



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

**RONALDO MENDES LOURENÇO**

**PROPOSTA DE MODELO FÍSICO-SOCIOAMBIENTAL PARA O ESTUDO DE**  
**BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS DO NORDESTE SETENTRIONAL**  
**(BRASIL)**

**FORTALEZA**  
**2018**

RONALDO MENDES LOURENÇO

PROPOSTA DE MODELO FÍSICO-SOCIOAMBIENTAL PARA O ESTUDO DE BACIAS  
HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS DO NORDESTE SETENTRIONAL (BRASIL)

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de Concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial do Nordeste Semiárido.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Celina Linhares Sales.

FORTALEZA

2018

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)

---

- L936p Lourenço, Ronaldo.  
Proposta de Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de Bacias Hidrográficas Semiáridas do Nordeste Setentrional (Brasil) / Ronaldo Lourenço. – 2018.  
208 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Marta Celina Linhares Sales .
1. Modelo Físico-Socioambiental. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Degradação Ambiental. 4. Sustentabilidade Ambiental Municipal. I. Título.

CDD 910

---

RONALDO MENDES LOURENÇO

PROPOSTA DE MODELO FÍSICO-SOCIOAMBIENTAL PARA O ESTUDO DE BACIAS  
HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS DO NORDESTE SETENTRIONAL (BRASIL)

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de Concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial do Nordeste Semiárido.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Celina Linhares Sales.

Aprovada em: 29 / 01 / 2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Celina Linhares Sales (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

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

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana Maria Oliveira Silva  
Universidade Regional do Cariri (URCA)

---

Prof. Dr. Frederico de Holanda Bastos  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Manuel Rodrigues de Freitas Filho  
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)

A minha família e aos meus amigos e amigas.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Edmar Lourenço e Rosiana Mendes Lourenço, por todo o amor e pelo entendimento que me fizeram ter da importância dos estudos. Uma vida só, não será o suficiente para vivermos o amor que temos um pelos outros. Amo vocês.

Ao meu irmão, Gustavo Mendes Lourenço, que me apoia em minhas decisões, me inspira com a sua inteligência e me faz compreender a importância de ser um irmão mais velho.

A minha prima, Edfrance Linhares, pelo apoio em meus estudos e por acreditar no meu potencial desde os tempos de escola.

A minha orientadora, Marta Celina Linhares Sales, por ser uma das maiores responsáveis pela minha formação como professor e pesquisador, desde o período da graduação. Obrigado pela paciência, compreensão, apoio, respeito e amizade.

A Andrea Bezerra Crispim agradeço por todos os ensinamentos sobre a vida, sobre a ciência geográfica e pelas críticas duras, que muitas vezes não compreendia, mas que me fizeram evoluir durante a minha formação como professor e pesquisador. Obrigado também pelas ideias e orientações que contribuíram para a evolução desse estudo. Agradeço pela sua irmandade, amizade, amor, companheirismo e por acreditar no meu potencial.

A Helania Martins, por toda amizade, companheirismo, lealdade, sinceridade, proteção e confidências. Aprendi e aprendo todos os dias com você. Obrigado por me fazer ser todos os dias um ser humano melhor, por me compreender, me aconselhar e por fazer parte da sua vida.

A Camila de Freitas Câmara, por toda a amizade, sinceridade e lealdade. Obrigado por ter contribuído para a minha formação geográfica, por dividir e compartilhar as angústias e conquistas e por você fazer parte da minha vida.

A Carolina Carneiro Magalhães, pela amizade, lealdade, irmandade e por fazer parte de minha trajetória acadêmica e de vida. Compartilhamos diversos momentos de conquistas e de frustrações juntos. Tenho a certeza que ainda continuaremos por muito tempo juntos nessa loucura que é viver.

A Juliana Felipe Farias, pela amizade, sinceridade, lealdade e por fazer parte da minha vida e da minha formação como geógrafo. Obrigado também por acreditar no meu potencial e por me incentivar alçar voos cada vez maiores. Você me inspira com a sua personalidade forte e os comentários mais engraçados que eu escuto.

As grandes amigas Lia Moita, Liana Rodrigues e Rafaella Fernandes pela amizade, sinceridade e irmandade. Obrigado pelo apoio durante essa trajetória e por me ajudarem a compreender o que realmente importa na vida.

A Jeovana Barbosa e a Alexandrina Souza, pela amizade, incentivo e apoio. A vida não teria a mesma alegria e graça sem vocês.

Às minhas grandes amigas, Gisela Parente, Daniele Lima, Herbene Gurgel, Socorro Pires, Rejane Medeiros, Cláudia Bergues, Regina Medeiros, Simonea Oliveira e Jamille Ferreira por toda a amizade, apoio e motivação. Com vocês eu aprendo todos os dias sobre a vida, a amizade e sobre o que é ser profissional.

A irmã de coração, Deirdry Sousa, por toda amizade, sinceridade, lealdade e companheirismo. Obrigado por fazer parte da minha vida e por me incentivar a correr atrás dos meus sonhos.

Ao amigo, Rodrigo Cavalcante, pela amizade, apoio e incentivo. Você me inspira como professor, pesquisador e poeta da vida.

Aos Amigos, João Luís Sampaio e Felipe da Rocha Borges, pela amizade e ensinamentos sobre geoprocessamento.

Aos docentes do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, em especial as professores Edson Vicente da Silva, Christian Dennys de Monteiro de Oliveira, Maria Eliza Zanella, Maria Clélia Lustosa Costa e Maria Edivani Silva Barbosa pelas contribuições ao longo da minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

A todos que me apoiaram e colaboraram de alguma forma para a realização desse estudo.

“O presente não é um passado em potência, ele é o momento da escolha e da ação.”

(Simone de Beauvoir)

## RESUMO

A formulação e aplicação da “Proposta de Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de Bacias Hidrográficas Semiáridas do Nordeste Setentrional” tiveram como objetivo analisar o estado de degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Cruxati (CE), unidade piloto desse estudo. O modelo é representado pelo “Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA)” que envolve os seguintes elementos: i) Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal para os períodos de 1985, 2001 e 2015; ii) Dinâmica Regressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário para os períodos de 1985, 2001 e 2015; iii) Severidade Climática (SC); iv) Declividade Média (DM); v) Erosividade das Chuvas (R); e vi) Erodibilidade dos Solos (K). E visando demonstrar o cenário socioeconômico e socioambiental da região estudada, criou-se o “Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS)”, que expressa por meio de matrizes de interação quali-quantitativas, os resultados encontrados na área de estudo, sendo elas: i) Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI); ii) Matriz de Interferência Socioambiental (MIS); iii) Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA); e iv) Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento Ambiental (MSGPA). Entre os procedimentos metodológicos adotados, pode-se destacar o levantamento de material bibliográfico e documental sobre a área de estudo, a produção de materiais geocartográficos e a realização de trabalhos de campo. Os resultados obtidos pela aplicação do EDFA e do EPSS indicaram um avanço dos processos de degradação na região estudada, assim como a ineficiência do processo de gestão e de planejamento ambiental dos municípios inseridos na bacia que subsidiaram a construção de um conjunto ordenado de ações, que servem de base para garantir a sustentabilidade ambiental municipal e regional no contexto geográfico de bacias hidrográficas semiáridas.

**Palavras-Chave:** Modelo Físico-Socioambiental. Bacia Hidrográfica. Degradação Ambiental. Sustentabilidade Ambiental Municipal.

## ABSTRACT

The formulation and application of the "Proposal of a socio-environmental physical model for the study of the semi-arid hydrographic basin of the Northeast of Brazil" had aimed to analyze the situation of environmental degradation of the Cruxati river watershed in the state of Ceará, the pilot unity of this study. The model is represented by State of Physical-Environmental Degradation (SFED) which involves the following elements: i) Regressive Dynamics of the Plant Cover for the periods of 1985, 2001 and 2015; ii) Regressive Dynamics of Exposed Soils / Agricultural Use for the periods of 1985, 2001 and 2015; iii) Climatic Severity (CS); iv) Mean Slope (MS); v) Rainfall Erosivity (R); and vi) Erodibility of Soils (K). Aiming to demonstrate the socioeconomic and socio - environmental scenario of the studied region, the State of Socioeconomic and Socio - environmental Pressure (SSSP) was created, which demonstrates through qualitative and quantitative interactions matrices, the results obtained in the study area, the matrices are: i) Qualitative Matrix of Regressive and Progressive Dynamics of Impact (QMRPDI); ii) Matrix of Socio-Environmental Interference (MSI); iii) Socioeconomic / Agricultural and Agro-extractive Dynamics Matrix (AADM); and iv) Sustainability, Management and Environmental Planning Matrix (SMEPM). Amid the methodological procedures used, it is possible to emphasize the survey of the bibliographical and documentary material about the study area, the production of geographic and cartographic materials and the carrying out of fieldwork. The results attained by the application of SFED and SSSP indicate an advance of degradation processes in the studied region, as well as reveals the inefficiency of the management process and environment planning of the city inserted in the watershed that supported the construction of an orderly set of actions, which serve as a basis for ensuring municipal and regional environmental sustainability without the geographical context of semi-arid watersheds.

**Keywords:** Physical and Socio-environmental Model. Watershed. Environmental Deterioration. Municipal Environmental Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Substrato da relação Bacia Hidrográfica + Gerenciamento + Conservação dos Recursos Naturais.....	43
Figura 02 – Possibilidades de transformações dos Sistemas Ambientais Naturais.....	56
Figura 03 – Maciço residual disposto em depressão sertaneja.....	119
Figura 04 – Perfil topográfico longitudinal do setor A na bacia hidrográfica do rio Cruxati.....	121
Figura 05 – Perfil topográfico longitudinal do setor B na bacia hidrográfica do rio Cruxati.....	122
Figura 06 – Perfil topográfico longitudinal do setor C na bacia hidrográfica do rio Cruxati.....	123
Figura 07 – Prática de brocagem do solo associada ao desmatamento e a queimada.....	131
Figura 08 – Pecuária extensiva praticada próximo a um afluente do rio Cruxati.....	132
Figura 09 – Área de extração da palha da Carnaúba praticada próximo a um afluente do rio Cruxati.....	132
Figura 10 – Área de cajucultura e uso agrícola.....	133
Figura 11 – Área de lavoura temporária submetida à queimada para o preparo do solo.	146
Figura 12 – Localização geográfica dos postos pluviométricos.....	162

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade de Pó de Carnaúba produzida no município de Amontada.....	137
Gráfico 02 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade Carvão Vegetal produzido no município de Amontada.....	138
Gráfico 03 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade Lenha produzida no município de Amontada.....	138
Gráfico 04 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade de Pó de Carnaúba produzida no município de Itapipoca.....	139
Gráfico 05 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade Carvão Vegetal produzido no município de Itapipoca.....	140
Gráfico 06 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade Lenha produzida no município de Itapipoca.....	140
Gráfico 07 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade de Pó de Carnaúba produzida no município de Miraíma.....	141
Gráfico 08 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade Carvão Vegetal produzido no município de Miraíma.....	142
Gráfico 09 –	Extração vegetal e silvicultura – Quantidade Lenha produzida no município de Miraíma.....	142
Gráfico 10 –	Produção Agrícola – Lavoura de Feijão – Área Plantada e Área Colhida no município de Amontada .....	146
Gráfico 11 –	Produção Agrícola – Lavoura de Feijão – Área Plantada e Área Colhida no município de Itapipoca.....	147
Gráfico 12 –	Produção Agrícola – Lavoura de Feijão – Área Plantada e Área Colhida no município de Miraíma.....	147
Gráfico 13 –	Produção Agrícola – Lavoura de Mandioca – Área Plantada e Área Colhida no município de Amontada .....	148
Gráfico 14 –	Produção Agrícola – Lavoura de Mandioca – Área Plantada e Área Colhida no município de Itapipoca.....	148
Gráfico 15 –	Produção Agrícola – Lavoura de Mandioca – Área Plantada e Área Colhida no município de Miraíma.....	149
Gráfico 16 –	Produção Agrícola – Lavoura de Milho – Área Plantada e Área	149

	Colhida no município de Amontada .....	
Gráfico 17 –	Produção Agrícola – Lavoura de Milho – Área Plantada e Área Colhida no município de Itapipoca.....	150
Gráfico 18 –	Produção Agrícola – Lavoura de Milho – Área Plantada e Área Colhida no município de Miraíma.....	150
Gráfico 19 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Feijão – Rendimento Médio no município de Amontada.....	151
Gráfico 20 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Feijão – Rendimento Médio no município de Itapipoca.....	151
Gráfico 21 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Feijão – Rendimento Médio no município de Miraíma.....	152
Gráfico 22 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Mandioca – Rendimento Médio no município de Amontada.....	152
Gráfico 23 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Mandioca – Rendimento Médio no município de Itapipoca.....	153
Gráfico 24 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Mandioca – Rendimento Médio no município de Miraíma.....	153
Gráfico 25 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Milho – Rendimento Médio no município de Amontada.....	154
Gráfico 26 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Milho – Rendimento Médio no município de Itapipoca.....	154
Gráfico 27 –	Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Milho – Rendimento Médio no município de Miraíma.....	155
Gráfico 28 –	Pecuária – Efetivo de Rebanhos de bovinos, ovinos e caprinos em Amontada.....	156
Gráfico 29 –	Pecuária – Efetivo de Rebanhos de bovinos, ovinos e caprinos em Itapipoca.....	156
Gráfico 30 –	Pecuária – Efetivo de Rebanhos de bovinos, ovinos e caprinos em Miraíma.....	157
Gráfico 31 –	Índice Global de Impacto dos elementos sujeitos as condições impactantes.....	174
Gráfico 32 –	Índice de Dinamismo Socioeconômico associados aos fatores/elementos dinamizadores.....	178

Gráfico 33 – Índice de Amplitude Socioambiental associado aos instrumentos/agentes de sustentabilidade.....	184
---	-----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Magnitude na MIS.....	96
Tabela 02 – Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Importância na MIS.....	97
Tabela 03 – Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Magnitude na MDSAA.....	98
Tabela 04 – Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Importância na MDSAA.....	98
Tabela 05 – Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Magnitude na MSGP.....	100
Tabela 06 – Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Importância na MSGP...	101
Tabela 07 – Dinâmica Regressiva de Cobertura Vegetal (DRCV) para os períodos de 1985, 2001 e 2015.....	136
Tabela 08 – Classes de Dinâmica Regressiva de Cobertura Vegetal (DRCV) – 1985, 2001 e 2015.....	143
Tabela 09 – Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário para os períodos de 1985, 2001 e 2015.....	145
Tabela 10 – Classes de Exposição da Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário (DPSEUA).....	159
Tabela 11 – Postos pluviométricos selecionados para o estudo.....	162
Tabela 12 – Precipitação média mensal entre os anos de 1985 a 2016.....	163
Tabela 13 – Temperatura média mensal da série histórica dos postos pluviométricos...	164
Tabela 14 – Síntese dos resultados do balanço hídrico para cada posto pluviométrico..	165
Tabela 15 – Índices obtidos pelo método de Thornthwaite e Mather (1957).....	166
Tabela 16 – Erosividade da Chuva (R) mensal e anual referente aos postos pluviométricos.....	168
Tabela 17 – Valores de Erodibilidade (K) das associações de solos da bacia hidrográfica do rio Cruxati.....	170
Tabela 18 – Classes de Erodibilidade para as associações de solos.....	170

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Principais impactos socioambientais relacionados a diferentes sistemas ambientais.....	55
Quadro 02 – Principais problemas ambientais municipais.....	57
Quadro 03 – Elementos-chave para o desenvolvimento sustentável em nível municipal.....	67
Quadro 04 – Indicadores físicos-ambientais selecionados para a composição do modelo.....	75
Quadro 05 – Tipos de clima em razão do Índice Efetivo de Umidade (Im).....	79
Quadro 06 – Índices de Aridez (Ia) para diferentes classificações climáticas.....	80
Quadro 07 – Intervalos de severidade climática com respectivas classes.....	81
Quadro 08 – Intervalos de (R) com as classes correspondentes.....	84
Quadro 09 – Intervalos de (K) com respectivas classes.....	87
Quadro 10 – Classes de relevo para o indicador DM.....	89
Quadro 11 – Dinâmica Regressiva de Cobertura Vegetal (DRCV).....	91
Quadro 12 – Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário (DPSEUA)..	92
Quadro 13 – Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI).....	96
Quadro 14 – Matriz de Leopold adaptada.....	97
Quadro 15 – Matriz de Dinâmica Socioeconômica; Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA).....	99
Quadro 16 – Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP).....	102
Quadro 17 – Dados por setores censitários utilizados para a elaboração de produtos cartográficos.....	103
Quadro 18 – Material Cartográfico e sensores remotos utilizados na pesquisa.....	106
Quadro 19 – Síntese das Características Geológicas da Bacia do rio Cruxati.....	120
Quadro 20 – Associações de Solos Identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	128

