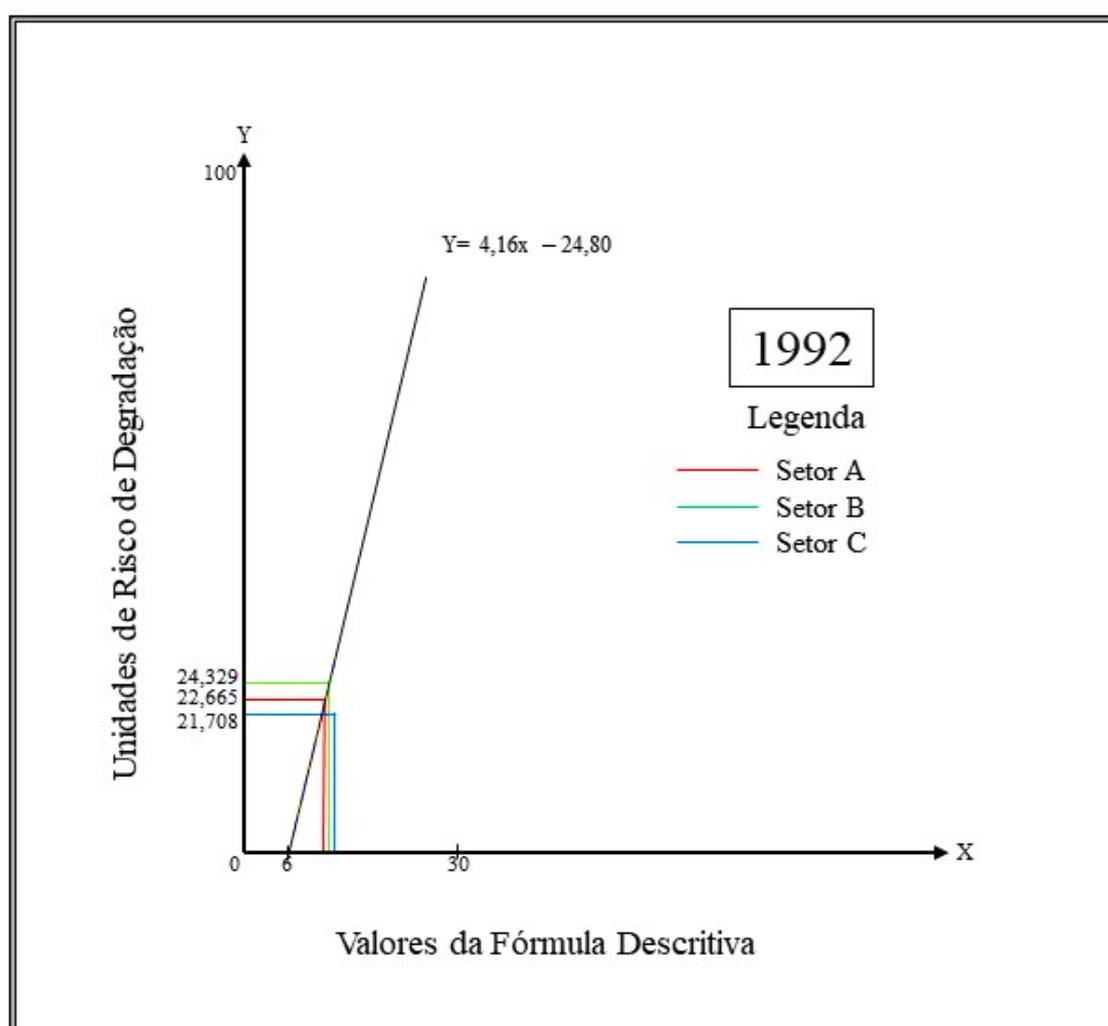
Setores	Índice de Degradação Física em 1992 (0 – 100)	Índice de Degradação Física em 2018 (0 – 100)
A	22,665	23,331
B	24,329	23,849
C	21,708	22,416

Fonte: Elaborado pela autora.

No setor B identificamos que ocorreu uma redução no índice de degradação física na comparação entre o intervalo de anos considerados, passando de 24,329 no ano de 1992 para 23,849 no ano de 2018, a taxa de redução chegou a cerca de 5%. O setor A por sua vez apresentou um aumento no índice de degradação física, em 1992 o valor era de 22,665 passando para 23,331 em 2018, mostrando ser o setor com maior taxa de crescimento. Também mostrando um crescimento no índice de degradação o setor C passou de 21,708 (1992) para 22,416 (2018).