## LISTA DE MAPAS

Mapa 01 –	Informações Básicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	28
Mapa 02 –	Geologia da Bacia Hidrográfica do rio Cruxati.....	116
Mapa 03 –	Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	118
Mapa 04 –	Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	129
Mapa 05 –	Associações de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	129
Mapa 06 –	Unidades Fitoecológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	130
Mapa 07 –	Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	136
Mapa 08 –	Dinâmica Regressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	144
Mapa 09 –	Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati (1985).....	159
Mapa 10 –	Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati (2001).....	160
Mapa 11 –	Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati (2015).....	160
Mapa 12 –	Severidade Climática da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	166
Mapa 13 –	Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	167
Mapa 14 –	Erosividade da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	169
Mapa 15 –	Erodibilidade dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	171
Mapa 16 –	Espacialização Socioeconômica com Base nos Setores Censitários (IBGE, 2010) - Variável Renda.....	179
Mapa 17 –	Espacialização Socioeconômica com Base nos Setores Censitários (IBGE, 2010) - Variável Situação dos Domicílios – Saneamento Básico...	186
Mapa 18 –	Espacialização Socioeconômica com Base nos Setores Censitários (IBGE, 2010) - Variável Entorno - Abastecimento de Água.....	186

## **LISTA DE CARTA-IMAGEM**

Carta-Imagem 01 – Tipologias de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.....	120
--	-----

## MATRIZES INTERATIVAS

Matriz 01 – Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI).....	173
Matriz 02 – Matriz de Interferência Socioambiental (MIS).....	176
Matriz 03 – Matriz de Dinâmica Socioeconômica; Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA).....	181
Matriz 04 – Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP).....	183

## LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 01 – Elementos-Chave para a Promoção do Desenvolvimento Socioeconômico e Socioambiental no Semiárido.....	41
Fluxograma 02 – Problemáticas habituais que são observadas em Bacias Hidrográficas.....	45
Fluxograma 03 – Vantagens da adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de intervenção.....	48
Fluxograma 04 – Proposta de Modelo Espacial para o Estudo da Bacia Piloto do Rio Cruxati (CE).....	53
Fluxograma 05 – Estrutura que compõe um Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA).....	62
Fluxograma 06 – Aspectos fundamentais para o estabelecimento do desenvolvimento sustentável em nível municipal.....	66
Fluxograma 07 – Ação participativa popular na busca por uma Política Socioambiental efetiva.....	69
Fluxograma 08 – Planejamento estratégico do Desenvolvimento Sustentável a Nível Municipal.....	72
Fluxograma 09 – Roteiro das Etapas Metodológicas e Operacionais da Pesquisa.....	110

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
ARM	Armazenamento de Água no Solo
BH	Bacia Hidrográfica
BHRC	Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati
CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DEF	Deficiência Hídrica
DM	Declividade Média
DPSEUA	Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/ Uso Agropecuário
DRCV	Dinâmica Regressiva de Cobertura Vegetal
EDFA	Estado de Degradação Físico-Ambiental
EIAS	Estudos de Impactos Ambientais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	Eventos El Niño-Oscilação Sul
EPSS	Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental
ETP	Evapotranspiração Potencial
ETR	Evapotranspiração Real
EUPS	Equação Universal de Perdas de Solo
EXC	Excedente Hídrico
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia

IA	Índice de Aridez
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDACE	Instituto de Desenvolvimento Agrário
Im	Índice Efetivo de Umidade
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
K	Erodibilidade dos Solos
LAGEPLAN	Laboratório de Geoecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental
LCGRH	Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos
LI	Linhas de Instabilidade
MDSAA	Matriz de Dinâmica Socioeconômica, Agropecuária e Agroextrativista
MIS	Matriz de Interferência Socioambiental
MQDRPI	Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto
Ms	Meses Secos
MSGP	Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento
ONGs	Organizações Não-Governamentais
P	Precipitação
PNM	Bacia do Oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar
PRODHAM	Programa de Desenvolvimento Hidroambiental
PROGERIRH	Programa de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos
PRONAF Familiar	Projeto São José, Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
R	Erosividade da Chuva

REM	Radiação Eletromagnética
RIMAs	Relatórios de Impactos Ambientais
SC	Severidade Climática
SEMACE	Superintendência Estadual de Meio Ambiente
SIGs	Sistemas de Informações Geográficas
SIRH/CE	Sistema de Informações dos Recursos Hídricos do Ceará
SISMUMA	Sistema Municipal de Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SRH/CE	Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TSM	Temperatura da superfície do mar
TVA	<i>Tennessee Valley Authority</i>
UC	Unidades de Conservação
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	27
2	<b>ENFOQUES TEÓRICOS NO CONTEXTO DOS ESTUDOS FÍSICO-SOCIOAMBIENTAIS SOB O PRISMA DA CIÊNCIA GEOGRÁFICA.....</b>	31
2.1	Breves considerações sobre os estudos físico-socioambientais na Geografia Física.....	31
2.2	O paradoxo sociedade/natureza no cerne do semiárido: contextos e paradigmas sobre desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade socioambiental.....	35
2.3	Visão sistêmica em bacias hidrográficas semiáridas nos estudos de Geografia Física.....	42
2.4	A deterioração ambiental no semiárido nordestino e cearense: implicações para a conservação dos recursos naturais.....	48
2.5	A importância de estudos de modelagem ambiental na Geografia.....	50
3	<b>A IMPORTÂNCIA DA MUNICIPALIZAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL PARA AS POLÍTICAS DE SUSTENTABILIDADE NO SEMIÁRIDO.....</b>	54
3.1	A complexidade socioambiental na interface com a gestão municipal no semiárido.....	54
3.2	Debates sobre a municipalização de uma política socioambiental efetiva.....	63
3.3	Desafios para a implementação da sustentabilidade ambiental: uma ação conjunta entre poder público, sociedade civil, universidades e ONGs.....	70
4	<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO/DEGRADAÇÃO FÍSICO-SOCIOAMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS.....</b>	73
4.1	Bases e fundamentos metodológicos .....	73
4.1.1	<i>Fatores físico-Ambientais na composição do modelo.....</i>	74
4.2	<i>Inputs físicos aplicados na avaliação do Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA).....</i>	76

4.2.1	<i>O Fator Severidade Climática (SC).....</i>	76
4.2.2	<i>Potencial erosivo pluviométrico e a Erosividade (R).....</i>	81
4.2.3	<i>A susceptibilidade erosiva dos solos e a Erodibilidade (K).....</i>	84
4.2.4	<i>Declividade Média (DM) e sua relação com os processos erosivos.....</i>	87
4.2.5	<i>Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal (DRCV) e a Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/ Uso Agropecuário (DPSEUA).....</i>	89
<b>4.3</b>	<b>Bases metodológicas na formulação das matrizes de Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambientais (EPSS).....</b>	<b>92</b>
4.3.1	<i>Matrizes de projeções socioeconômicas e socioambientais como indicadores qualitativos sobre o panorama de bacias hidrográficas semiáridas.....</i>	92
<b>4.3.2</b>	<b>Matrizes formuladas.....</b>	<b>94</b>
4.3.2.1	<i>Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI).....</i>	95
4.3.2.2	<i>Matriz de Interferência Socioambiental (MIS).....</i>	96
4.3.2.3	<i>Matriz de Dinâmica Socioeconômica, Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA).....</i>	98
4.3.2.4	<i>Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP).....</i>	100
<b>4.4</b>	<b>Elaboração de mapas temáticos associados aos inputs físico-ambientais e socioeconômicos.....</b>	<b>103</b>
<b>4.5</b>	<b>Procedimentos metodológicos e levantamento geocartográfico.....</b>	<b>104</b>
4.5.1	<i>Fase de organização e inventário.....</i>	104
4.5.2.	<i>Fase de análises.....</i>	106
4.5.3.	<i>Fase de diagnóstico.....</i>	108
4.5.4.	<i>Fase propositiva.....</i>	109
<b>5</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES GEOAMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA PILOTO DO RIO CRUXATI (BHRC).....</b>	<b>111</b>
<b>5.1</b>	<b>Navegando pelos meandros do rio Cruxati: o processo de ocupação/ Povoamento na configuração territorial.....</b>	<b>111</b>
<b>5.2</b>	<b>Caracterização geoambiental para o entendimento dos processos e dinâmicas do meio físico.....</b>	<b>114</b>
<b>5.3</b>	<b>Levantamento dos componentes geoambientais da BHRC.....</b>	<b>114</b>
5.3.1	<i>Componentes geológicos/geomorfológicos.....</i>	114

5.3.2	<i>Aspectos hidroclimáticos.....</i>	124
5.3.3	<i>Características pedológicas e fitoecológicas.....</i>	127
<b>6</b>	<b>APLICAÇÃO DO ESTADO DE DEGRADAÇÃO FÍSICO-AMBINETAL (EDFA) E DO ESTADO DE PRESSÃO SOCIOECONÔMICA E SOCIOAMBIENTAL (EPSS) NA BACIA DO CRUXATI.....</b>	<b>135</b>
<b>6.1</b>	<b>Projeção dos resultados do estado de degradação físico-ambiental (EDFA) na bacia do Cruxati.....</b>	<b>135</b>
6.1.1	<i>Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal (DRCV) para os períodos de 1985, 2001, 2015.....</i>	135
6.1.2	<i>Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/ Uso Agropecuário (DPSEUA) para os períodos de 1985, 2001, 2015.....</i>	143
6.1.3	<i>Severidade Climática (SC).....</i>	161
6.1.4	<i>Declividade Média (DM).....</i>	167
6.1.5	<i>Erosividade das chuvas (R).....</i>	168
6.1.6	<i>Erodibilidade dos solos (K).....</i>	169
<b>6.2</b>	<b>Projeção dos resultados do Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambientais (EPSS) na bacia do Cruxati.....</b>	<b>171</b>
6.2.1	<i>Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI).....</i>	171
6.2.2	<i>Matriz de Interferência Socioambiental (MIS).....</i>	174
6.2.3	<i>Matriz de Dinâmica Socioeconômica, Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA).....</i>	177
6.2.4	<i>Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP).....</i>	182
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>187</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>190</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os quadros de degradação ambiental que se evidenciam em regiões semiáridas são resultantes de um processo de exploração insustentável dos recursos naturais renováveis. Essa problemática está associada à pressão exercida pelas atividades socioeconômicas e pela fragilidade das políticas públicas de cunho ambiental. Esse cenário se reflete no cotidiano das comunidades rurais e urbanas, particularmente, àquelas situadas no semiárido cearense.

Nesse contexto, entre as unidades de paisagem que mais sofrem com os impactos ambientais em regiões semiáridas, resultantes da relação conflituosa entre sociedade e natureza, são as bacias hidrográficas. As crescentes pressões exercidas sobre essas unidades estão associadas às seguintes dinâmicas: à intensificação de processos erosivos; ao declínio da produtividade das terras com a degradação dos solos; a supressão da cobertura vegetal; a variabilidade climática com os constantes quadros de seca que agravam as condições de sobrevivência das populações sertanejas; a desestruturação dos sistemas socioeconômicos locais; ao sobrepastoreio, a agricultura rudimentar e ao extrativismo vegetal insustentável.

Diante do exposto, acredita-se que o desenvolvimento de pesquisas que visem compreender tais questões, são fundamentais e emergentes para a concretização de ações e de políticas públicas socioambientais para o enfrentamento das problemáticas que se difundem pelos sistemas ambientais que compõem as bacias hidrográficas.

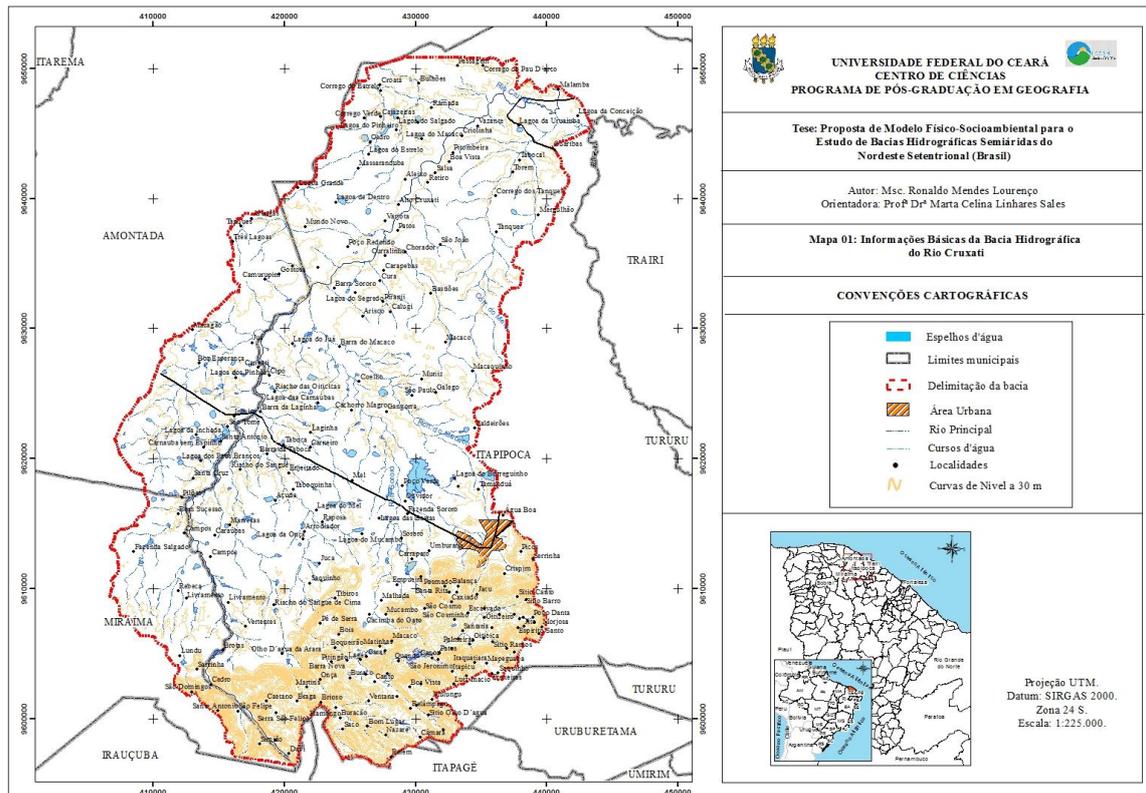
De acordo com Silva (2003) em virtude de suas características naturais as bacias hidrográficas têm se tornado importante unidade espacial utilizada para o gerenciamento de atividades de uso e conservação dos recursos naturais. Tendo em vista o reconhecimento da bacia hidrográfica como unidade espacial eficaz para subsidiar a elaboração de ações de planejamento e gestão ambiental, esta tese propõe-se em discutir, formular e aplicar um modelo físico-socioambiental voltado para o estudo da degradação em bacias hidrográficas semiáridas, particularmente, a aplicação do modelo será realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati (BHRCM).

O modelo está pautado na realização de um estudo de caráter integrador, visando realizar um diagnóstico do meio físico e das questões socioeconômicas, que servirão para estabelecer o ordenamento espacial e ambiental das atividades humanas e dos recursos naturais renováveis. Além disso, o trabalho discute e destaca ações que possam viabilizar o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento com sustentabilidade.

No que cabe à contextualização bacia hidrográfica em que o modelo será aplicado, a referida bacia situa-se no extremo norte do Estado do Ceará, abrangendo parte dos

municípios de Itapipoca, Amontada e Miráíma, e ocupa uma área de 1.265,36 km<sup>2</sup>. A BHRC possui suas nascentes na Serra de Uruburetama, marco geográfico importante da região do Estado mais próxima do litoral e que alcança cotas superiores a 800 m, como se observa no mapa 01.

Mapa 01 - Informações Básicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.



Fonte: Elaborado por Ronaldo Mendes Lourenço (2018).

Tendo em vista o até aqui exposto, nosso trabalho se vincula à compreensão de que a bacia hidrográfica deve ser vista como uma unidade de análise e planejamento ambiental. Este entendimento é fundamental, para a consecução dos objetivos propostos nesta investigação e para a articulação de suas bases teórico-metodológicas, conforme detalharemos mais adiante.

A partir dessa caracterização, surge a hipótese que norteia este estudo: A complexidade das problemáticas de degradação ambiental no contexto das bacias hidrográficas semiáridas está associada à ineficiência de políticas de desenvolvimento socioeconômico e da não efetivação da municipalização da gestão ambiental.

A partir dessa questão principal, surgem outras:

✓ De que forma está ocorrendo o processo de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas semiáridas e quais são os impactos ambientais que ocorrem?

- ✓ Quais medidas vêm sendo tomadas para o planejamento e a gestão ambiental das bacias?
- ✓ Como os municípios inseridos no contexto das bacias vêm se estruturando para promover a gestão ambiental local?
- ✓ Quais medidas ou diretrizes devem ser tomadas para nortear a gestão ambiental da BHRC com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável?
- ✓ Como a discussão, a formulação e a aplicação de um modelo físico-socioambiental baseado em indicadores quanti e qualitativos podem demonstrar o grau de conservação/degradação da bacia hidrográfica?
- ✓ Que importância assumem os trabalhos que buscam evidenciar as problemáticas ambientais de bacias hidrográficas que estão inseridas no contexto de regiões semiáridas?

Baseado nesses questionamentos e hipóteses a tese intitulada “Proposta de Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de Bacias Hidrográficas Semiáridas do Nordeste Setentrional”, tem como objetivo geral propor e aplicar um modelo físico-socioambiental para analisar o estado de degradação de bacias hidrográficas que se situam no ambiente semiárido, com vistas à criação de propostas para o planejamento, a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável a nível municipal e regional da região estudada. Como objetivos específicos da pesquisa é possível destacar:

- ✓ Formular e aplicar um modelo para o estudo de bacias hidrográficas semiáridas, a partir de indicadores físico-ambientais e de matrizes socioeconômicas e socioambientais;
- ✓ Determinar, com base em indicadores físicos-ambientais o grau de degradação da BHRC, determinando o Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA);
- ✓ Selecionar indicadores socioeconômicos e Socioambientais e a partir deles, desenvolver matrizes interativas que evidenciem a pressão socioeconômica e socioambiental para a BHRC, determinando o Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS);
- ✓ Identificar as relações entre a pressão socioeconômica, a gestão ambiental municipal e o estado dos sistemas ambientais da bacia;
- ✓ Apresentar propostas como subsídio ao planejamento, gestão ambiental e desenvolvimento sustentável municipal e regional da BHRC;

No Capítulo 01 “**Introdução**” são discutidos aspectos gerais que fundamentam o desenvolvimento da pesquisa. No Capítulo 02 “**Enfoques Teóricos no Contexto dos Estudos Físico-Socioambientais na Ciência Geográfica**”, foi realizado uma revisão bibliográfica sobre a importância dos estudos relacionados à questão ambiental, dando destaque para a evolução da geografia física e questões relacionadas ao contexto do semiárido. No Capítulo 03 “**A Importância da Municipalização da Gestão Ambiental para as Políticas de Sustentabilidade no Semiárido**” apresenta discussões sobre a complexidade da gestão ambiental municipal, destacando a importância da municipalização da questão ambiental e do envolvimento de todos os agentes sociais e políticos.

No Capítulo 04 “**Estado de Conservação/Degradação Físico-Socioambiental em Bacias Hidrográficas Semiáridas**” é realizada a descrição de todos os indicadores físico-ambientais, socioeconômicos e socioambientais selecionados para a formulação e aplicação do modelo físico-socioambiental, como também a escolha da bacia piloto (Rio Cruxati).

No Capítulo 05 “**Avaliação dos Componentes Geoambientais no Contexto da Bacia Piloto do Rio Cruxati (BHRC)**” é realizado um levantamento de todos os componentes geoambientais, como também as características associadas aos tipos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica que o modelo foi testado.

No Capítulo 06 “**Aplicação do Estado de Degradação Física-Ambiental (EDFA) e pelo Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS) na Bacia do Cruxati**” será efetivada a projeção dos resultados obtidos pela aplicação do Estado de Degradação Físico-Ambiental (ECDFA) e do Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS).

E as **Considerações Finais** em que será realizada uma análise dos resultados encontrados associando-os a um conjunto de propostas e ações para a efetivação da gestão ambiental e do planejamento da área, verificando a validade do modelo.

## **2 ENFOQUES TEÓRICOS NO CONTEXTO DOS ESTUDOS FÍSICO-SOCIOAMBIENTAIS NA CIÊNCIA GEOGRÁFICA**

Essa parte do trabalho revisa os conceitos e as teorias que foram utilizadas para o embasamento e desenvolvimento da pesquisa. Tais perspectivas subsidiam a proposta de criação do modelo físico-socioambiental e a sua aplicação na bacia piloto do rio Cruxati.

Foram efetivadas discussões sobre temáticas como: a evolução nos estudos de geografia física; o contexto do desenvolvimento socioeconômico e socioambiental no semiárido; a importância dos estudos de bacias hidrográficas no contexto da geografia física; e sobre os estudos de modelagem ambiental na Geografia.

### **2.1 Breves considerações sobre estudos físico-socioambientais na Geografia Física**

A Geografia corresponde a uma ciência constituída de diversos arsenais teóricos e conceituais, que possibilitam a leitura geográfica das dinâmicas (econômicas, culturais, sociais, ambientais, etc.) que se configuram e se (re) produzem no espaço geográfico. Nessa conjuntura, compreende-se, também, que as diferentes sociedades com suas marcas e representações socioculturais e econômicas, se estabelecem formando vínculos de dependência dos recursos naturais que garantem as práticas socioeconômicas das sociedades contemporâneas “sedentas” por acúmulo de capital e lucratividade a qualquer custo.

A relação sociedade e natureza, desse modo, vêm se estabelecendo de forma desestruturada e predatória, em que a ação antrópica, por meio das relações sociais insustentáveis, indiscriminadas e exploratórias, torna os sistemas ambientais vulneráveis aos processos de degradação. Nessa perspectiva, surge a ciência geográfica, buscando analisar as principais relações que a sociedade estabelece com a natureza.

As interações entre os sistemas ambientais e os socioeconômicos devem ser compreendidas a partir dos processos e dinâmicas que se desenvolvem no espaço geográfico, buscando observar quais são as causas e consequências para a organização das sociedades, e como a proposição de um modelo físico-socioambiental para o estudo de bacias hidrográficas pode contribuir para o esclarecimento de tais questões.

Para Suertegaray e Nunes (2001) a história da Geografia Física pode ser observada a partir de uma reflexão sobre os estudos desenvolvidos por Humboldt (1822), na introdução de sua obra intitulada “*Cosmos*”, escrita entre 1845 e 1862. Para Humboldt existiam duas disciplinas que tratavam da natureza: a Física, que se dedicava ao estudo dos processos físicos, e a outra contemplada pela Geografia Física, que estudava a interface

dinâmica dos elementos da natureza através de uma visão integrada, idealizada a partir do conceito de paisagem. Para os autores, o entendimento de Geografia Física de Humboldt contrapõe-se com as proposições arquitetadas por Ritter (1982) quando em 1850, o autor escreve sobre a organização de espaço na superfície do globo e sua função no desenvolvimento histórico. Nota-se, também, que as ideias de Humboldt divergem das propagadas por Ratzel, em seu texto “El território, la sociedad y el estado”, de 1898/99, assim como as de La Blache.

Segundo Vale (2012) constata-se que é na Escola Possibilista que se encontram as verdadeiras raízes da Geografia Física, uma vez que em seus estudos os aspectos físicos eram vistos como mero suporte às atividades humanas. A Geografia Física poderia ter sucumbido, ou ter tido um desenvolvimento irrelevante se não houvesse ocorrido sua subdivisão em vários sub-ramos logo após o declínio do Possibilismo.

Constata-se que a ideia mecanicista e cartesiana de ciência desenvolvida no final do século XIX, e durante mais da metade do século XX, pautava-se na perspectiva do conhecimento fragmentado que se dissipava por diversas ciências e, particularmente, na ciência geográfica. Observa-se, diante disso, uma realidade comum aos geógrafos: o esfacelamento da Geografia e, em particular, de uma parte desta denominada Geografia Física em diferentes campos do conhecimento. Sobre esse esfacelamento ou fragmentação científica, observa-se que na prática os geógrafos têm desenvolvido um caminho da especialização, contudo, nota-se também a busca pela articulação do conhecimento geográfico (SUERTEGARAY & NUNES, 2001).

De acordo com Nascimento e Sampaio (2005), a Geografia Física possui duas características básicas. A primeira se refere à proximidade que este campo de estudo tem com as ciências naturais. A segunda perspectiva se baseia no enfoque ao entendimento das alterações do quadro natural do planeta, com proximidade da Ecologia e da Geografia humana. Observando isso, os autores esclarecem que os estudos de Geografia Física buscam a compreensão da organização espacial dos geossistemas, além de buscar auxílio em métodos de outras ciências, incorporando-os e adaptando-os (Geologia, Pedologia, Biogeografia, Meteorologia, etc.).

Para Mendonça (2009) até meados do século XX, a abordagem físico-geográfico esteve mais relacionada à busca pelo desvendamento dos processos e dinâmicas que ocorrem na natureza, marcando uma fase caracteristicamente exploratória e descritiva. O autor observa que nesta fase foram registrados os principais avanços teórico-metodológicos da geografia física, pois nota-se claramente uma perspectiva dialética da interação entre teoria e empiria,

de onde surgia a produção do conhecimento científico desse período. Concebe-se, também, que o conhecimento fragmentado, mesmo que aprofundado, dos componentes da natureza e da sociedade, não mais respondiam as questões emergentes, como a compreensão das problemáticas ambientais.

A distinção entre a abordagem de uma Geografia física clássica de uma Geografia física ambiental tornou-se cada vez mais delicada. Nesse sentido, Mendonça (2009) destaca que a Geografia Física insere o debate ambiental em seu campo de estudo, pautada em uma nova dimensão conceitual e relacional – a abordagem socioambiental, a qual demandou novas posturas teórico-metodológicas dos geógrafos. Nesse processo de desenvolvimento da Geografia Física, verificou-se também a partir de meados do século XX, a inserção das geotecnologias vastamente utilizadas e direcionadas aos estudos geográficos, como também a um variado leque de aplicações tanto científicas, quanto no campo do planejamento e da gestão territorial.

A busca pelo entendimento da questão ambiental definirá novos rumos à Geografia Física, pois se trata de uma tendência contemporânea dos geógrafos atuais se vincularem a compreender e a analisar a dinâmica da natureza, incorporando em suas análises a avaliação das derivações da natureza pela dinâmica social (SUERTEGARAY E NUNES, 2001).

Nota-se que a ciência geográfica ao longo dos anos, sofreu uma reformulação conceitual-metodológica e, especificamente, a Geografia Física enquanto campo de estudo da Geografia, apresentou ao longo dos anos uma evolução em sua abordagem, passando de uma perspectiva clássica e descritiva dos processos físico-naturais, para uma perspectiva socioambiental e integrativa. Assim, fica notório a partir dessa nova perspectiva, que a superação da tendência dicotômica entre Geografia Física e Geografia Humana esteja pautada do não esquecimento do conhecimento da natureza na Geografia, como também se deve pensar que o conhecimento geográfico deve ser (re) produzido pelo princípio de uma Geografia Global, sendo ao mesmo tempo física e humana.

Nesse sentido de uma Geografia Global, Ross (2009) observa que a ciência geográfica engloba, entre outros fatores, o estudo do meio ambiente em seus aspectos naturais, bem como das sociedades, contudo, não estabelece satisfatoriamente a integração entre sociedade e natureza. Entretanto, para o autor a Geografia contemporânea encontra-se mais preparada do que as demais ciências para o desenvolvimento de estudos com a perspectiva ambiental, pois dispõe de métodos, uma carga de dados e informações científicas

sobre o meio natural e seus recursos, além de dados sobre o grau e as formas de sua proteção e aproveitamento das potencialidades econômicas.

No processo evolutivo da abordagem física nos estudos geográfico pelo mundo e no Brasil, destacam-se os seguintes trabalhos, apontados por Nascimento e Sampaio (*op. cit*) e Lourenço (2013): o trabalho intitulado “Tratado Geral de Geografia Física”, desenvolvido por De Marttone em 1909, com enfoque enciclopédico; “Geografia Física” de Sotchava e Arthur Sthraler; “A Terra e Homem: bases físicas”, elaborada durante a década de 1950, sob coordenação de Aroldo de Azevedo; “Geografia do Brasil”, coleção desenvolvida nas décadas de 60 e 70, em que são discutidas as regiões brasileiras; Os estudos desenvolvidos por Antonio Christofolletti, Aziz Ab’Saber e Margarida Penteadó, com as respectivas obras: “Geomorfologia Fluvial”, “Os Domínios Morfoclimáticos da América do Sul”, “Contribuição à Geomorfologia da Área dos Cerrados” e “Fundamentos de Geomorfológica” Na Climatologia destacam-se as obras de Carlos A. Figueiredo Monteiro “Teoria e Clima Urbano”, “Análise Rítmica em Climatologia”, “O Clima e a Organização do Espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas” e “ A Questão Ambiental no Brasil 1960 – 1980”; Publicação do livro “Climatologia do Brasil”, pelo IBGE, de Edmond Nimer; A publicação “Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico”, de 1972, por George Bertrand; e a Publicação do livro “Ecodinâmica”, através do IBGE, por Jean Tricart em 1977;.

A produção dessas obras favoreceu o desenvolvidó das reflexões e estudos dirigidos ao campo de conhecimento da Geografia Física no mundo e no Brasil. Mais especificamente, Ross (2009) enfatiza que o desenvolvidó da Geografia física aplicada no Brasil iniciou-se a partir da década de 1980, com a promulgaçãó da Lei Federal nº 6.938, de 31/08/1981, a qual institui a obrigatoriedade dos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) e dos Relatóriós de Impactos Ambientais (RIMAs), que faziam parte dos instrumentos legais da Política Nacional de Meio Ambiente, categoricamente definida com a Resolução CONAMA-001, de 23/01/1986.

Nascimento e Sampaio (2005) observam que o campo de açãó da Geografia Física é amplo e complexo, analisando desde as condições naturais por meio da estrutura e dos processos que ocorrem no espaço geográfico, passando pela aplicaçãó dos estudos geossistêmicos, levando em consideraçãó os seus subsistemas naturais e as relaçãóes estabelecidas com os fatores socioeconômicos.

Os estudos sistêmicos ou integrados ocorreram de forma mais intensa, com o uso dos geossistemas. Sobre isso, Christofolletti (1999) observa que a concepçãó geossistêmica, elaborada pelo pesquisados soviéticos Sotchava (1976), introduzida na França por Georges

Bertrand (1968), e a estruturação da “Ecologia da Paisagem” por Carl Troll (1938), que também utilizou o termo Geocologia, configuram-se no contexto das abordagens holísticas para o estudo dos sistemas ambientais, sendo tais perspectivas também estão direcionadas aos aspectos teóricos e metodológicos nos estudos geográficos.

Gregory (1992) esclarece a inserção da abordagem sistêmica na Geografia Física teve início em 1935, estendendo-se por 35 anos com a formulação do conceito de ecossistema pelo ecólogo-botânico A. G. Tansley, consolidando-se definitivamente com a publicação da obra “*Physical Geography: a system approach*” de Chorley e Kennedy, em 1971. Desde então, a perspectiva sistêmica é, incontestavelmente, um enfoque que é utilizado nas pesquisas em Geografia Física.

O surgimento da Geografia Física como campo de estudo da Geografia, possibilitou a compreensão de como a abordagem sistêmica se insere nos pressupostos teórico-metodológicos utilizados como suporte para as pesquisas geográficas, nas quais se busca a compreensão da interação entre a sociedade e a natureza (VALE, 2012).

Ross (2009) observa que essa busca se massifica a partir da Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente de 1992 (Rio-92), em que se intensificou a importância da compreensão das relações entre sociedade e natureza, buscando analisar as suas contradições, como também os aspectos de suas inter-relações de dependências e funcionalidades. Para o autor, esse novo paradigma socioambiental surge como um objeto de grande importância não somente na Geografia Física, mas em toda a Geografia.

A partir disso, concebe-se que a proposta do modelo físico-socioambiental deve considerar as observações e considerações realizadas por tais estudos, que se configuram como fundamentos básicos para a elaboração de pesquisas e de reflexões em Geografia.

## **2.2 O paradoxo sociedade/natureza no cerne do semiárido: contextos e paradigmas sobre desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade socioambiental**

A compreensão das relações entre sociedade e natureza no contexto do ambiente semiárido, ocorre de modo complexo, pois se observa uma desarticulação e uma baixa integração das políticas socioeconômicas com as políticas ambientais. Isso pode ser notado pela: estrutura fundiária concentradora dos latifúndios improdutivos; da baixa competitividade dos pequenos produtores frente às estruturas do agronegócio; pelos fluxos migratórios para os centros urbanos; por ações isoladas e pioneiras dos governos municipais frente às questões ambientais; pela degradação do domínio das Caatingas pelas práticas extrativistas e de

subsistência; pelas manchas configuradas de desertificação; pela marcada indústria da seca que promove atrasos no desenvolvimento da região, entre outras questões.