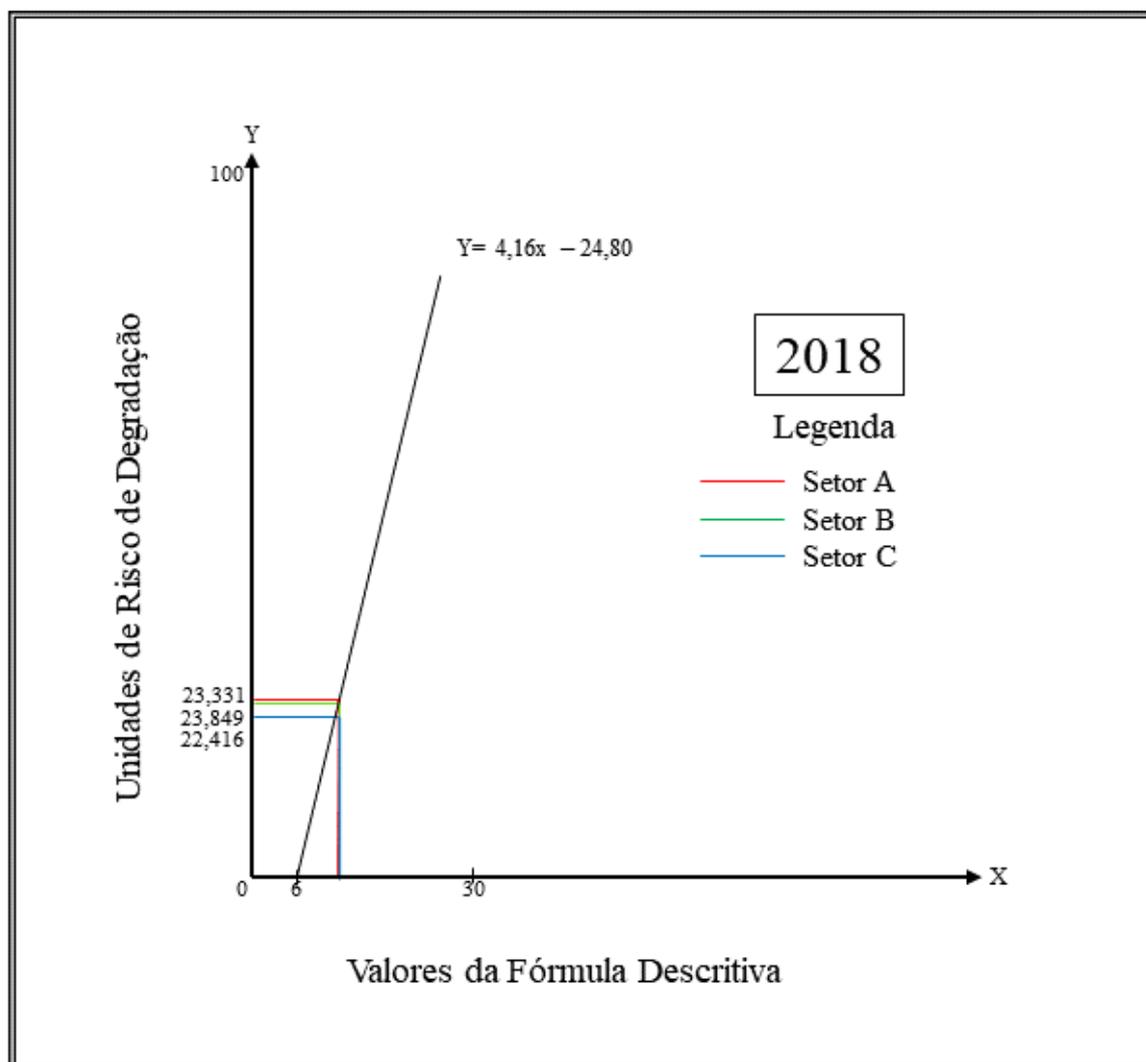
Percebe-se que as transformações apresentadas no padrão de cobertura vegetal alteram o resultado do risco de degradação física da área. O estado físico conservacionista é representado pelas diferenças evidenciadas nos resultados das unidades de risco de degradação dos setores. Dessa forma os gráficos 5 e 6 mostram essas unidades de risco de degradação por setores nos anos de 1992 e 2018.

Gráfico 05 - Unidades de risco de degradação física dos setores em 1992.



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 06 - Unidades de risco de degradação física dos setores em 2018.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao observarmos os gráficos acima notamos que as linhas dos setores A e C, sofreram uma maior variação, indicando que estes devem ser alvo de políticas de planejamento e de gestão ambiental para combater o crescente processo de degradação ambiental.

6.2 Resultados Alcançados pelo Diagnóstico Físico-Conservacionista

Com base nos resultados oriundos dos índices dos parâmetros da fórmula descritiva dos setores, constatou-se:

I – O índice climático (IC), constituído pela relação entre o índice efetivo de umidade (Im) e o número de meses secos (Ms), representando no mapa sob a forma de índice de severidade climática, mostrou que o setor B apresentou sua área quase integralmente (99%) na categoria Muito Baixo, isto significa que é setor mais vulnerável a adversidades climáticas. O setor A possui maior volume de sua área inserida na categoria Muito Baixa, sendo, portanto, uma área vulnerável. As condições do clima melhoram de maneira inexpressiva no setor C, apresentando as categorias Muito Baixa e Baixa em sua área.

II – A erosividade da chuva (R) apresentou consideravelmente mais alta no setor B, o setor C não apresentou área que fosse classificada na categoria Moderadamente Alta e Alta, representando cerca de 60% em Moderadamente Baixa. O setor A apresentou todos os níveis de erodibilidade, com uma concentração de 55% em Moderadamente Baixo e 20% Baixa.

III – A erodibilidade dos solos (K) foi maior no setor C, com cerca de 46,83% da área classificada no nível Muito Alta, seguido pelo setor A com classes Média (20,74%) e Alta (27,45%), e destaque para o setor B que apresentou 59,03% da área no nível Muito Baixa. Isso se deve ao fato das características dos solos predominantes na área e as suas condições naturais.

IV – A declividade média (DM) é mais acentuada no setor B onde em grande parte do relevo temos a presença do Maciço do Pereiro, o que resultou no nível de classificação escarpado. Em contrapartida o setor A apresentou os dados de declividade inferiores, com cerca de 85% de sua área com relevo plano e suave ondulado. O setor C não apresentou dados que representassem uma declividade expressiva. Os setores A e C possuem seu relevo composto por depressão sertaneja e pelas planícies fluviais.

V – A densidade de drenagem (DD) leva em consideração os valores da área de cada setor e respectivo comprimento dos canais, como resultado o setor A corresponde a maior área dentre os setores, conseqüentemente maiores os comprimentos dos canais. O setor B corresponde a menor área e o menor número em comprimento de canais. Isso ocorre devido à junção de características geológicas, pedológicas, hipsométricas que em associação determinam as características da DD nos setores.

VI - Todos esses parâmetros conjugados definem o padrão de cobertura vegetal da área considerada, sendo um elemento de extrema importância para a proteção dos solos. A bacia do Médio Jaguaribe, apresentou, de um modo geral, uma predominância do ICV de nível médio com cerca de 35,04% da área. O predomínio dessa classe representa condições

desfavoráveis para o estado físico conservacionista dos recursos naturais, particularmente, dos solos que sofrem diretamente com a falta da cobertura vegetal e da intensificação dos processos erosivos. A bacia também apresentou cerca de 31,10% de sua área no nível Moderadamente Alto, manifestada em grande parte pela Mata seca.

6.3 Análise da Cobertura e Uso do Solo da Bacia do Médio Jaguaribe entre os anos de 1992 e 2018

Buscando fornecer informações sobre a variação das condições de cobertura e uso do solo nos anos de 1992 e 2018 e possibilitar o entendimento sobre as transformações que ocorreram na área selecionamos as seguintes categorias: vegetação de caatinga; área urbana; corpos d'água; solo exposto / uso agropecuário. Em decorrência do detalhamento e da resolução das imagens Landsat selecionadas seu uso é indicado para o mapeamento de vegetação, solo exposto, áreas urbanas e a identificação de recursos hídricos, categorias que podem ser identificadas em pequenas e médias escalas.