Ross (2009) destaca que as relações entre sociedade e natureza são objeto da Geografia e exercem uma importante função, não apenas para a produção do conhecimento humano, mas também para transformar esse conhecimento em um bem voltado para a humanidade, visto que se observa um aprofundamento das problemáticas socioambientais marcadas pela insustentabilidade das práticas humanas sob os recursos naturais. Rua (2007) esclarece que essa realidade decorre da perspectiva da sociedade ser vista como produtora, criadora, transformadora; e a natureza é observada como domínio a ser conquistado, explorado e submetido a um ritmo da produção econômica cada vez mais intensa.

Refletindo sobre a relação entre o homem e o meio ambiente, Dollfus (1975) afirma que as relações entre o homem e o meio físico, configuram-se como um dos problemas suscitados pela análise do espaço geográfico, visto que este é percebido e sentido pelos homens em função de seus sistemas de pensamento como de suas necessidades.

Nas últimas décadas, a apropriação que o homem vem realizando do espaço geográfico se reflete a partir de uma crise ambiental, que vem assumindo os holofotes das discussões nos meios acadêmico, governamental e civil. Essa realidade é resultado de um padrão de desenvolvimento socioeconômico e ambiental insustentável adotado pela sociedade global, na qual as práticas socioambientais são (re) configuradas a partir da interação entre sociedade/natureza que ocorrem de forma conflituosa e impactante.

O modelo de desenvolvimento e crescimento econômico, que nasce a partir do surgimento das sociedades urbano-industriais é indissociável, quando comparado com as práticas conservacionistas naturais, ou seja, esse modelo não caminha em conjunto com as políticas preservacionistas existentes, e com isso, as problemáticas relacionadas ao meio ambiente se dissipam pelos diversos sistemas ambientais existentes.

Essas questões são bem lembradas por Suertegaray (2004), quando a autora menciona, que a partir da década de 1970, inicia-se o período conhecido como pós-modernidade/modernismo, caracterizado por transformações significativas nos âmbitos tecnológicos, sociais, trabalhistas, ambientais, econômicos, etc. Santos (2000), também discute as mudanças ocorridas nesse período, denominando-o Técnico Científico-Informacional, o qual impôs novas formas de produzir e consumir em nossa sociedade.

Conforme Torres (2013), a questão ambiental, atualmente existente, é reflexo dos padrões dominantes de produção e consumo, que expõem as sequelas do modelo de

desenvolvimento econômico vigente e põem no foco das discussões o debate em torno da degradação ambiental e da preservação da natureza.

Sobre essa realidade, Lanna (1995) destaca que a inadequação do tratamento dos problemas ambientais, que se dissipam pelas paisagens do mundo moderno, tem como principais causas:

- a) A falta de compatibilização das intervenções com a capacidade de suporte dos sistemas ambientais e/ou dos recursos ambientais;
- b) A disparidade entre os resultados aguardados e efetivamente alcançados nas intervenções no ambiente;
- c) A incorporação falha dos interesses sociais nas decisões pertinentes;
- d) As falhas verificadas na implementação de planos de uso, controle e proteção do meio ambiente.

Para Silva (2013), a civilização moderna em suas formas de apropriação dos recursos e de produção e consumo, desaprendeu as possibilidades de se relacionar de maneira orgânica e equilibrada com os sistemas ambientais. Para o autor, torna-se necessário a incorporação de valores éticos através da adoção de um paradigma ambiental como fio condutor das relações entre sociedade/natureza.

Buscando esclarecer essas questões geradas a partir de uma sociedade em crise, Rodriguez e Silva (2009) oferecem uma indicação para a urgência de se construir um novo paradigma, destinado a buscar um presente e um futuro mais promissor e articulando a filosofia e às ciências, sendo este denominado de “Paradigma Ambiental”.

Discute-se aqui o paradoxo da relação entre sociedade e natureza no contexto do semiárido nordestino brasileiro, particularmente, o do cearense, visando problematizar quais são os substratos dessa relação, para uma região marcada pela desigualdade social, pela materialização da pobreza, miséria e fome (consustancial para o imaginário nacional) e pelos cenários ambientais configurados pelo flagelo da seca. Contudo, nota-se que atualmente, essa imagem perpassa por um processo transitório, visto que o nordeste (semiárido) tais realidades estão se modificando.

Afirma-se isso, pois se observa: i) o desenvolvimento de políticas públicas que visam à erradicação dos quadros de pobreza baseados na agricultura familiar; ii) a promoção de programas de redistribuição de renda que amenizam as problemáticas sociais; iii) pelo surgimento do interesse nacional e internacional empresarial pela implementação de polos industriais e do agronegócio nos enclaves úmidos da região, que dinamizam o circuito econômico do Estado, porém, não impacta de forma econômica positiva as populações locais;

e iv) como também vislumbra-se a ampliação das políticas de convivência sustentável com o semiárido.

Tais perspectivas tornam-se um desafio para a promoção do desenvolvimento socioeconômico e socioambiental no nordeste semiárido brasileiro. Souza (2006) destaca que em diversos sistemas ambientais da área do domínio da Caatinga, surgem problemáticas e impactos produzidos ao longo do processo histórico pelo uso e ocupação da terra, marcando pela expansão gradativa e contínua da degradação dos recursos naturais e da qualidade ambiental. Compreende-se que essa região ainda necessita de ações permanentes monitoramento e de recuperação ambiental para evitar quadros irreversíveis de deterioração ambiental, como também de programas de desenvolvimento socioeconômico que beneficiem pequenos, médios e grandes produtores de modo equitativo para superar as crises econômicas e sociais.

Para o estabelecimento de uma política de enfretamento das problemáticas ambientais e socioeconômicas que se difundem sobre o ambiente semiárido, deve-se reforçar as bases para o fortalecimento e a legitimação da agricultura familiar, que segundo Buainain *et al.* (2005) é vista de modo estereotipada, pois é comum caracterizá-la como um setor atrasado, do ponto de vista econômico, tecnológico e social, voltado fundamentalmente para a produção de produtos alimentares básicos e com a lógica de produção de subsistência. No entanto, o universo da agricultura familiar é bem heterogêneo e integra desde famílias muito pobres, que se inserem em uma realidade precária que possuem um pedaço de terra que dificilmente pode servir de base para uma produção sustentável, até famílias com disponibilidade de recursos (terra, capacitação, organização, conhecimento, etc.). Inseridos em uma realidade marcada pela exclusão do processo de modernização da agricultura dos últimos 30 anos, os autores também chamam a atenção para os seguintes aspectos referentes à agricultura familiar e o seu desenvolvimento no Brasil:

- a) Os agricultores familiares são diferentes entre si, não redutíveis a uma única categoria simplesmente por utilizarem o trabalho familiar;
- b) O tamanho das propriedades é uma das mais fortes limitações para o crescimento sustentável da agricultura familiar;
- c) A maioria dos estabelecimentos que desenvolvem a agricultura familiar são minifúndios, que evidenciam condições não apropriadas para a sobrevivência das famílias;
- d) Observa-se uma heterogeneidade tecnológica, mais da metade dos agricultores ainda utilizam a tração humana;

Esses aspectos refletem a realidade existente na região Nordeste, visto que é uma das áreas de maior concentração de agricultores familiares do Brasil, mesmo assim, nota-se a contribuição dos agricultores familiares pobres para a produção agropecuária municipal é elevada.

Dessa forma, a noção de sustentabilidade pode ser notada a partir de uma visão tridimensional, pautada na realidade de um ambiente ecologicamente equilibrado, socialmente justo e economicamente viável. Desse modo, entender as crises existentes no semiárido, nos remete a (re) pensar os cenários associados ao ambiente rural, que se evidenciam de modo visceral em suas problemáticas sociais e ambientais. Compreendendo isso, Nadaletto (2013) reforça a ideia de que o desenvolvimento rural pode ser entendido como uma confluência entre:

- a) A dimensão social, expressa nas condições dignas de vida;
- b) A dimensão econômica, evidenciada pelo fortalecimento e estabilidade da renda familiar;
- c) A dimensão ambiental com a produção dos benefícios públicos calcados na multifuncionalidade;
- d) A dimensão política e cultural, com o exercício pleno das liberdades individuais;
- e) A reprodução dos modos de vida tradicionais;
- f) Na integração das dimensões social e econômica, em que a pluriatividade se mostra como relevante estratégia para a reprodução das famílias rurais.

Ao contrário dessa realidade, Baiardi e Mendes (2007) observam que a deterioração ambiental e social do semiárido não decorre exclusivamente de questões como: as restrições hídricas e a oferta/demanda de água desfavorável, que tem como causas o regime intermitente dos rios, as chuvas irregulares, o predomínio de rochas cristalinas e clima megatérmico. Para os autores, as restrições que se configuram no ambiente semiárido não são apenas ligadas a escassez de exuberância dos recursos naturais, mas de certo tipo de mentalidade, de determinado padrão cultural que agregue confiança, determine normas de convivência civilizadas, crie redes de associativismo e melhore a eficiência das organizações existentes.

Nesse raciocínio, Brasileiro (2009) enfatiza que a preocupação com o desmatamento e o aceleramento dos processos de degradação que se desencadeiam pelo domínio das Caatingas, vem motivando pesquisadores, órgãos governamentais, Organizações Não-Governamentais (ONGs), o setor privado e muitos outros agentes sociais a dedicarem-se

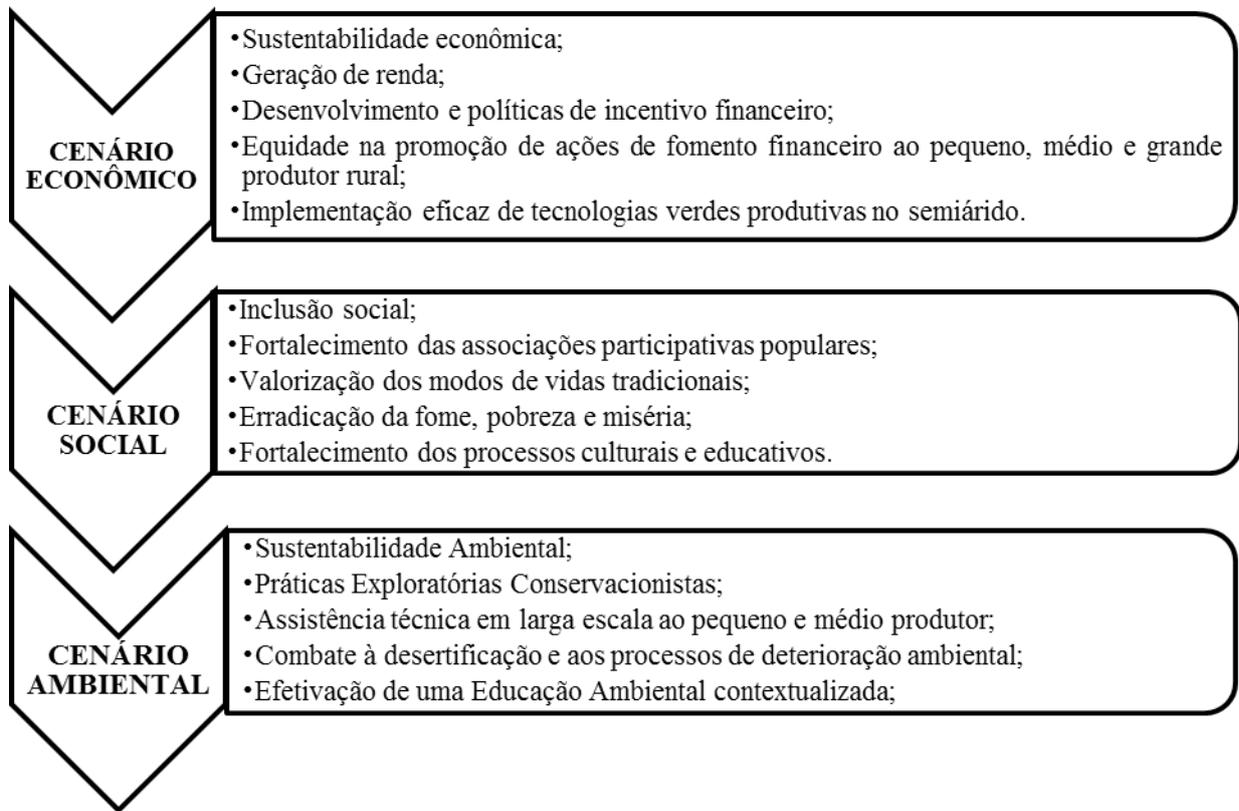
na promoção de um desenvolvimento econômico sustentável para a região Nordeste. O autor destaca que foi assim que muitas experiências alternativas surgiram como a agroecologia, o extrativismo controlado de algumas matérias-primas da Caatinga e o turismo ecológico.

Silva e Rodriguez (2011) ressaltam que para o enfrentamento das problemáticas que surgem no ambiente semiárido, surgem três grandes desafios: i) a segurança alimentar; ii) o colapso ambiental; e iii) o desenraizamento da identidade local e regional. Os autores destacam que para atingirem esses desafios, deve-se assumir a necessidade da convivência com a realidade semiárida, diversificar as atividades produtivas e reconhecer o papel da diversidade de relações políticas, ambientais e socioeconômicas que se desenvolvem no âmbito dessa região.

Nesse sentido, considera-se que o desenvolvimento socioeconômico e socioambiental no semiárido nordestino e, particularmente, cearense, perpassa pela necessidade de se estabelecer uma interação entre o crescimento econômico com o aumento da equidade social e da preocupação ambiental, como pode ser visualizado no fluxograma 01.

Nesse cenário, observa-se que o Estado do Ceará sofreu notórias transformações econômicas nas últimas décadas. Entretanto, os avanços econômicos não conseguiram transpor os vieses sociais aí existentes: o elevado percentual de pobres e a desigualdade percebida de forma mais intensa na região rural, onde existe dificuldade no acesso aos serviços públicos. Dessa maneira, para minimizar esse quadro social, foram implantados políticas, programas e ações voltados para a promoção da qualidade de vida da população (MENDONÇA *et al.*, 2010).

Fluxograma 01 - Elementos-Chave para a Promoção do Desenvolvimento Socioeconômico e Socioambiental no Semiárido.



**Fonte:** Elaboração do autor, Ronaldo Mende Lourenço (2016).

O Estado do Ceará adotou as seguintes estratégias para a redução da pobreza rural, sendo tais medidas também observadas nos municípios que compõem a área deste estudo: como o Programa de Reforma Agrária (Cédula da Terra), Projeto São José, Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), o Programa Seguro Safra, Projeto de Práticas Agrícolas de Convivência com o Semiárido, Programa Biodiesel do Ceará, Projeto Mandalla Ceará, Programa de Apoio a Reformas Sociais para o Desenvolvimento de Crianças e Adolescentes do Estado do Ceará (PROARES), Programa de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM), Programa de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos (PROGERIRH), Programa 1 Milhão de Cisternas, P1+2 – Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Uma Terra e Duas Águas (MENDONÇA, *et al.*, *op. cit.*).

Para Crispim *et al.* (2014) essas dificuldades, associadas a questão da seca, da fome, do êxodo rural, dos carros pipas e das frentes de serviços para os sertanejos, constituem as grandes desigualdades sociais que assolam essa população. Para as autoras, o desafio para a modificação de tal situação, perpassa pela transformação estrutural da condição fundiária do

Nordeste, dando oportunidade para um novo modelo econômico que privilegie as pequenas e médias propriedades, como alvo prioritário das políticas públicas e da melhoria da condição de vida da população sertaneja.

Observa-se uma mudança na matriz econômica tradicional ligada às atividades agropecuárias. Durante muitas décadas, tais atividades foram as responsáveis pela geração de riquezas e pelas problemáticas ligadas a degradação ambiental, agora se verifica que essa tendência tornou-se antagônica frente aos novos circuitos econômicos da contemporaneidade.

Nota-se, um processo de ressignificação socioeconômica na região semiárida, relacionado às atividades ligadas ao setor secundário e terciário. Entretanto, não devemos desconsiderar que as atividades agropecuárias ainda motivam os processos de deterioração ambiental. Particularmente, essa perspectiva é notada pelas práticas de manejo e ocupação do solo, que promovem relações baseadas em técnicas insustentáveis, como às práticas agroextrativistas, o preparo do solo a partir de desmatamento, queimadas e brocagem. Essa realidade se configura pela falta do auxílio e orientação técnica oferta pelo órgão público e de capacitação frente às novas tecnologias convivência e de produção para o semiárido.

Devemos pensar o espaço socioeconômico do semiárido como um ambiente de desenvolvimento de pluriatividades que envolvem desde o uso mais tradicional da terra com a agricultura de subsistência ao novo ciclo de atividades relacionadas à geração de energia a partir da biomassa, ao desenvolvimento industrial de transformação com a produção de calçados e de gêneros alimentícios (como as que ocorrem no município de Itapipoca-CE), as práticas de culturas agrícolas irrigadas como a cajulicultura, a apicultura e de tilapicultura e dos programas de fortalecimento da agricultura familiar.