A maior variação ocorreu na cobertura pela vegetação caatinga, onde a área da bacia apresentava um total de 40,40% no ano de 1992 e em 2018 reduziu para 19,11%. Essa diminuição foi mostrada na análise do Índice de Vegetação Normalizada utilizada no ICV, essa redução é em decorrência da intensificação de práticas agrícolas insustentáveis e do crescimento da atividade agropastoril. Esses fatores atrelados a práticas de extrativismo indiscriminado, o uso de técnicas inadequadas, queimadas em função do preparo da terra, explicam a redução desse percentual.

Outro fator que é necessário ressaltar é o volume de água em relação a totalidade da bacia de uma área de 0,57% no ano de 1992 para 0,84% no ano de 2018. Esses dados significam um aumento de 48% do volume de água, o principal responsável pelo aumento do volume foi a construção do Açude Castanhão, que possui uma capacidade de 6.700.000.000 m³, representando importante mecanismo de controle das secas e das cheias sazonais que atingem o vale do Jaguaribe.

Quanto a classificação da área urbana da bacia verificamos que no ano de 1992 era equivalente a 0,48% da área, com um crescimento de quase 750%, passou a para 3,63% da área. Porém, quando analisada sob a ótica do processo de degradação da cobertura vegetal e uso dos solos não apresenta relevância.

A classificação de solo exposto / uso agropecuário, teve sua espacialização como total de 58,55% da área no ano de 1992 ocorrendo uma expansão e passando a representar 76,42%

da área no ano de 2018. Esse crescimento de 30% entre os anos apresentados é em decorrência de atividades, como pecuária, agricultura e extração de madeira.

O mapa 17 apresenta a análise da cobertura e uso do solo entre os anos de 1992 e 2018. As tabelas 24 e 25 representam as informações mapeadas e verificadas em campo no intervalo de anos selecionados.

Tabela 24 – Cobertura e Uso do solo por km² dos setores da bacia do Médio Jaguaribe no ano de 1992.

Cobertura	Ano de 1992		
	Setor A (Km ²)	Setor B (km ²)	Setor C (km ²)
Vegetação de caatinga	2.035,19	615,18	928,58
Área urbana	29,37	7,19	13,79
Corpos d'água	36,93	11,18	11,27
Solo exposto	4.344,06	768,15	947,44

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 25 – Cobertura e Uso do solo por km² dos setores da bacia do Médio Jaguaribe no ano de 2018.

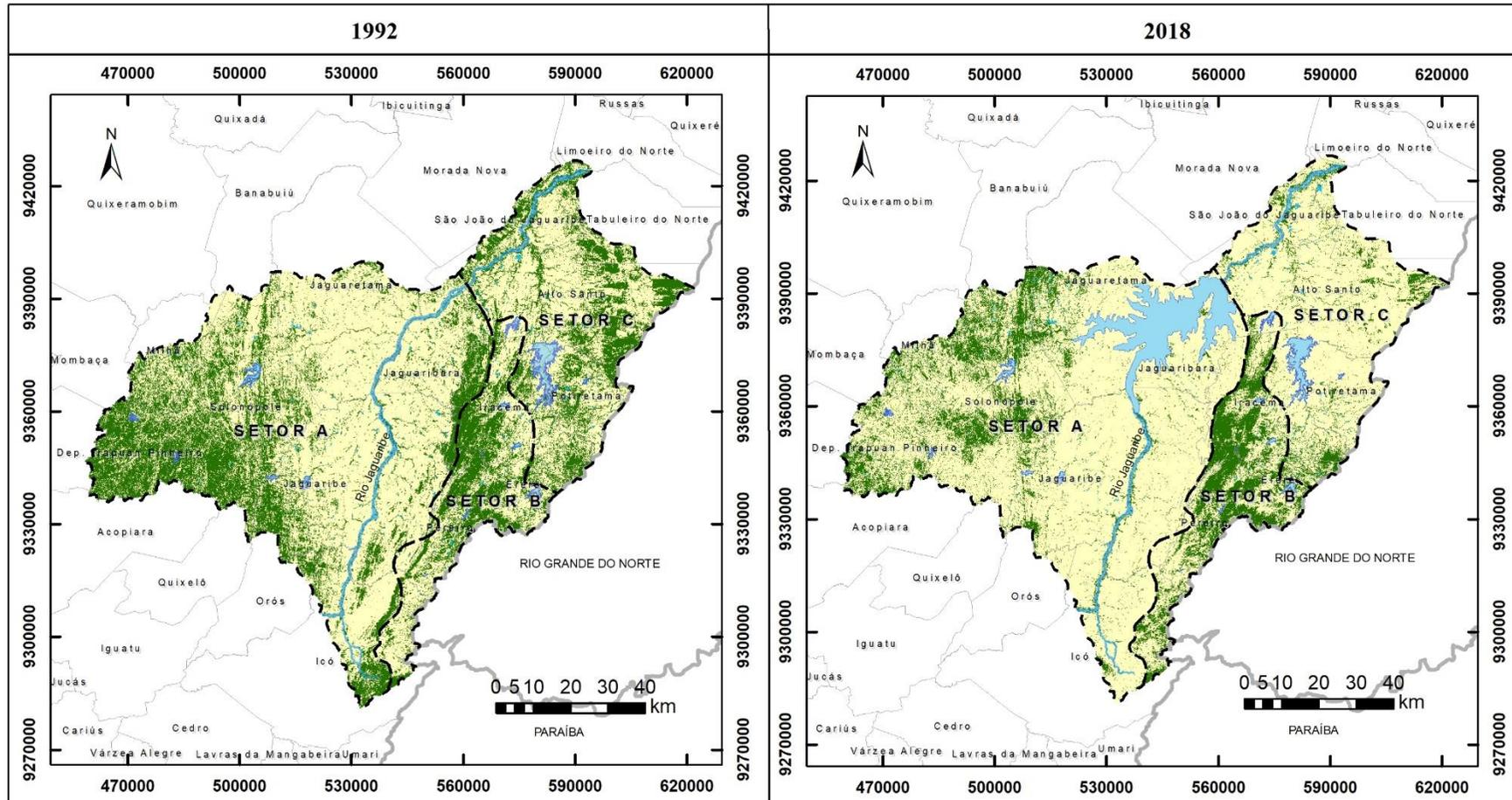
Cobertura	Ano de 2018		
	Setor A (Km ²)	Setor B (km ²)	Setor C (km ²)
Vegetação de caatinga	1.015,37	677,67	291,37
Área urbana	321,96	19,09	35,86
Corpos d'água	54,51	5,88	26,58
Solo exposto	5.085,76	699,06	2.149,09

Fonte: Elaborado pela autora.