### **2.3 Visão sistêmica em bacias hidrográficas semiáridas nos estudos de Geografia Física**

A partir de Christofolletti (1980), compreende-se que a análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, devido à publicação de Robert E. Horton, que buscava estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias. Horton conseguiu realizar a abordagem quantitativa das bacias, e seu feito serviu de base para a realização de outros estudos. Arthur N. Strahler juntamente com seus colaboradores da Universidade de Colúmbia, também se destacou pela utilização e expansão dessa nova perspectiva.

Para Botelho e Silva (2012), a Bacia Hidrográfica (BH) é reconhecida como unidade espacial, desde o final da década de 1960, sendo entendida como célula básica de análise ambiental, que permite o conhecimento e a avaliação de seus diversos componentes,

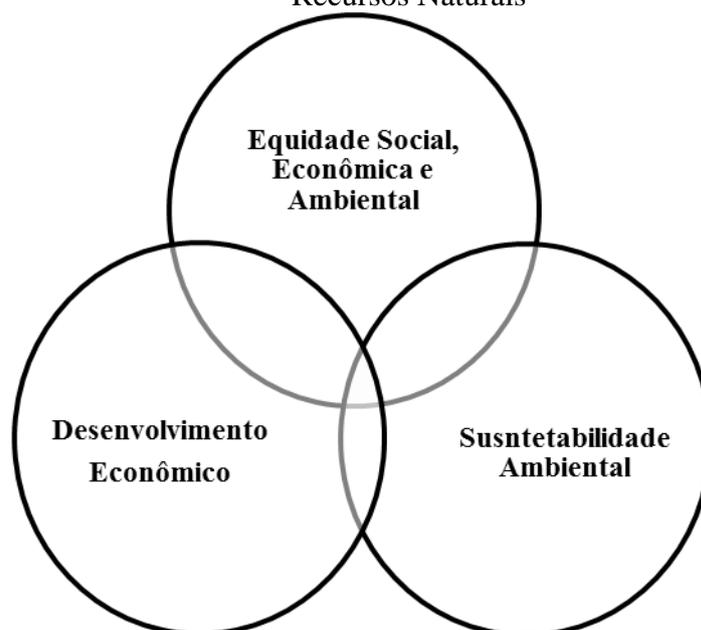
processos e interações que nela acontecem, valendo ressaltar que a visão sistêmica e integrada do ambiente está implicitamente inserida nesta unidade.

Nos últimos anos, a adoção das bacias hidrográficas como unidades físico-territoriais tornaram-se apropriadas para o gerenciamento, a otimização de usos múltiplos e o desenvolvimento sustentável. Dessa maneira, essas unidades assumem uma importante função no estabelecimento de ações e diretrizes para o gerenciamento dos recursos hídricos, planejamento e desenvolvimento econômico e social (SHIAVETTI e CAMARGO, 2002).

Para Lanna (1995), o gerenciamento de bacia deve ser considerado como resultado da adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e intervenção da gestão ambiental, sistêmica e globalizada. Para o autor, o gerenciamento de bacia hidrográfica constitui um processo de negociação social, amparado por conhecimentos científicos e tecnológicos, que objetiva a compatibilização das demandas e das possibilidades de desenvolvimento da sociedade com o potencial existente e o futuro do meio ambiente.

Faustino e Jiménez (2000) observam que a bacia hidrográfica é uma unidade geográfica que constitui um âmbito biofísico ideal para caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos naturais. Analisando essa questão, Pires *et al.* (2005) observam que a adoção do conceito de BH como unidade de estudo e gerenciamento, direcionada à conservação dos recursos naturais, deve estar relacionada ao conceito de desenvolvimento sustentável, com o intuito de se atingir três campos básicos, representados pela figura 01.

Figura 01 - Substrato da Relação Bacia Hidrográfica + Gerenciamento + Conservação dos Recursos Naturais



Fonte: Adaptado de PIRES *et al.* (2005).

De acordo com Pires *et al.* (2005), o conceito de BH tem sido cada vez mais difundido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. A bacia hidrográfica enquanto unidade de estudo, configura-se como uma unidade territorial sistêmica em que os processos físicos-naturais e bioquímicos se estabelecem, a partir das características geográficas e das interações antropogênicas e bióticas que convivem nesse ambiente. Também, entende-se, que os processos socioeconômicos, socioculturais e socioambientais influenciam (in) diretamente na dinâmica das trocas de matéria e energia no contexto territorial das bacias, promovendo transformações e recodificando novos processos e funções.

Moragas (2005) observa que 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. Além disso, a bacia hidrográfica representa um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas. Nesse sentido, a bacia hidrográfica constitui-se como uma unidade subsidiada pela visão sistêmica e integradora do ambiente, ideal para diagnosticar as problemáticas relacionadas à deterioração ambiental e às influências das ações antropogênicas. Lourenço (2013) ressalta que outro ponto fundamental para a discussão até aqui estabelecida, refere-se à compreensão da bacia hidrográfica como uma unidade de análise e planejamento ambiental, sendo isso fundamental para o entendimento de problemáticas como a degradação ambiental. Botelho e Silva (2012), ao enfatizar essa importância de estudos dirigidos às bacias hidrográficas, expõem que 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.

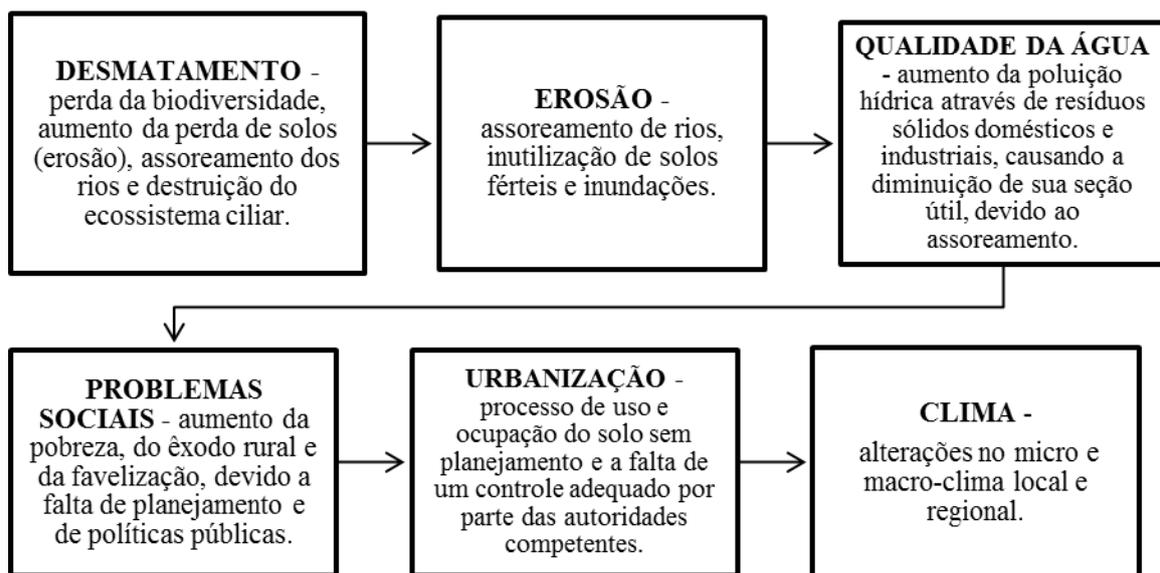
Compreendendo a importância das pesquisas direcionadas as bacias, entende-se que estas unidades ambientais vêm sendo utilizadas em políticas e legislações internacionais para a promoção de ações de gestão e política ambiental. Outro fator fundamental para o fortalecimento dos estudos de bacias hidrográficas foi o estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 1997), que institui:

- a) O balizamento de ações humanas e de planejamento relativas aos recursos hídricos permitindo a médio e longo prazo, a previsão mais adequada de estruturas de conhecimento (técnico, científico e político) desses sistemas ambientais;
- b) A bacia hidrográfica como ambiente básico de conhecimento, delimitação, planejamento e manejo.

Para Tundisi (2005) gestão adequada dos recursos hídricos deve partir de uma visão integrada da economia regional, local e global e das relações do desenvolvimento sustentável com as políticas públicas de desenvolvimento. Nota-se, atualmente, que a gestão dos recursos hídricos está em processo de transição, em que a descentralização, a gestão por bacia, o monitoramento permanente e a disponibilização de informações para a sociedade são pontos cruciais.

Nesse aspecto, Lorandi e Cançado (2005) ressaltam que diversas são as problemáticas que interferem no equilíbrio dinâmico e na potencialidade de resiliência nas unidades territoriais das bacias hidrográficas, particularmente, as semiáridas. Como se pode ver no fluxograma 02.

Fluxograma 02 - Problemáticas habituais que são observadas em Bacias Hidrográficas Semiáridas.



Fonte: Adaptado de LORANDI & CANÇADO (2005).

Nesse sentido, Cavalcanti *et. al.* (1997), enfatizam a importância de se considerar a bacia hidrográfica como um sistema ambiental. Essa abordagem destaca o planejamento ambiental da bacia, que deverá dar respostas às seguintes questões:

- a) Identificar, classificar e delimitar as unidades espaciais, das quais está composta a bacia;
- b) Estabelecer as relações entre os espaços e as paisagens naturais com os demais tipos de espaços e paisagens;

- c) Determinar as potencialidades de recursos naturais e serviços ambientais das diferentes unidades e da bacia como um todo;
- d) Estabelecer as funções ecológicas e sociais;
- e) Determinar o estado ambiental, os problemas ambientais;
- f) Esclarecer os fatores e as causas que conduziram à ordem ou desordem “espacial e ambiental existente e;
- g) Ordenar ambiental, espacial e territorialmente à bacia.”

Tais questões possibilitam diagnosticar as problemáticas que assolam as bacias hidrográficas semiáridas, como também permite a tomada de ações a partir de uma visão política, socioambiental e econômica, visando garantir a sustentabilidade do sistema ambiental. Lorandi e Cançado (*op. cit.*) observam que essa perspectiva perpassa pela exploração e gestão adequada dos recursos naturais, particularmente, pelo gerenciamento de bacias hidrográficas. Para os autores, essa questão está diretamente relacionada ao planejamento e ao uso dos recursos naturais, associando os processos e as ações humanas no cotidiano.

É fundamental articular três dimensões para o enfrentamento dos incessantes quadros de degradação ambiental que afligem os diferentes sistemas ambientais, particularmente, as bacias hidrográficas. A primeira trata-se da promoção do desenvolvimento local, articulando-se com a segunda dimensão, a comunidade inserida no ambiente, que reflete sua identidade local e com o lugar; e a terceira dimensão que abrange o diálogo com as esferas política, que executa as diretrizes de planejamento e de gestão. Desse modo é possível identificar algumas vantagens nas abordagens científicas e de intervenção política em bacias hidrográficas, como se observa no fluxograma 03.

A bacia hidrográfica caracteriza-se por ser um sistema aberto em que os fluxos de matéria e energia se realizam a partir de dinâmica socioambientais e físico-naturais, que se estabelecem no âmbito destas unidades territoriais e que se alteram devido à interferência da ação antrópica.

Nascimento (2013) destaca que no domínio semiárido, as bacias hidrográficas apresentam características e dinâmicas particulares, principalmente, quando questões como a deterioração ambiental intervêm na qualidade ambiental e no conjunto das relações naturais e socioeconômicas. O autor enfatiza que tal problemática deve ser compreendida de forma global, integrada e holística, considerando as relações entre a degradação ambiental e as sociedades propulsoras dessa ação. Ainda para o autor, a bacia hidrográfica deve ser analisada não só do ponto de vista de sua rede de drenagem, mas sim de modo mais holístico, a partir de

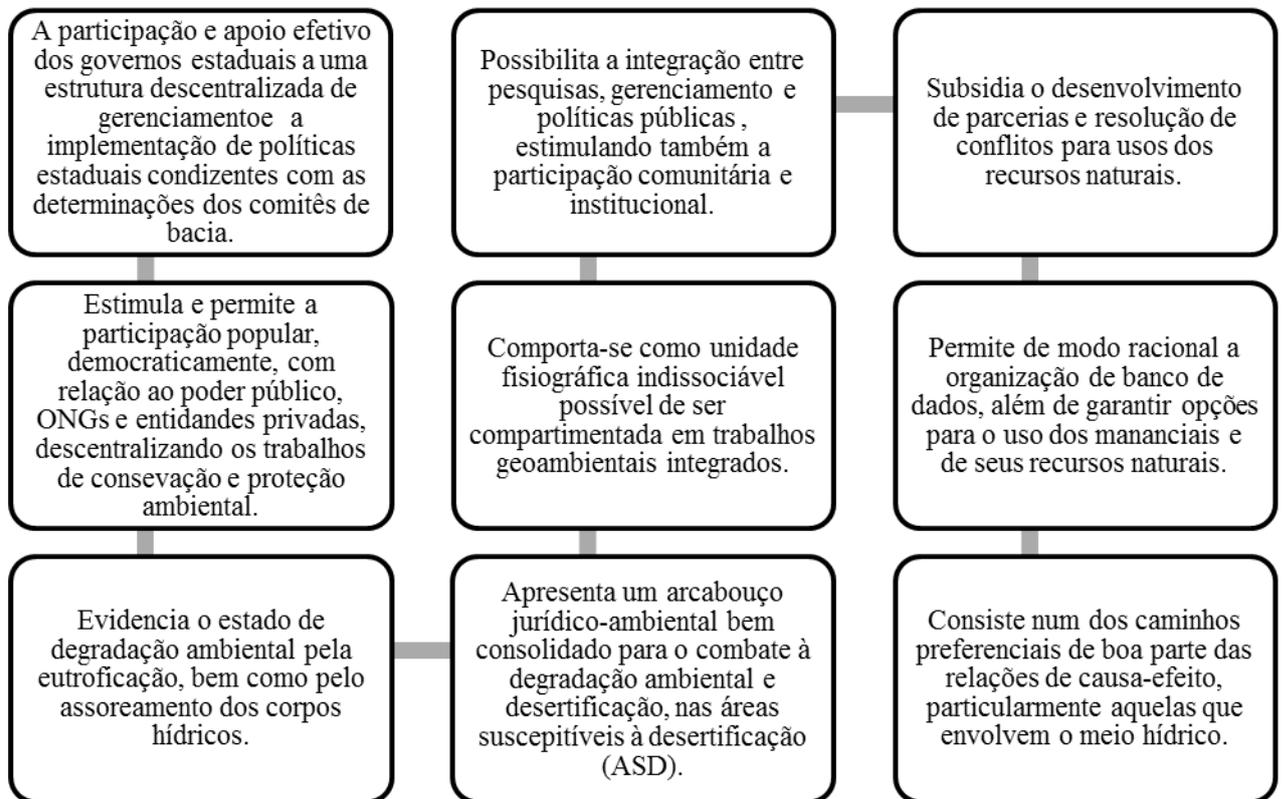
sua complexidade fisiográfica, socioeconômica e cultural favorecendo as ações intervencionistas (civis, governamentais, etc.) nesses ambientes.

É importante salientar que a visão setorial e redutora na aplicação das ações de planejamento, devem ser substituídas por uma sistêmica, promovendo na implementação da gestão e do planejamento ambiental a participação das comunidades locais, favorecendo o processo participativo popular na promoção dessas ações e decisões.

O estudo de bacias ultrapassa as barreiras políticas dos municípios e os seus limites territoriais. Deve-se observar que ao se pesquisar uma bacia hidrográfica, verifica-se o conjunto como um todo, e não apenas a nível municipal, pois as problemáticas ambientais não ocorrem apenas em nível setorial nos municípios, elas também são observadas em todo o contexto espacial da bacia, e de acordo com os municípios que ela percorre, tais problemas vão se acentuando ou não. Nesse sentido, ao se analisar uma bacia hidrográfica é possível constatar a origem destes impactos e com isso traçar medidas mitigadoras que atenuem os problemas ambientais.

Tendo em vista o reconhecimento da bacia hidrográfica como unidade espacial eficaz para subsidiar a elaboração de ações de planejamento e gestão ambiental, a aplicação do modelo físico-socioambiental será realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati (BHRC), pautado em um estudo de caráter integrador, de forma a realizar um diagnóstico do meio físico, como também um socioambiental e socioeconômico, que servirá para estabelecer o ordenamento espacial e ambiental das atividades humanas e dos recursos naturais renováveis.

Fluxograma 03 - Vantagens da adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de intervenção.



Fonte: Elaborado a partir de Lanna (1995), Cetra (2005), Tundisi (2009) e Nascimento (2013).

#### 2.4 A deterioração ambiental no semiárido nordestino e cearense: implicações para a conservação dos recursos naturais

A complexidade ambiental que se configura sobre a região do semiárido nordestino brasileiro, está relacionada a uma conjuntura socioeconômica e sociopolítica em crise. A existência de problemáticas ambientais associadas aos cenários de degradação ambiental e de flagelo social são intensificadas por uma estrutura política tendenciosa. Essa estrutura visa apenas garantir o bem-estar de uma minoria social já favorecida há muito tempo pelas posturas nepotistas e elitistas sertanejas, que atendem os interesses dos grupos dominantes, enquanto a população sertaneja fica excluída e subjugada a questões como a seca, a fome e aos efeitos da degradação ambiental.

Existem sinais de intensa degradação ambiental no Nordeste semiárido, que leva à desertificação. Associado a isso, se verifica a redução da biodiversidade, a erosão dos solos e a diminuição espaço-temporal e de forma qualitativamente/quantitativamente dos recursos hídricos (NASCIMENTO, 2013).

Sales (2002) observa que a ocupação dessa região, sempre foi marcada pela exploração excessiva dos recursos naturais. Para a autora, considera-se ainda que, aliada a

essa exploração predatória, estabeleceu-se uma estrutura social baseada na concentração de renda e de poder, responsável pela relativa estagnação e pelos baixos índices socioeconômicos conjeturados nessa região.

As intervenções humanas na dinâmica natural da paisagem interferem e comprometem no funcionamento dos processos físico-ambientais desencadeando cenários de degradação ambiental. A análise dos componentes geológicos, geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos, pedológicos e fitoecológicos, associados ao quadro social de uma determinada região, como no caso do semiárido, podem evidenciar os efeitos que a ação humana pode causar na natureza.

O cenário de injustiça social, degradação ambiental e economia excludente que se dissipa ao longo do território semiárido é observado nas discussões de Nascimento (2013) e Ab'Sáber (2003), quando os autores destacam as seguintes questões sobre degradação ambiental na região semiárida e a relação de convivência dos sertanejos com essa realidade:

- ✓ A degradação artificializa e desfigura os geoambientes e produz perdas na qualidade ambiental, influenciando nos desequilíbrios ecológicos e na degradação da qualidade de vida das populações;
- ✓ As explorações agrossocioeconômicas vêm contribuindo para a exaustão de recursos como a água, o solo e a vegetação, particularmente, quando a conjuntura política, econômica e ambiental de uma determinada localidade é favorável para que isso ocorra;
- ✓ A estrutura fundiária, especialmente, em relação ao meio social baseado na terra, se caracteriza por ser restrita aos pequenos produtores que subsistem do criatório e da agricultura de sequeiro e/ou vazantes, baseada em técnicas rudimentares;
- ✓ Os pequenos produtores sofrem com a falta de apoio estatal, com o rendimento e a rentabilidade agrícola insignificante e com os constantes quadros de seca;
- ✓ No cotidiano do sertanejo e da sobrevivência de sua família o aspecto mais grave consiste nas irregularidades climáticas periódicas que assolam o espaço social dos sertões secos;
- ✓ A ausência de políticas ambientais efetivas que regulem a ocupação do território e as políticas de desenvolvimento das atividades produtivas, particularmente, àquelas associadas a agricultura de pequeno e médio porte, tendem a desencadear problemáticas de deterioração ambiental, colocando em

risco a capacidade pedoclimática, a conservação da cobertura vegetal, entre outros;

✓ Os complexos vegetacionais evidenciam estágios avançados de degradação ambiental que acarretam em cenários de desertificação;

✓ As bacias hidrográficas subúmidas secas e semiáridas que compõem a região nordeste revelam em suas unidades de paisagens quadros de degradação que podem culminar com a desertificação;

✓ Os sertanejos tem pelo entendimento das potencialidades produtivas de cada espaço ou subespaço dos sertões secos, entretanto, mesmo adaptados à convivência com a rusticidade permanente do clima, os trabalhadores das caatingas não podem conviver com a miséria, o desemprego aviltante, a questão da fome e do drama social que o ciclo das secas prolongadas ocasionam.

Entende-se que a degradação ambiental que aflige o território semiárido, está pautada na relação conflituosa que as populações sertanejas estabelecem com o ambiente em que elas estão inseridas, como também pela negligência de políticas públicas voltadas ao combate e mitigação das problemáticas socioambientais.

## **2.5 A importância de estudos de modelagem ambiental na Geografia**

Entre os modelos direcionados aos estudos físico-geográficos destacam-se os trabalhos desenvolvidos e as perspectivas apresentadas por: SHERMAN (1932), THORNTHWAITE E MATHER (1957), CHORLEY (1964; 1967), BARRY (1975), MORE (1975), BOARD (1975), VILLELA & MATTOS (1975), BELTRAME (1994), ROMKENS *et. al.* (1997) CHRISTOFOLETTI (1999), TUCCI (2002), DILL (2007), entre outros.

Christofoletti (1999) ressalta que os conceitos relacionados com os sistemas e modelos encontram-se implícitos em todos os procedimentos de modelagem de sistemas ambientais, e refletem perspectivas atreladas com as maneiras de conceber a estruturação e funcionamento dos fenômenos da natureza, pautadas nas visões de mundo. Vale ressaltar, que os procedimentos metodológicos elencados para a realização de análises de diferentes fenômenos, estão interligados com a natureza do objeto de pesquisa e com a visão-mundo adotada pelo pesquisador.

De acordo com Haggett e Chorley (1975) baseando-se em Skilling (1964), o conceito de modelo pode ser relacionado a uma teoria, uma lei, uma hipótese ou uma ideia estruturada. Para o autor, pode ainda ser uma função, uma relação ou uma equação e uma síntese de dados. Sob o ponto de vista geográfico, pode incluir também argumentos sobre o

mundo real por meio de representações no espaço (produção de modelos espaciais) ou no tempo (produção de modelos históricos).

Segundo Christofolletti (*op. cit.*), o termo modelo, de modo geral, pode ser compreendido como sendo qualquer representação simplificada da realidade, ou de um aspecto do mundo real que surja como interessante ao pesquisador representá-lo, que o possibilite reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução.

O modelo proposto no presente trabalho está baseado na representação espacial e da análise qualitativa dos indicadores elencados e discutidos. Essa representação espacializada por meio de mapas processados por Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) assume um caráter icônico ou representativo. Com isso, o uso dos sistemas de informação geográfica na modelagem ambiental tornou-se uma prática exitosa nos estudos voltados para a compreensão das dinâmicas físico-ambientais e socioambientais em sistemas naturais, como é o caso das análises realizadas em bacias hidrográficas semiáridas.

Para Christofolletti (1999), os programas de SIGs são comumente utilizados para o processamento de dados, elaboração de mapas relacionados com os inputs dos dados ou resultados de modelos e na própria elaboração de modelos.

Portanto, identificam-se as seguintes características relacionadas às limitações e potencialidades da modelagem nos estudos geográficos, sob a visão de Christofolletti (*op. cit.*):

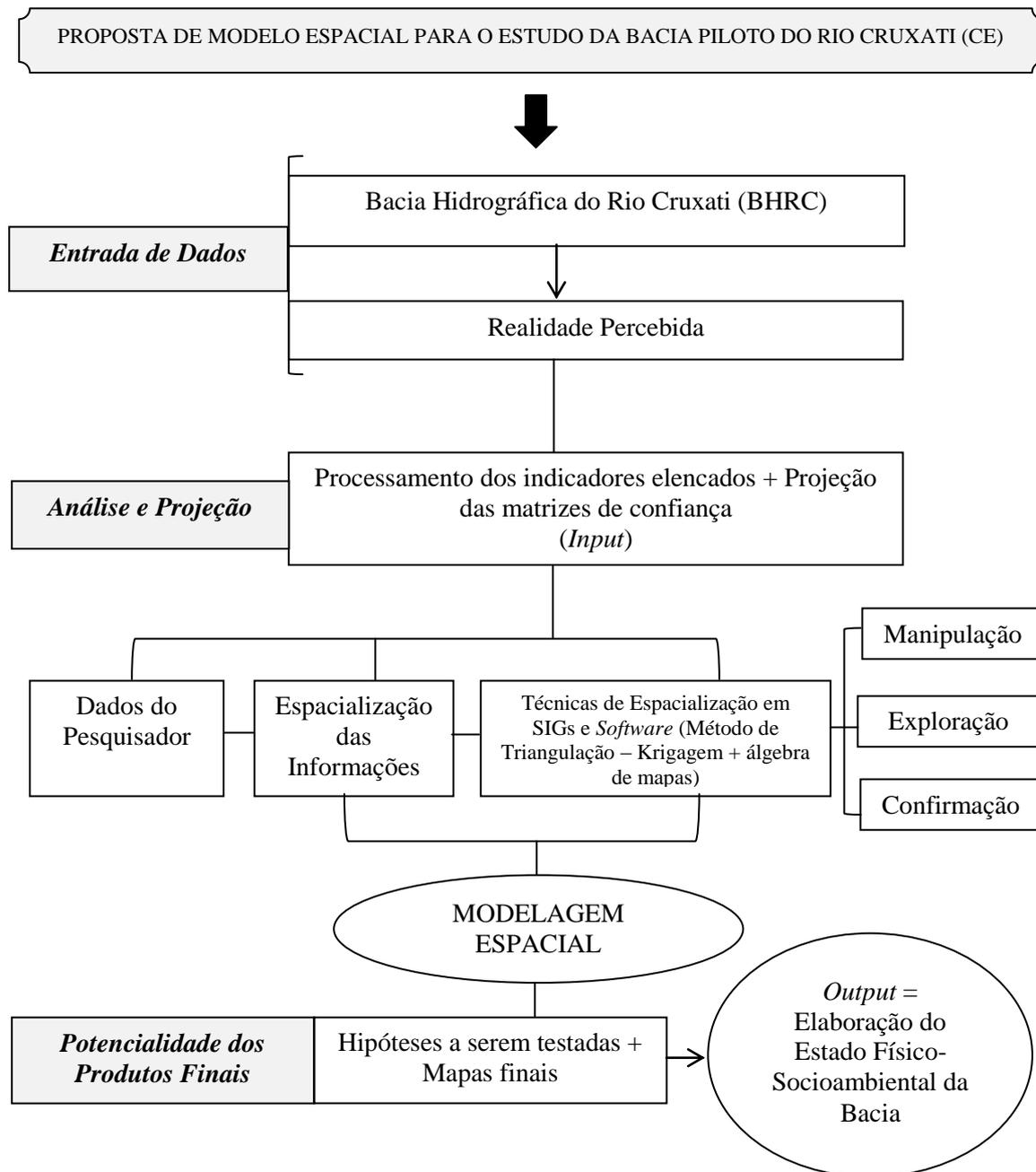
- i. Os parâmetros utilizados no modelo devem ser mensuráveis no mundo real;
- ii. A identificação física dos parâmetros é importante porque constitui a base para se transferir os modelos de sua área teste original para outras localizações;
- iii. Os modelos nunca podem substituir as observações de campo e os experimentos de laboratórios;
- iv. Torna-se importante construir que se operacionalize em escalas temporais e espaciais adequadas, até mesmo se seja programado para ser compatível com modelos em outra escala;
- v. O modelo deve estar relacionado com as técnicas e variáveis que serão mensuradas, de modo que poderão intercambiar dados e previsões de maneira significativa.

Segundo Fischer *et. al.* (1996) em Christofolletti (*op. cit.*) as denominadas análise e modelagem espacial geralmente não ultrapassam os limites de manipulação de dados em mapas, tais como sobreposição de polígonos e armazenamento temporário de informações. O desafio nesse sentido consiste na incorporação de capacidades relacionadas ao avanço no

campo das geotecnologias e do manuseio e interpretação dos dados geográficos. O fluxograma 04 evidencia uma proposta de modelagem espacial, a partir dos parâmetros e técnicas que foram utilizados nesta pesquisa. Nota-se que a proposta em questão, busca integrar a noção de modelagem ambiental em sistemas ambientais direcionado ao estudo da bacia hidrográfica piloto com os procedimentos desenvolvidos no SIG.

Buscou-se trabalhar com as visões teóricas dos métodos especificados anteriormente com a proposta metodológica que aqui foi construída, analisando e compreendendo a disposição estrutural dos diversos componentes geoambientais que compõem a bacia hidrográfica do estudo, além de interpretar como a dinâmica e as interações das ações humanas vêm contribuindo para acentuar os quadros de degradação ambiental.

Fluxograma 04 - Proposta de Modelo Espacial para o Estudo da Bacia Piloto do Rio Cruxati (CE).



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

O modelo físico-socioambiental especificado para esse estudo pauta-se em uma proposta metodológica quali-quantitativa que visa avaliar o estado de deterioração dos recursos naturais renováveis. Nessa perspectiva, ele representa um tipo de modelo que também visa demonstrar espacialmente os resultados obtidos a partir da aplicação dos indicadores, que compõem a Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA) da bacia hidrográfica piloto e dos municípios inseridos em seu âmbito.

### **3 A IMPORTÂNCIA DA MUNICIPALIZAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL PARA AS POLÍTICAS DE SUSTENTABILIDADE NO SEMIÁRIDO**

Esse capítulo traz discussões sobre o processo de municipalização da questão ambiental em municípios brasileiros, particularmente, destacam-se questões relacionadas à implementação efetiva de uma agenda ambiental nas políticas públicas dos governos municipais do semiárido cearense.

São realizadas discussões sobre temas como: gestão municipal, planejamento participativo, política socioambiental efetiva, problemáticas ambientais municipais, desenvolvimento sustentável municipal e ação conjunta entre universidade, ONGs, poder público e sociedade civil.

#### **3.1 A complexidade socioambiental e a interface entre gestão municipal no semiárido**

Analisando detalhadamente o cenário socioambiental brasileiro e o associando a realidade do semiárido cearense, destacam-se as seguintes questões: i) o crescimento do processo de devastação e comprometimento das estruturas e processos ecológicos; ii) a baixa incorporação da dimensão ambiental na ideologia e comportamento empresarial e do mercado consumidor; iii) a maior amplitude da regulação legislativa dos problemas ambientais; iv) a baixa efetividade de implementação das questões ambientais nas políticas públicas; e v) a injusta distribuição de renda, aumentando o contingente de pobreza, que impulsiona e é impulsionado por problemáticas ambientais (ALMEIDA, *et al.*, 1993). O quadro 01 demonstra os principais tipos de impactos socioambientais relacionados a diferentes tipos de sistemas ambientais.

Quadro 01 - Principais Impactos Socioambientais Relacionados a Diferentes Sistemas Ambientais.

<b>Principais Impactos Socioambientais Relacionados a Diferentes Sistemas Ambientais</b>	
Sistemas Ambientais	Impactos Socioambientais
Urbanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupação desordenada do solo;</li> <li>- Formação de dualidades socioeconômicas;</li> <li>- Indústrias poluentes;</li> <li>- Problemas de tratamento de água e lixo;</li> <li>- Problemas de esgoto sanitário;</li> <li>- Eutrofização de espelhos d'água;</li> <li>- Supressão da mata ciliar de rios, lagoas e lagos;</li> </ul>
Rurais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta concentração fundiária;</li> <li>- Desmatamento, erosão, perda de solos;</li> <li>- Extrativismo predatório, animal e vegetal;</li> <li>- Sobreexploração florestal;</li> <li>- Poluição e assoreamento de corpos hídricos;</li> <li>- Projetos energéticos;</li> <li>- Atividades mineradoras;</li> <li>- Desertificação;</li> </ul>
Naturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminação, destruição;</li> <li>- Impacto sobre a biodiversidade;</li> <li>- Comprometimento da capacidade depurativa e regenerativa;</li> <li>- Desequilíbrio ecológico;</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de Almeida, *et. al.* (1993).

A relação entre sociedade e natureza vem ocorrendo ao longo nas últimas décadas, de modo predatório e insustentável, conduzindo a uma depleção dos recursos naturais renováveis e não renováveis e no estabelecimento de um ciclo exploratório socioeconômico. Isso resulta na formação de uma sociedade de classes sociais fundamentadas na relação entre explorador e explorado. Faz-se necessário rever o atual paradigma de desenvolvimento socioambiental e sociopolítico vigente e, particularmente, discutir sobre as novas dimensões de planejamento e gestão das problemáticas que interferem no equilíbrio dinâmico das relações sociais, econômicas e ambientais.

Para Rodriguez e Silva (2013), os sistemas ambientais são sempre influenciados pela relação dialética entre os fenômenos naturais e os fenômenos naturais, que se manifestam de duas maneiras: i) a influência e condicionalidade ambiental, que consiste na forma como se manifestam as condições ambientais, as propriedades dos sistemas ambientais sobre o sistema social; e ii) a capacidade de gestão e/ou transformação do meio ambiente é a forma com que o sistema social controla a influência sobre o sistema natural (ecossistema e geossistema), sendo tal capacidade dependente do nível de desenvolvimento científico, tecnológico, das características das instituições sociais, o caráter dos sistemas culturais, os costumes, etc.