O resultado da análise da vegetação de caatinga mostra no setor C uma maior variação em relação aos demais, passando de 61,19% de cobertura de sua área no ano de 1992 para 11,64% no ano de 2018. Seguido pelo setor A que entre os anos de 1992 e 2018 teve uma redução de 31,58% para 15,68%. O setor B apresentou uma recuperação na área de sua vegetação, 43,89% no ano de 1992 e 48,35% em 2018.

No setor A as maiores taxas e variações da Área Urbana, passando de 0,46% em 1992 para 4,97% em 2018. Na categoria Corpos d'água também apresentou aumento de 0,57% para 0,84%, ressaltando que nesse setor está inserido o Açude Castanhão. A categoria de solo exposto / uso agropecuário passou de 67,40% no ano de 1992 para 78,51% em 2018.

Mapa 17 - Cobertura e Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Médio Jaguaribe dos anos de 1992 e 2018.



Mapa 17: Cobertura e Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Médio Jaguaribe dos anos de 1992 e 2018.

<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE</p> <p>Dissertação: Diagnóstico Físico Conservacionista Como Subsídio Para o Controle e Recuperação de Áreas Degradadas na Bacia Hidrográfica do Médio Jaguaribe (CE) - Brasil</p> <p>Autor(a): Amanda Menezes de Albuquerque Orientador(a): Profª. Dra. Marta Celina Linhares Sales</p>	<p>Convenções Cartográficas</p> <ul style="list-style-type: none"> Drenagens Rio Jaguaribe Setores da Bacia do Médio Jaguaribe Limites Municipais Limites Estaduais 	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Corpos Hídricos Solo Exposto Agropecuário Vegetação Áreas Urbanas 	<p>Escala Numérica: 1:1.500.000 Datum: SIRGAS 2000 Zona 24 S Projeção: Universal Transversa de Mercator - UTM Fonte: IPECE (2019); IBGE (2001); COGERH (2017); SUDENE (2000); EMBRAPA (2005); BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).</p>
--	--	--	--

O setor B que no DFC mostrou uma redução do nível de degradação, apresentou redução da área de solo exposto passando de 54,80% em 1992 para 49,87% em 2018. Além de apresentar uma melhora com o aumento do volume de vegetação, de 43,89% (1992) para 48,35 (2018). O setor exibiu em aumento na área urbana de 0,51% para 1,36%, e uma redução na categoria Água de quase 50%, onde no ano de 1992 abrangia 0,80% da área do setor e no ano de 2018 passou a representar 0,42%.

O setor C revelou um aumento de 150% da área na categoria Água, passando de 0,42% em 1992 para 1,06% em 2018, a categoria analisada de área urbana também apresentou um crescimento de 0,52% em 1992 para 1,43% em 2018. O destaque deste setor é a maior taxa de crescimento entre o período analisado e o maior percentual em relação à área de todos os setores na categoria solo exposto, no ano de 1992 cerca de 37,87% da área do setor era de solo exposto/ uso agropecuário e passou para 85,86% no ano de 2018. Além deste crescimento significativo exibiu uma redução da área de vegetação, de 61,19% da área em 1992 para 11,64% em 2018. É necessário ressaltar que neste setor observamos as maiores variações com as categorias de vegetação (redução) e solo exposto (aumento).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica se tornou uma importante unidade espacial utilizada para o gerenciamento de atividades de uso e conservação dos recursos naturais, partir das condições atuais que se observam o grau de conservação e/ou degradação desses recursos em função do crescimento da população e do modelo de desenvolvimento adotado. Compreendemos a importância do estudo detalhado de bacias e o gerenciamento de recursos disponíveis, com base nas características físicas e aspectos como: uso e ocupação, características sociais, características econômicas e ambientais, fatores fundamentais em sua análise.

Procedido por diversas fases de análise dos componentes do sistema ambiental o Diagnóstico Físico Conservacionista atua como indicador do estado de deterioração de uma bacia hidrográfica apresentando resultados qualiquantitativos, espacializando as áreas mais críticas e atendendo à demanda do planejamento ambiental.

A análise, através do DFC, do estado de conservação na bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe serve subsídio ao controle e recuperação das áreas degradadas e manutenção do potencial hídrico do sistema, em função da importância exercida pela bacia em âmbito estadual. Com a aplicação da metodologia identificamos que, os processos de degradação física apresentam resultados negativos nos setores A e C, em decorrência do crescimento das atividades agroextrativistas e agropecuárias, não respeitando a capacidade de suporte do sistema.

O DFC indicou que o setor A mostra fragilidade aos riscos de degradação, com índice de 23,3% no ano de 2018 com crescimento se comparado ao ano de 1992. É necessário chamar a atenção para o processo de deterioração ambiental que foi indicado neste setor, mostrando ser uma área que necessita de políticas conservacionistas buscando evitar a expansão da degradação nessa área.

O setor B exibiu índice de 23,8% na escala de risco de degradação no ano de 2018, apresentando melhora quando comparado com o ano de 1992, apesar de estar inserido em uma área com forte tendência à instabilidade ambiental, por conta do expressivo relevo acidentado. De certo modo, estas condições ajudaram a preservar e recuperar parte da vegetação, como indicado pelo ICV, as atividades agropecuárias e a incidência de solo exposto nessa área são condicionantes de impactos ambientais pela ação antrópica e aumento da degradação física.

No setor C foi revelado índice de degradação de 22,4%, apesar de ser o menor índice entre os demais significa uma perda considerável da cobertura vegetal, aumento do solo exposto e a maior área destinada a atividades agropecuárias. Sendo necessário a intervenção de órgão

públicos para o desenvolvimento de diretrizes que busquem combater o avanço dessa degradação, ressaltando a importância de atividades de conscientização com a população sobre atividades que causem impactos e, conseqüentemente, o aumento da deterioração. Atividades de fiscalização, intervenção e monitoramento são primordiais nesse setor.

Diversos desequilíbrios apresentados na bacia do Médio Jaguaribe têm sua gênese atribuída a processos observados em campo, como: queimadas, desmatamento, manejo inadequado e compactação do solo, deterioração dos cursos d'água e assoreamento dos rios. Arelado aos fatores apresentados, estão a perda da cobertura vegetal o que traz como consequência os riscos de erosão, a possibilidade de formação de voçorocas, aumento no escoamento superficial e a expansão de solo exposto.