Associado a essa visão, existem duas principais formas de interação entre sistemas naturais e sociais: a) a adaptação social às potencialidades e limitações do ambiente ou meio natural; b) a gestão e transformação dos sistemas ambientais naturais, pelo sistema social, em

função dos seus objetivos e suas capacidades científicas, técnicas e organizacionais (RODRIGUEZ & SILVA, 2013). Nessa perspectiva, a transformação dos sistemas ambientais naturais pode ser notada a partir de três maneiras, como se visualiza na figura 02.

Figura 02 - Possibilidades de Transformação dos Sistemas Ambientais Naturais.



**Fonte:** Adaptado de Rodriguez & Silva (2013).

É imprescindível a compreensão nesse momento, de uma nova forma de se pensar o planejamento e a gestão ambiental, baseando-se na complexidade das questões socioambientais sob o prisma da gestão municipal e do planejamento participativo, pois tal ponto de vista possibilita uma maior racionalização das políticas de enfrentamento aos processos de degradação ambiental e socioeconômica que se dissipam pelos sistemas ambientais.

Verifica-se que os desafios para a resolução das problemáticas ambientais classificam-se em oito campos de ações, evidenciados no quadro 02.

Quadro 02 - Principais Problemas Ambientais Municipais.

<b>Principais Problemas Ambientais Municipais</b>	
<b>Campo de Ação</b>	<b>Problemáticas</b>
Consciência ecológica e ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de reconhecimento das políticas ambientais pela sociedade e pela administração pública;</li> <li>- Compromisso ambiental frágil das instituições de saneamento básico com o meio ambiente, o que provoca problemáticas como a não-implantação generalizada de tratamento de esgotos;</li> <li>- Necessidade de realizar pesquisas de opinião para a definição das prioridades para a ação municipal;</li> </ul>
Estrutura administrativa e recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessidade de capacitação e treinamento dos dirigentes de meio ambiente, face à complexidade dos assuntos ambientais;</li> <li>- Estruturas operacionais aquém das necessidades da gestão ambiental;</li> <li>- Falta de recursos humanos com capacitação técnica nos órgãos ambientais municipais;</li> <li>- Estruturas e servidores públicos sem coragem para assumir posições e decisões que contrariam interesses maiores;</li> <li>- Recursos arrecadados não são direcionados para aplicações no meio ambiente;</li> <li>- Dificuldade na administração interna dos órgãos municipais, por ausência de planejamento estratégico e outras práticas mais modernas de administração pública;</li> </ul>
Aspectos legais e conflitos institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessidade de articulação para a implantação do sistema de licenciamento no âmbito municipal, com a necessária conscientização de sua importância para o poder municipal e para os diversos setores da comunidade;</li> <li>- Necessidade de capacitação das equipes que estarão envolvidas no processo de licenciamento</li> </ul>
Aspectos legais e conflitos institucionais	<p>e fiscalização. Normalmente as estruturas municipais de meio ambiente não dispõem de equipes multidisciplinares. Verifica-se um grande receio do profissional do órgão municipal de estar assumindo as responsabilidades do licenciamento ambiental.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Em alguns casos, inibição e desautorização das ações municipais por autoridades estaduais;</li> <li>- Dificuldade de compatibilização da legislação ambiental municipal, código tributário, lei orgânica e outras leis municipais;</li> </ul>
Participação comunitária	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de maior integração entre a comunidade e os conselhos municipais de meio ambiente;</li> </ul>
<b>Principais Problemas Ambientais Municipais</b>	
<b>Campo de Ação</b>	<b>Problemáticas</b>
Processo de gestão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de integração com a área de educação para implementação de programas de educação ambiental;</li> <li>- Descontinuidade política e partidária estancando ou atrasando os processos em andamento de implantação de estruturas e atividades de controle ambiental;</li> <li>- Falta de planejamento do desenvolvimento municipal;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preocupação com a fuga de investimentos em municípios que possuem regulamento ambiental mais rigoroso para municípios que não têm regulamento ambiental;</li> <li>- Pequena presença de incentivos fiscais para áreas de proteção ambiental nos municípios;</li> </ul>
Saneamento básico e ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saneamento básico deficiente, o que implica em poluição hídrica por esgotos domésticos, deficiência de coleta e tratamento de esgotos. Lançamento de esgotos na rede de drenagem;</li> <li>- Condições precárias de saneamento básico, em especial nas áreas de população mais carente, trazendo como consequência sérios problemas ambientais;</li> <li>- Falta de políticas para a coleta e destinação de resíduos sólidos, e consequente mal aproveitamento de materiais inertes e entulhos, proliferação de lixões absolutamente inadequados, e desperdício de oportunidades econômicas que trariam repercussões sociais positivas;</li> </ul>
Planejamento Urbano e Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arborização pública insuficiente, em especial nas áreas mais pobres das periferias da cidade;</li> <li>- Carência de parques nas áreas urbanas e falta de plano municipal de implantação e gestão de áreas verdes;</li> <li>- Inexistência de plano diretor. Quando existem, são pouco discutidos e negociados com a sociedade.</li> </ul>
Entorno e recursos naturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de loteamentos irregulares em áreas de fragilidade ambiental, com destaque para dunas e mangues;</li> <li>- Falta de proteção aos mananciais de abastecimento, que são agredidos pelo crescimento urbano;</li> <li>- Desmatamento e ocupação inadequada das áreas de preservação;</li> <li>- Carência de zoneamento ambiental urbano e leis de uso do solo;</li> <li>- Ocupação desordenada, com invasões de áreas verdes e de áreas de preservação permanente, particularmente nos cursos d'água, provocando erosão e assoreamento;</li> </ul>

Fonte: Elaborado a partir de Philippi Jr. *et al.* (1999) e Jara (1998).

Tais problemáticas são realidades existentes nos municípios brasileiros e que também observadas nos municípios cearenses. Entretanto, para Neves (2008), tais questões ainda continuam a serem ignoradas no plano da administração e das políticas públicas. Já no domínio analítico, para o autor, sua importância é reconhecida para a qualidade do ambiente local.

Para Rodriguez e Silva (2013), as comunidades e suas populações no enfrentamento das problemáticas ambientais e na implementação da gestão ambiental, como no caso das bacias hidrográficas semiáridas, precisam conhecer e assimilar: i) como funcionam os regulamentos, normas e disposições institucionais e jurídicas relacionadas ao processo de

gestão do território; ii) conhecer as particularidades dos sistemas ambientais onde vivem, suas estruturas, processos e funcionalidades; e iii) compreender a capacidade de uso, conflitos territoriais, riscos ambientais, limitações e potencialidades socioambientais.

Essas ações devem ser pensadas a partir da escala local, representada na figura dos municípios integrantes como, por exemplo, no caso de uma bacia hidrográfica, pois se sabe que estes são espaços nos quais a visualização dos problemas ambientais ocorre de modo perceptível. Para Carvalho, Kelting e Silva (2011), a escala de análise representada pela figura dos municípios, deve representar o primeiro nível de controle das práticas que conduzam a degradação ambiental e a depreciação da qualidade de vida das populações.

De acordo com Buarque (1999), o município tem uma dimensão territorial apropriada para a mobilização das forças sociais e integração de investimentos potencializadores do desenvolvimento, seja pelas reduzidas dimensões ou pela aderência político-administrativa que oferece, através da municipalidade e instância governamental. Entretanto, os municípios carecem de capacidade técnica para o enfrentamento das problemáticas ambientais. Segundo a autora, a falta de participação social é uma das principais causas do fracasso de processos de descentralização das políticas públicas.

Para Philippi Jr. (1999), a discussão sobre a temática ambiental a partir do nível local, tem sido tratada historicamente pelos municípios brasileiros de modo ou compartimentado ou generalizado, revelando as dificuldades com a perspectiva da articulação política que se apresenta como um dos desafios para a implementação de políticas públicas sustentáveis.

Os municípios brasileiros acabam tendo como limitadas as suas condições de poder intervir sobre as problemáticas ambientais de sua responsabilidade, e quando motivados a enfrentá-las, são barrados pela fragilidade da organização e da articulação política que possibilite o encaminhamento de reivindicações e de ações que visem à mitigação e o combate dessas problemáticas (PHILIPPI JR., 1999).

Para o fortalecimento de uma política ambiental intervencionista municipal no território brasileiro, a gestão dos problemas ambientais deve ser pensada prioritariamente a partir do enfrentamento em âmbito local, com a orientação e o apoio das demais unidades da federação. Entende-se que as municipalidades devem ampliar incessantemente a compreensão da realidade local, no intuito de compreendê-la em sua totalidade, objetivando a melhoria e adequação das práticas ambientais (PHILIPPI JR., *et al.*, 2004).

A partir desse entendimento, a municipalização da gestão ambiental no Brasil, passou por uma longa estruturação no que se refere ao seu arcabouço legal. Para Philippi Jr. *et al.* (2004) e Milaré (1999) destacam-se nesse processo:

- a) O artigo 225 da Constituição Federal de 1988, que consagra o meio ambiente como “bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”;
- b) A Lei Federal Nº 6.938/81, que estabelece as bases da Política Nacional de Meio Ambiente, cria o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA);
- c) A alma do SISNAMA é composta entre os subsistemas e instituições que o integram, ele é integrado por órgãos federais, estaduais e municipais, tais como: o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), órgão superior do SISNAMA;
- d) O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), órgão central do SISNAMA, que articula politicamente entre os órgãos federais, estaduais e municipais;
- e) A criação da Política Nacional de Recursos Hídricos, nº 9.433 de 1997;
- f) Lei de Crimes Ambientais 9.605 de 1998;
- g) Lei de Educação Ambiental nº 9.795 de 1999;
- h) Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) nº 9.985 de 2000;
- i) Com caráter local surge o Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA), que institucionaliza a política ambiental do município, fazendo parte desta não apenas o órgão executivo municipal, mas também o Fundo Municipal do Meio Ambiente, o Código Ambiental do Município, o Conselho Municipal do Meio Ambiente, entre outros.;
- j) A Agenda 21 Local também surge como um instrumento fundamental para a gestão e o planejamento ambiental municipal.

Cada município tem autonomia para tomar em seus territórios a defesa do patrimônio natural ou cultural, além do bem-estar de sua população, porém, para atingir essa condição, os municípios e seus gestores devem buscar capacitar-se, preparar-se e enfrentar os conflitos que surgem a partir da tomada de posição em relação à questão ambiental (FRANCO, 1999).

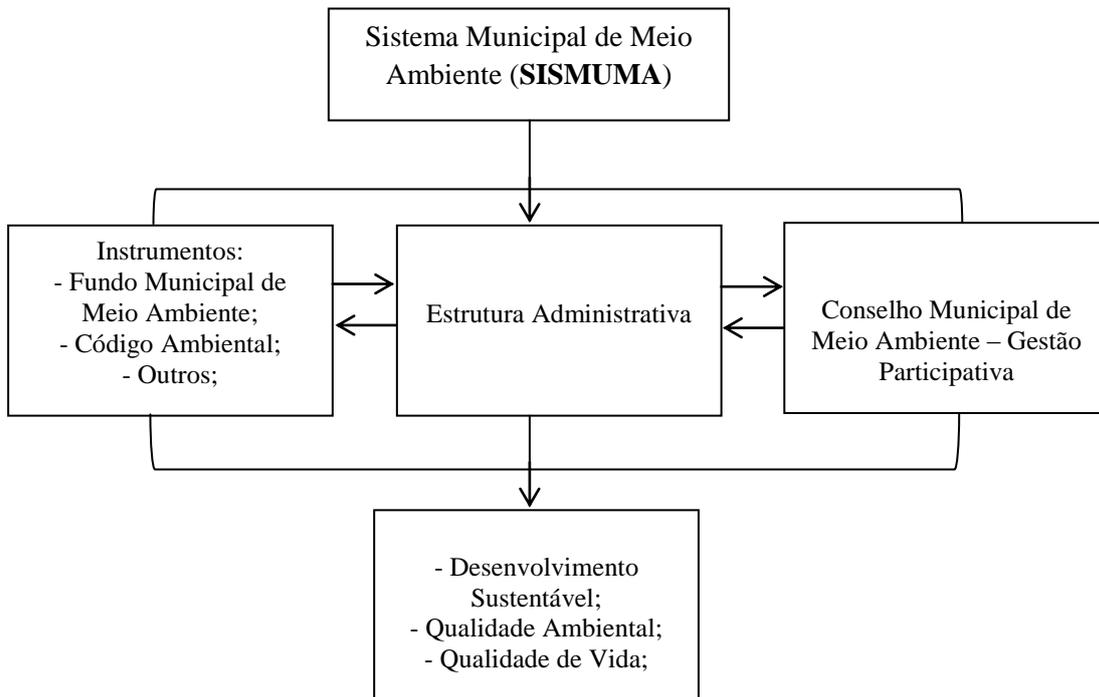
Emerge nessa conjuntura, a necessidade da implantação em todos os municípios brasileiros do Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA), particularmente, nos municípios que evidenciam cenários de alta vulnerabilidade socioambiental, e nesse caso, destaca-se a necessidade dessa estrutura nos municípios que compõem o semiárido brasileiro.

O SISMUMA institucionaliza a política ambiental do município, com abrangência do poder público e nas comunidades locais, por meio de uma estrutura da qual fazem parte, não apenas o órgão executivo municipal, mas também as seguintes esferas:

- i) O *Fundo Municipal do Meio Ambiente*, que tem por objetivo proporcionar recursos e meios para o desenvolvimento de programas, projetos e ações voltados à proteção, recuperação e conservação do meio ambiente no município. Os recursos podem ser adquiridos a partir das seguintes estratégias: recursos oriundos da arrecadação de multas e seus acessórios; taxas de licenciamento ambiental e outras relativas ao exercício do poder de polícia; dotações consignadas no orçamento municipal para a política de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente; recursos estaduais e federais para o desenvolvimento das atribuições do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CONDEMA) e da política de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente; e recursos oriundos da celebração de acordos, contratos, consórcios e convênios.
- ii) O *Código Ambiental do Município* (Leis Orgânicas Municipais);
- iii) *Conselho Municipal de Meio Ambiente* – agrega poder deliberativo e participativo de representantes de órgãos públicos e de vários setores da sociedade civil organizada, com o objetivo de indicar políticas públicas, diretrizes e normas, além de acompanhar sua execução pelos diversos órgãos do município, como também manifestar-se sobre o Plano Diretor da Cidade.

Observa-se no fluxograma 05 a devida estrutura para a implementação de um Sistema Municipal de Meio Ambiente.

Fluxograma 05 - Estrutura que compõe um Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA).



Fonte: Salles (2000) em Philippi Jr. *et al.* (2004).

A municipalização da questão ambiental pode ser apresentada como a ampliação de poder e responsabilidade deliberativa e decisória da sociedade municipal. No entanto, no interior do município pode ocorrer uma ampliação do processo de descentralização, devido ao repasse da responsabilidade executiva de projetos e com autonomia nas escolhas e definição de prioridades para as comunidades e subconjuntos espaciais (BUARQUE, 1999).

Ao inserir essa discussão sobre a questão da ampliação do processo de descentralização dentro dos municípios, Buarque (*op. cit.*) ressalta que a descentralização é um processo histórico de âmbito mundial e com tendência visível no Brasil, principalmente, desde a Constituição de 1988, com o fortalecimento dos municípios e da desconcentração das políticas e programas nacionais. A descentralização facilita, significativamente, a participação da sociedade nos processos decisórios, possibilita constituir um passo muito importante para a democratização do Estado e do planejamento.

A escala municipal e comunitária permite uma grande aproximação entre as instâncias decisórias e as problemáticas e carências da população e da comunidade, consentindo um maior envolvimento direto da sociedade, e reduzindo o peso e as naturais intervenções dos mecanismos de representação. Com isso, tem-se o fortalecimento do poder

local e a ampliação das oportunidades do cidadão na escolha das suas alternativas e na deliberação de seus anseios (BUARQUE, *op. cit.*).

Quanto menor a escala espacial das decisões, maiores são as influências das forças locais e a proximidade da estrutura de poder, com todas as implicações sobre os interesses diferenciados da sociedade e sobre a democracia. Nos planos municipal e local, ainda existe uma dominação e uma cultura política tradicional, clientelista, paternalista e autoritária, controlada pelas oligarquias, que passariam a assumir o controle das políticas e atividades descentralizadas, particularmente, essa perspectiva ainda é notada em municípios do Brasil, e do estado do Ceará.

Em determinados municípios nordestinos, a questão ambiental é englobada de modo tímido em algumas administrações. A realidade dos municípios localizados em áreas interioranas ou rurais evidenciam problemáticas ambientais que se agravam e se espraiam por sertão adentro, e onde as ações de intervenção municipal são ineficazes ou inexistentes, devido à deficiência na estrutura técnica, a falta de iniciativa e planejamento da gestão pública e a não mobilização da sociedade local.