A aplicação da metodologia se mostrou de forma eficiente permitindo a realização de uma síntese da realidade ambiental, destacando os principais problemas, fragilidades e potencialidades dos recursos naturais da área pesquisada, além do manejo de recursos. Contudo, para o desenvolvimento foram necessárias adequações à proposta original por conta das condições naturais, características e peculiaridades da área, além da aquisição dos dados que subsidiassem a obtenção dos índices que compõem cada parâmetro da fórmula descritiva final.

É necessário ressaltar que ações que visando a mitigação e combate aos processos de deterioração ambiental são primordiais, podendo ser efetivadas com a contribuição das comunidades, poder público e parceria com universidades. Destacando a importância dos resultados do DFC serem associados a outros diagnósticos, possibilitando a determinação de variáveis naturais e socioambientais, resultando no diagnóstico integral.

Conclui-se que o diagnóstico físico conservacionista demonstrou ser um importante instrumento de avaliação do estado de degradação dos recursos naturais da bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER, A.N. Sertões e Sertanejos: uma geografia humana sofrida. In. **Dossiê Nordeste Seco**. Estudos Avançados 13 (36), 1999.
- ALMEIDA, I. C. S. **Susceptibilidade sócio ambiental à desertificação nos Municípios de junco do seridó e santa luzia, estado da Paraíba – Brasil**. Dissertação (Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia – PROPGEO/UECE, 2008.
- ALMEIDA, J. R. *et al.* **Política e Planejamento Ambiental**. Ed. Thex: Rio de Janeiro, 2008.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Plano nacional de recursos hídricos: prioridades 2012 - 2015**. [s.n]. 2011.
- ANDRADE, E. *et al.* **Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta para o uso adequado do capital natural**. [s.n]. Fortaleza: 1999.
- AQUINO, C. M. S de. **Suscetibilidade geoambiental das terras secas do Estado do Piauí à desertificação**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.
- ARAÚJO JÚNIOR, A. A. *et al.*. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. Irriga, Botucatu, v. 7, n. 2, 2002.
- ARAÚJO, G. H. de S; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro/RJ: Bertrand, 2010.
- ARAUJO, J. M.; ARRUDA, D. B. **Práticas de sustentabilidade no semiárido nordestino: direito ao desenvolvimento econômico-sustentável**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, 2011.
- BARACUHY, José G. de. *et al.* Deterioração físico conservacionista da micro-bacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. Campina Grande, PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 7, n.1, p.159-164, 2003.
- BARTH, F.T. *et al.* **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**, Ed. Nobel, São Paulo, 1987. 526p.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: Caderno de Ciências da Terra, v.13, p. 1-21. São Paulo, 1969.

BORMANN, F. H. & LIKENS, G. E.. Nutrient cycling. *Science* 155:424-429. 1967.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T. & BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. Bertrand Brasil, 1999. p. 269-293.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Programa nacional de microbacias hidrográficas: manual operativo**. Brasília, 1987. 60p. Disponível em endereço eletrônico: <http://www.atlas.sct.embrapa.br>. Acesso: 14 de maio de 2020.

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. **Manejo e Conservação do Solo e da Água: informações técnicas**. Brasília, 1983. 66p.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei 6.938/81. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/>. Acesso em: 28 de abril de 2020.

BUAINAIN A.M., GARCIA J.R., “Capítulo V: Pobreza Rural e Desenvolvimento do Semiárido Nordeste: Resistência, Reprodução e Transformação”, In. BuainainA.M., Dedecca C. (orgs.), **A nova cara da pobreza rural: desenvolvimento e a questão regional**, Série Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 17, Brasília IICA, fevereiro/2013.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C.. Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. In: **Fourth Inter-American Dialogue on Water Management**, 2008, Fozdo Iguaçu. Anais do IV Diálogo Interamericano de Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. v. 01.

CARVALHO, .O.; EGLER, C.A.G. **alternativas de desenvolvimento para o nordeste semiárido**. Fortaleza: BNB. 2016.

CARVALHO, Rodrigo G. As bacias hidrográficas enquanto unidade de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, presidente Prudente, n.36, 2014.

CARVALHO, S. M. & STIPP, N. A. F. Contribuição ao estudo do Balanço Hídrico no estado do Paraná: uma proposta de classificação qualitativa. **Geografia - Revista do Departamento de Geociências** - v.13, n.1 jan/jun, 2004 (revista eletrônica).

CARVALHO, S. M.. **O Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC como subsídio à gestão ambiental da bacia do rio Quebra-Perna, Ponta Grossa – PR**. Tese. Programa de Pós Graduação em Geografia, UNESP – Universidade Estadual Paulista, 2003.

CAVALCANTI, E. P. & SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino Americano Ibérico de Meteorologia**. Anais v.1, Belo Horizonte, 2012. p. 154-157.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et. al. (org.) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CEARÁ, Governo do Estado. Secretaria dos Recursos Hídricos. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano de Gerenciamento das Águas do Litoral** – Fase 1 – Estudos básicos e diagnóstico. 2010.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricas, 2010. 372p.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (Planerh)**. Fortaleza: SRH, 2005.

CHAVARE, S.. **Morphometric Analysis using GIS Techniques**: a case study of Valheri River basin, tributary of Tapi River in Nandurbar District (M.S.). 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. Blucher. São Paulo, 1980.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHUQUIPIONDO, I. G. V.. **Avaliação da estimativa do potencial de erodibilidade de solos nas margens de cursos de água: estudo de caso trecho de vazão reduzida Capim Branco I - Araguari - Minas Gerais**. Mestrado (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, 2008.

COELHO NETO, A. L. (1994). Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (1994). **Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. 1993. p. 182-193.

COGERH. **Rede de Monitoramento da qualidade de água operada pela COGERH**. 2008. Disponível em: <http://www.funceme.br/areas/monitoramento/nivel-diario-de-reservatorios>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

CONTI, José Bueno. O conceito de Desertificação. **CLIMEP**, Rio Claro, v. 3, n. 2, julho/dezembro, p. 39-52, 2008.

CORDEIRO, W.; LUNA, R. M.; CORDEIRO, V. F.; CAVALCANTE, I. N. **Águas Subterrâneas nas Bacias Hidrográficas do Ceará**. Fortaleza, 2009.

CORRECHEL, V.. **Avaliação de índices de erodibilidade dos solo através da técnica da análise da redistribuição do “Fallout” do ¹³⁷ Cs**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências, Piracicaba, 2003.

COSTA, Ademir (Ed.). **Proposta de dimensionamento do semiárido brasileiro**. Fortaleza: banco do Nordeste: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2004.

CRISPIM, A. B.. **Sistemas ambientais e vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti - Ce: subsídios ao Ordenamento territorial**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

CRONEMBERGER, F. M. **DIAGNOSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTANA**: Geotecnologias Aplicadas ao Planejamento Ambiental, 2009. Dissertação Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade Federal Fluminense.

CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1997.

CUNHA, L. H.; COELHO, M.C.N. Política e Gestão Ambiental. IN: **A questão ambiental: diferentes abordagens**. CUNHAS, S. B. da e GUERRA, A. J. T. (org). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.43-79p.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T & CUNHA, S. B. CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Degradação ambiental**. In: CUNHA, S. R.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

CUNHA, Sandra B. da.; GUERRA, Antônio J. Teixeira. Degradação ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia e meio ambiente** (Ogr.). 4. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.p. 337-380.

DANTAS, S. P. **Açudagem no nordeste brasileiro e no Ceará: estimativa de evaporação do açude Castanhão em um ano seco**. (Tese de doutorado) Universidade Federal do Ceará. 2017.

DANTAS, S.P.D., RODRIGUES, I. B. Alguns apontamentos sobre a política de açudagem no nordeste brasileiro. IN.: ZANELLA, M. E.; SALES, M.C. L. (org). **Clima e Recursos Hídricos no Ceará na perspectiva geográfica**. Expressão gráfica e Editora. Fortaleza, 2015.

DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: **Recuperação de Áreas Degradadas**, Dias, L. E. & de Mello, J.W. SOBRADE/FINEP, Viçosa, MG. p. 1-7, 1998.

DIAS, Regina Lúcia Feitosa. **Intervenções públicas e degradação ambiental no semiárido cearense (O caso de Irauçuba)**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1998. 139.

DOUROJEANNI, A. **Management procedures for sustainable development**. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo n.3*. Santiago, Chile: Economic Commission for Latin America and the Caribbean, United Nations, 1997.

DUDA, A.M.; El-Ashry, M.T. Addressing the global water and environmental crisis through integrated management of land, water and ecological resources. **Water International**, Washington, v.25, n.1, p.115-126. 2000.

DUQUE, Ghislaine. Agricultura familiar em regiões com risco de desertificação: o caso do Brasil semi-árido. In: MOREIRA, Emilia (Org.). **Agricultura familiar e desertificação**. João Pessoa, Editora universitária/ UFPB, 2006. p.77-90.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

EVANGELISTA, F. S. M., **Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Mucambinho- CE**. Dissertação. UFC, Centro de Ciências. Depto. De Geografia, Fortaleza.

FAUSTINO, J.; JIMÉNEZ, F. **Experiencias internacionales de los organismos de cuencas: programas focuencas II**, Turrialba - Costa Rica: CATIE, 2000. p. 76.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S.. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. V. 1. Nº. 1, 1994.

FERRETTI, Eliane Regina .**Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC: instrumento para o plano de bacias hidrográficas – uma aplicação na bacia do rio Tagaçaba – Município de Guaraqueçaba – PR**. Tese (Doutorado em Geografia) Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

FERRETTI, Eliane Regina. Diagnóstico **Físico-Conservacionista – DFC da bacia do Rio Marrecas – Sudoeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação e, Geologia, UFPR, 1998.

FREITAS, M. A. S. **Que Venha a Seca**, 1ª ed. Rio de Janeiro: Ed. CBJE, 2010. 473p.

FUCK JÚNIOR, S.C. de F. Subsídio à Gestão Ambiental: descrição fisiográfica e análise funcional das bacias hidrográficas do Ceará. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí - UFG**. Jataí, GO, N.10. jan-jun. 2008. Geoambiente On-Line. Disponível em: <http://www.jatai.ufg.br/geografia>. Acesso em: 23 de Novembro de 2019.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na microrregião do Médio Jaguaribe e parte das microrregiões do Baixo Jaguaribe e Serra do Pereiro**. FUNCEME, Fortaleza, 2004.

GARCIA, S. M. Florestamentos compensatórios para retenção de água em microbacias. 2001. 161f. **dissertação mestrado em Engenharia Agrícola**) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T & CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2001. p.149-209.

GUERRA, A. T & GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 3ª ed. Bertand Brasil, Rio de Janeiro, 2003. 652p.

HEWLETT, J.D., HIBBERT, A. R. Increase in water yield after several types of forest cutting. **International Association of Scientific Hydrology Bulletin** 6:5 – 17. 1961.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology.** Geol. Soc. America Bulletin (3),1945. p. 274-370.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 2012.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Bacias Hidrográficas** Fortaleza: IPLANCE, 2015.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal.** 2019.

JACOMINE, P K. T. *et al.* **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará.** Recife: DPP/DNPEA/DRN/SUDENE. 1973. Volume I. (Boletim de Pesquisa n.28).

JURCA, J.. **Classificações Climáticas: variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2005.

KURTZ, F. C., *et al.* **Diagnóstico quantitativo em unidade ambiental, Minerador do Negão (AL),** In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUK, 9., 20003. Nova Prata.

LAL, R.. **Soil erosion: research methods.** 2ª ed. Ohio: Ohio State of University Columbus. 1994, 340 p.

LEAL, A. C.. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – campinas/SP.** Dissertação de Mestrado, UNESP/IGCE, Rio Claro, 2012.

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas do Brasil. In: FREITAS, M. A. V. De (org.) **O estado das águas no Brasil.** Brasília, ANEEL, 2003. p. 139- 164.

LEITE, F. R. B. GOMES, E. C. B. BRAGA, E. L. LEITE, F. de A. B. BARRETO, M. M. S. MOTA, F. O. B. ROMERO, R. E. **Solos do Ceará: atualização taxonômica. Parte I – Latossolos e Podzólicos.** In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Gramado-RS. Anais... Gramado, 1993.

LEMOS, J.J.S. Níveis de degradação no Nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste,** Fortaleza, v. 32, n. 3 p. 406-429, jul-set. 2001.

LEPSH, I. F.; BELLINAZZI JR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4ª aproximação. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1991.

LIMA - E - SILVA, P. P. de; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S.B. da; GUERRA, A.J.T. **Avaliação e Perícia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 218 - 259.

- LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. **Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo.** 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP).** *Bragantia*. Campinas, v. 51, n. 2, 1992, p. 189 – 196.
- LOURENÇO, R. M. **Diagnóstico Físico-Conservacionista como Aporte para Análise da Degradação no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Aracatiçu- CE (Brasil).** 2013. 179 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. *In: GUERRA, A. J. T. & BOTELHO, R. G. M. (orgs.). Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e [s.n].* 2017.
- MATALLO JUNIOR, H. **A Desertificação no Brasil.** *In: Agricultura Sustentável e o semiárido. SENA, T. O.: ASSIS JÚNIOR, R. N.: ROMERO, R. E.: Silva, J. R. C..* Fortaleza, UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.
- SILVA, E. V. MATEO RODRIGUEZ, J.M. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: Ed.UFC, 2007 222p.
- MEDEIROS, C. N; GOMES, D. C. M; FALCÃO, F. C. B; PONTES, L. M. V; MENESES JÚNIOR, R. A. **As Regiões de Planejamento do Estado do Ceará.** Texto para Discussão nº 111. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, 58 p. 2015.
- MEIRELES, Antonio J. de A.. As unidades morfo-estruturais do Ceará. *In: SILVA, José Borzacchielloda. et al. (Orgs.). Ceará: um novo olhar geográfico.* Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 211-229.
- MELO, Ewerton Torres. A Microbacia Hidrográfica como unidade de planejamento ambiental: uma proposta para o semiárido do Brasil. *In: SAMPAIO, Levi Furtado et al. (Orgs.). Diálogos sobre Sociedade, Natureza e Desenvolvimento.* Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 133-144.
- MENEZES R.; SAMPAIO, E.V.S.B. agricultura sustentável n semi-árido nordestino. *In: OLIVEIRAS, TS.; ROMERO, R.E.; ASSIS Jr., R.N.; SILVA, J.R.C.S. (eds). Agricultura, sustentabilidade e semi-árido.* Fortaleza, SBCS, DCS-UFC. 2000.
- MORAGAS, W. M. **Análise do sistema ambiental do alto rio Claro - Sudoeste de Goiás:** Contribuição ao planejamento e gestão. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** INPE, São José dos Campos, 2001. 250p.
- MOTA, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos.** 3a Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008. 343p.
- MOTA, S.. **Planejamento urbano e preservação ambiental.** Fortaleza: Edições UFC, 1981.

NASCIMENTO, F. R do *et al.* Enfoque Geoambiental para o Tratamento da Degradação/Desertificação no Município de Sobral – Nordeste do Brasil/Ceará. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.1, n.2, p.49-70, 2007.

NASCIMENTO, F. R. Os recursos hídricos e o trópico semiárido no Brasil. **GEOgraphia**, vol. 15, n. 29, p. 63-81, 2012.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G.. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. Publicado na revista eletrônica da **Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, n. 7, maio de 2008.

NIMER, E. **Desertificação: Realidade ou Mito?**. Núcleo de Apoio à Pesquisa Acadêmica, UFPE, 1986.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço hídrico e clima da região dos cerrados**. 1999.

NOLÊTO, T. M. S. J. **Suscetibilidade geoambiental das terras secas da microrregião de Sobral – CE à desertificação**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

NOVAES, Washington. **A década do Impasse: da Rio-92 à Rio+10**. São Paulo: Estação Liberdade, 2002.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Edgar Blucher, São Paulo, 1989. p 1-8.

O'SULLIVAN, P. E.. The Ecosystem - Watershed Concept in the Environmental Sciences - A Review. **Intern. J. Environmental Studies**, 13:273-281. 1979.

ODUM, E. P.. **Ecology and Our Endangered Life-supot Systems**. 2ª Ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, 1993.

ODUM, Eugene P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: CBS - Interamericana, 1985.

OLIVEIRA, V. P. V. de. A problemática da degradação dos recursos naturais no domínio dos sertões secos do estado do Ceará-Brasil. In: SILVA, José Borzacchielloda. *Et al.* (Orgs.). **Litoral e Sertão, natureza sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 209-222.

OLIVEIRA, Zacharias B. **Análise da Desertificação nos Sertões dos Inhamuns – Ceará, no contexto das políticas públicas e o papel da mídia**. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2008.

OLIVEIRA, Zacharias Bezerra de. Degradação no semiárido, políticas públicas, literatura e mídia. In: SAMPAIO, Levi Furtado et. al. (Orgs.). **Diálogos sobre Sociedade, Natureza e Desenvolvimento**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 77–98.

PAGNOCCHESCHI, B. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. In: LITTLE, P. E. Políticas ambientais no Brasil: Análises, instrumentos e experiências. Brasília: IIEB, 2003. p.241-258.

PAN. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca** – PAN-Brasil. 2004.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas** - Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. **A relação entre Planos de Bacia Hidrográfica e Planos Diretores Municipais**: Análise de conflitos e interlocuções visando políticas públicas integradas. V Encontro Nacional da Anppas, 2010.

PINHEIRO, R. A. B.. **Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do riacho feiticeiro, com base no DFC, município de Jaguaribe/Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 2011.

PIRES, J. S. R. & SANTOS, J. E. **Bacias Hidrográficas – Interação entre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. *Ciência Hoje*. v.19, n. 110, 1995. p. 40-45.

POLETTE *et al.* Gerenciamento costeiro integrado e gerenciamento de recursos hídricos: como compatibilizar tal desafios. In: MUNOZ, Hector Raúl (Org.). **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1993.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos avançados, 2008.

QUEIROZ, P. H. B.. **Planejamento ambiental aplicado a um setor do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti – CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, 2010.

ROCHA, A. B. **Aplicação do Diagnóstico Físico-Conservacionista- DFC na microbacia do município de Luis Gomes – RN**. Monografia (Especialização em Geografia do Nordeste – Desenvolvimento Regional e Gestão do Território), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2008.

ROCHA, J.S.M. da; KURTS, S.M.J.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4 ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2008. 120p.

RODRIGUES, Cleide.; ADAMI, Samuel. **Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas**. In: VENTURI, Luis antonio Bittar (Org.). *Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia e análise ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

RODRIGUES, Valdemar. *et al.* Avaliação do Quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectivas. In: GOMES, Gustavo Maia et al. (Orgs.). **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 1997. Cap. 12, p. 263-302.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da.; LEAL, A. C. Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas. In: SILVA, Edson Vicente da. *et al.* (Orgs.). **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas (Tomo 1)** – planejamento e gestão de bacias hidrográficas. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

ROMKENS, M. J. M; PRASAD, S. N.; POESEN, J. W. A. Soil erodibility and properties. 1997.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia; n. 8, p. 63 – 74. São Paulo, USP, 1994.

ROSS, J. L. S.; PRETTE, M. E. D. **Recursos Hídricos e as bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental**. Revista do Departamento de Geografia n.12, 1998.

ROWNTREE, K. **Political and administrative constraints on integrated river basin development: an evaluation of the Tana and Athi Rivers**. Applied Geography, Chicago, v.10. n.1, p.21-41, 1990.

ROXO, M. J. MOURÃO, J. M. Desertificação: a percepção pública do fenômeno. **Revista Florestal**, v. XI n. 1, p.27 – 34, 1998.

SALES, M. C. L. Degradação ambiental em Gilbués, Piauí. **MERCATOR**, ano 2, n. 4. Fortaleza:2004.

SALES, M. C. L. **Estudo da Degradação Ambiental em Gilbués – PI. Reavaliando o “Núcleo de Desertificação”**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1997.

SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfo-pedológicos e fito-ecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba – Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SALES, M. C. L. **Evolução dos estudos de desertificação no nordeste brasileiro**. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 11, pp.115–126, 2002.

SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M.; OLIVEIRA, J. G. B. Climate and desertification in the Picos region. In: GAISER, T...(ed). **Global change and regional impacts: water availability of ecosystems and society in the semiarid northeast of Brasil**. Berlin: Springer, 2003.

SALES, Marta Celina Linhares. Panorama da desertificação no Brasil. In: MOREIRA, Emilia (Org.). **Agricultura familiar e desertificação**. João Pessoa, Editora universitária/ UFPB, 2006. p.33-50.

SAMPAIO, E.v.s.b; SALCEDO, I.H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros. E CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. 1997. **Anais...** Rio de Janeiro, 1997.

SAMPAIO, Everaldo V.S.B.; ARAÚJO, Maria do Socorro B.; SAMPAIO, Yony S.B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA**, v. 22, nº 1, jan/jun. 2005.

SANTOS, G. M.. et al.. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.4, nº. 3, p.142–149, 2010.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCAPANI, GISELE PATRICIA. **Diagnóstico físico conservacionista e sua relação com a sedimentação e preferências da paisagem**. Dissertação de mestrado Universidade Federal de Santa Maria. 2006.

SHIMABUKURO, Y. E. **Índice de Vegetação e Modelo Linear de Mistura Espectral no Monitoramento da região do Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. (33): 1729-1737, 1998.

SHIRAZI, M. A. BOERSMA, L.A. **A unifying quantitative analyses of soil texture**. *Soil Science Society of America Proceedings*, Las Vegas, 48 (1): 1984, p. 142-147.

SHIRAZI, M. A.; BOERSMA, L. A. A. Unifing quantitative analyses of soil texture. *Soil Science Society of America Proceedings*. V. 48, n. 1, 1984. p. 142-147.

SILVA NETO, J. A.; SALES, M. C. L.; Considerações sobre a Aplicabilidade da Classificação Climática de Thornthwaite no contexto semiárido do Nordeste brasileiro: estudo de Caso da Serra de Baturité e seu entorno. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2020.

SILVA, A. M. **Erosão e Hidrossedimentologia**. São Carlos: RiMa, 2003.

SILVA, A.R.M. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006. Tese (Doutrado) – Universidade de Brasília, 2006. Brasília: UNB: 2006.

SILVA, H. D. B.. **Estudo do Índice de Vegetação no Município de Floresta - PE, utilizando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Universidade Federal de Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife-PE, 2009.

SILVA, J. R. C. **Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos de determinação**. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1994.

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. SENNA, T. O.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Edit.). Fortaleza, UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 406p.

SOBRINHO, J. F. & FALCÃO, C. L. C. **Agricultura no semi-árido cearense e técnicas de monitoramento do processo erosivo**. In: SOBRINHO, J. F. & FALCÃO, C. L. C. (orgs.). *Semi-árido: diversidades, fragilidades e potencialidades*. Sobral Gráfica; Sobral, 2006. 213p.

SOUZA, M. J. N. **Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará**. In: LIMA, L. C. et al. *Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará*.

SOUZA, M. J. N. *Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará*. In: SILVA, José Borzacchielloda. *et al.* (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 211-229.

SOUZA, M. L. de. Planejamento integrado e desenvolvimento: verdades e limites. In: **Geografia, espaço e memória**. São Paulo: Terra Livre. A.G.B., 1992. n.10,p.123 – 139.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Desertificação: Recuperação e Desenvolvimento Sustentável. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 7ª Ed, 2009, p.249-289.

THORNTHWAITE, C. W **Instructions and tables for Computing Potencial Evapotranspiration and the Water Balance**. Publications in Climatology, Centerton, New Jersey, v. X, n. 3, 1957.

THORNTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate**. The Geographical Review, XXXVII, New York, 1948. p. 55-94.

THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. Centerton, New Jersey, v. VIII, p.1, 1955. 84p.

TUCCI, C. E. M., (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/EDUSP.

UNEP - United Nations Environmental Program **Status of desertification and implementation of the United nations plan of action to combat desertification**. Nairóbi, UNEP, 1991.

VACCARO, S. **Crescimento de uma floresta estacional decidual, em três estágios sucessionais, no município de Santa Tereza, RS, Brasil**. 2002. 137f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z de A. **A eficiência de medidas de recuperação de áreas degradadas: propostas metodológicas**. Floresta, 1997, v.27, n1/2, p.101-114.

VALLE JUNIOR, Renato Farias do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. Jaboticabal, 2008..

VAREJÃO -SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. 2. ed. Brasília, DF: INMET, 2001. 532p. em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 2011.

VASCONCELOS, M.A.; GARCIA, M.E. **Fundamentos de economia**. São Paulo: Saraiva, 1998.

VIEIRA, D. M.; TEIXEIRA, P.W. G. do N.; LOPES W. G. R.; **Identificação dos Usos e Ocupações do Solo nas Áreas de Preservação Permanente do Rio Poti e Sua Compatibilidade Legal no Perímetro Urbano de Teresina, Piauí- Brasil** in: VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Fortaleza, 2007.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill, 1975. 245p.

YEVJEVICH, V., Hall, W. A., and Salas, J. D.: Drought research needs, in: Proc. **of the Conference on Drought Research Needs**, December 12–15, 1977, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, USA, 276 pp., 1978.

ZANELLA, M. E.; COSTA, M. C. L. ; PANIZZA, A. ; ROSA, S. V. . Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza. In: DANTAS, E.W.; COSTA, MC.L.. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2007, v. 01, p. 191-215.