Tratando da questão do planejamento e da gestão ambiental em nível municipal em cidades interioranas do semiárido cearense, observam-se grandes desafios para inserção de políticas sustentáveis que visem associar o desenvolvimento econômico com a conservação dos ambientes naturais. A pouca estrutura ou a inexistência de uma organização que vise à fiscalização, o monitoramento e o levantamento das condições socioambientais é preocupante nos municípios do interior do estado do Ceará. Essa inexistência ou ineficácia de uma estrutura que possibilite a gestão ambiental municipal evidencia-se como um dos entraves para a promulgação da sustentabilidade.

A base institucional para a municipalização da gestão ambiental necessita urgentemente de maior estruturação e capacitação dos órgãos e entidades responsáveis pela gestão do meio ambiente, particularmente, no que se refere à alocação ou melhoramento: a) na formação dos recursos humanos; b) em recursos científicos; c) tecnológicos; d) organizacionais; e e) institucionais.

### **3.2 Debates sobre a municipalização de uma política socioambiental efetiva**

A municipalização da questão ambiental surge como um importante marco na gestão ambiental descentralizada. Buarque (1999) analisa que a municipalização é uma forma de descentralização administrativa das políticas e dos mecanismos de intervenção pública para

a esfera municipal, com permuta efetiva da competência decisória para o município como espaço de poder local.

Para o estabelecimento de uma política socioambiental efetiva, os municípios possuem em suas competências um instrumento ideal para a gestão ambiental, em âmbito local, que é a disciplina do uso do solo, englobando todas as atividades exercidas no espaço urbano, incluindo itens de preservação ambiental (MILARÉ, 1999). Para além do contexto urbano, vislumbram-se as problemáticas ambientais que ocorrem também nas áreas rurais dos municípios. A introdução de normas de proteção ambiental surge como um mecanismo eficaz e fundamental para a resolução das questões ambientais em plano municipal. Dentre tais, destacam-se em:

a) O *Plano Diretor* - a Lei Federal 10.257/2001, conhecida como Estatuto das Cidades é a regulamentação dos artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, e estabelece parâmetros e diretrizes da política e gestão urbana no Brasil. O plano diretor está definido no Estatuto das Cidades como uma ferramenta básica para orientar a política de desenvolvimento e de ordenamento da expansão urbana do município. O plano diretor é obrigatório para municípios: com mais de 20 mil habitantes; integrantes de regiões metropolitanas; áreas de interesse turístico; e situados em áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental na região ou no país. Salienta-se que o plano diretor e as consequentes leis de uso e ocupação do solo são mecanismos fundamentais e expressivos para efetivar a proteção ambiental no plano municipal, de modo articulado com as demais questões de interesse local, já que esse instrumento não se limita ao espaço urbano considerando todo o espaço municipal com seus diversos componentes ecológico, econômico, social, sanitário, cultural, entre outros.

b) *Sistema Municipal* – a partir do estabelecimento do Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMUMA), o qual efetivará a execução da variável ambiental no planejamento e na promoção da política de desenvolvimento do município. Nele se integra a estrutura burocrática, o Fundo Municipal de Meio Ambiente, o Código de Meio Ambiente do Município e o Conselho Municipal de Meio Ambiente.

Para essa estruturação ocorrer de modo correto, torna-se fundamental a identificação das atribuições que deverão ser assumidas pelo órgão local. Philippi Jr. e Zulauf

(1999) destacam algumas atribuições que são de responsabilidade dos municípios para a manutenção de um equilíbrio que leve a um desenvolvimento ambientalmente sustentável:

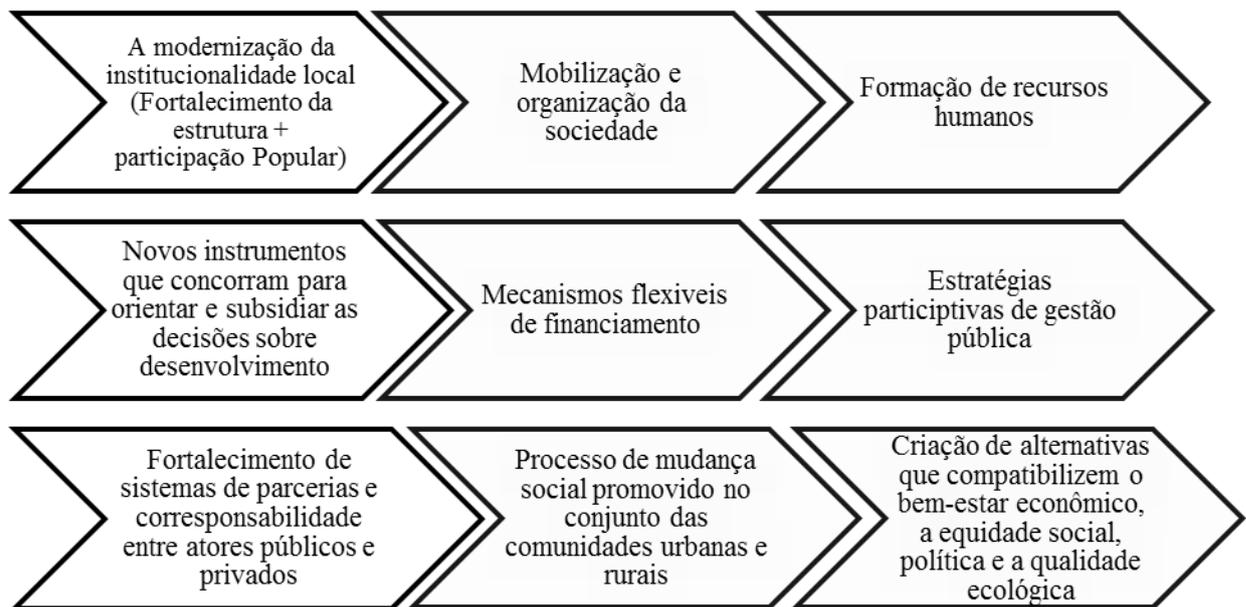
- i) Parques, áreas de proteção ambiental, manguezais e mananciais, as áreas verdes;
- ii) O controle da qualidade do ar, envolvendo atividades industriais, comerciais, agrícolas, de transportes, como veículos automotores;
- iii) O controle da qualidade das águas, envolvendo atividades relacionadas ao seu uso como o abastecimento público, industrial, produção de energia, comercial, recreacional, agrícola e na pecuária;
- iv) O controle do uso, ocupação e qualidade do solo envolvendo atividades imobiliárias, agrícolas, turísticas, industriais, de controle de cheias e de erosão;
- v) O controle de resíduos sólidos domésticos, industriais, comerciais, de serviços de saúde, envolvendo todas as atividades e processos do acondicionamento e tratamento e disposição final; como também práticas de redução, minimização e comportamentais referentes a cuidados sanitários, ocupacionais e para reaproveitamento;
- vi) O controle de ruído e vibrações, envolvendo atividades comerciais, industriais e serviços;
- vii) O monitoramento e atendimento a emergências ambientais.

Para o alcance desses objetivos na busca pela sustentabilidade ambiental municipal, é necessário o envolvimento de todos os setores da sociedade para o estabelecimento de parcerias de representantes das administrações públicas e da sociedade civil.

A figura do município e da comunidade que dele faz parte, constituem esferas importantes de autonomia de gestão, e que devem estar articulados com os macroespaços, demandando um esforço de coordenação, com interesses e estruturas capazes de desempenhar funções articuladoras na distribuição de responsabilidades no espaço, numa espécie de descentralização coordenada (BUARQUE, 1999.). Essa relação constitui um caminho para o enfretamento dos problemas ambientais que se dissipam pelos espaços urbanos e rurais dos municípios cearenses.

O estabelecimento de uma política socioambiental participativa somada à promoção de um desenvolvimento sustentável a nível municipal, que vise o combate das problemáticas de degradação ambiental, torna-se imprescindível. O fluxograma 06, traz uma perspectiva sobre essa ideia.

Fluxograma 06 - Aspectos fundamentais para o estabelecimento do desenvolvimento sustentável em nível municipal.



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Jara (1998).

A descentralização da gestão política e o debate da questão ambiental em âmbito municipal devem estar atrelados à ação das comunidades locais, às instituições municipais e ao movimento popular, os quais estariam à frente das tomadas de decisões e na gestão dos processos de desenvolvimento. O município surge como uma célula política da sociedade nacional, além de se estabelecer como uma instância de direito público funcional e territorialmente descentralizada que opera politicamente, objetivando alcançar a satisfação das necessidades das comunidades locais (JARA, 1998).

O estabelecimento dessa municipalização da questão ambiental, perpassando o desenvolvimento sustentável, deverá estar ligado, segundo Jara (*op. cit.*) ao:

- a) Estabelecimento de condições políticas que permitam a participação social, instituindo estruturas e caminhos para a elaboração dos grupos sociais excluídos e marginalizados para o exercício da cidadania, instigando a inclusão das associações e comunidades em torno de problemas locais particulares;
- b) Fortalecimento, por meio de programas de capacitação, das disposições técnicas e gerenciais dos agentes institucionais inseridos nos processos de desenvolvimento municipal. Além de promover um município inteligente a partir de uma aprendizagem contínua;

- c) Engajamento de mecanismos de participação e comunicação social, englobando representantes dos vários atores sociais, além dos canais de representação tradicional, como espaços institucionalizados para a expressão e debate de interesses, visando à formulação de políticas sustentáveis, maior transparência e possibilidade de controle social;
- d) Estímulo e fortalecimento da articulação entre os órgãos públicos centrais e federais com os municipais, contribuindo para o desenvolvimento de um novo sistema institucional público descentralizado, com maior sensibilidade social, flexibilidade e eficiência, operando próximo as comunidades;
- e) Estabelecimento e operacionalização de um sistema transparente de informação que permita a articulação do sistema municipal como um todo, mantendo o diálogo, a comunicação, a interpretação e a tomada de consciência, como parte de um movimento constante de intercâmbio entre o governo local e a população;

Com isso, os processos relacionados ao desenvolvimento da política socioambiental no âmbito dos municípios, devem estar associados ao desenvolvimento socioeconômico e a sustentabilidade ambiental, além de estar atrelados a três elementos-chave, como evidencia o quadro 03.

Quadro 03 – Elementos-chave para o desenvolvimento sustentável em nível municipal.

<b>Elementos-chave para o Desenvolvimento Sustentável em Nível Municipal</b>	
<b>Elementos-chave</b>	<b>Perspectiva</b>
Democratização da vida social	Mobilização da sociedade local para a gestão dos processos de modo compartilhado. Trata-se de promover a mudança na cultura política tradicional, envolvendo novas formas de engajamento social, modificando os hábitos as atitudes e os valores compartilhados pelos atores envolvidos na vida política. Tal transformação passa pelo compromisso das autoridades, pela educação dos cidadãos e pelo sentimento de participação social.
Estratégia de desenvolvimento comunitário	Promoção de um conjunto de estratégias de desenvolvimento comunitário, rural e urbano, para minimizar os graves problemas que atingem as populações mais pobres. Trata-se de promover de modo participativo, um processo de mudança e de desenvolvimento local caracterizado pela elevação das oportunidades sociais e qualidade de vida, bem como pela ampliação qualitativa das capacidades de organização e gestão comunitária. Trata-se também de estimular os atores sociais a

	desenvolverem uma consciência democrática e ecológica, e de buscar novas formas de infraestrutura rural que estimulem a economia de pequenos produtores.
Proteção ao meio ambiente	Os municípios são responsáveis pela gestão ambiental mediante o manejo sustentável dos recursos naturais. É preciso realizar a conservação dos ecossistemas locais, através de ações estratégicas que possibilitem a manutenção do equilíbrio ambiental. A dimensão ambiental constitui o suporte básico dos projetos locais de desenvolvimento, sendo fundamental promover sistemas produtivos compatíveis com o equilíbrio dinâmicos dos sistemas ambientais com a geração de renda e riquezas em âmbito municipal.

Fonte: Adaptado de Jara (1998).

Para Neves (2008) esse entendimento abre caminho para que as atribuições ambientais dos municípios sejam organizadas em dois conjuntos de atividades, segundo a sua identificação e as suas atribuições tradicionais: a “Agenda Nova” e “Agenda Antiga”. A primeira foi instituída a partir do estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente e consagradas em ordem constitucional. Ela se refere a questões como o controle da poluição, da disciplina das atividades degradadoras do meio ambiente e dos demais temas inseridos na agenda ambiental, que pertencem a questões ambientais globais ligadas a biodiversidade, desertificação e mudanças climáticas, sendo tais questões distantes da práxis da gestão municipal. A segunda está relacionada a atividades de responsabilidade histórica dos municípios, tais como: i) a prestação de serviços básicos de habitabilidade e qualidade de vida; ii) a gestão de áreas públicas parques e jardins; iii) vigilância sanitária; iv) o controle da ocupação territorial.

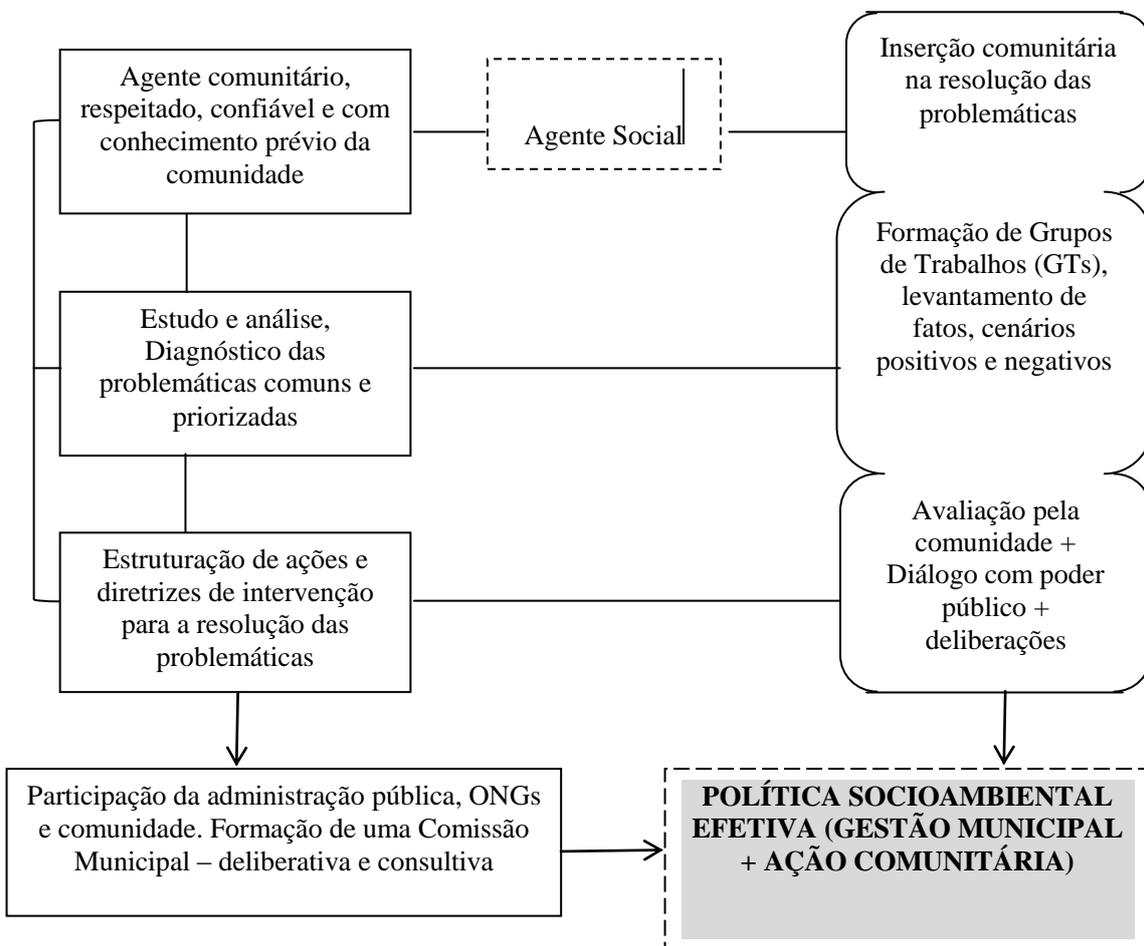
A implementação dessas ações passa pela nova expressão que o poder público deve assumir, ou seja, pela abertura de maiores espaços para a chamada democracia participativa. O desafio atual é a concepção de alicerces para o estabelecimento de organismos regulatórios que disciplinem e compatibilizem interesses difusos de um sistema de decisões complexo, em que tais condições são fundamentais: a) fortalecimento institucional; b) sustentabilidade institucional; c) transparência; e d) participação.

Entre os desafios mais complexos para a continuidade de uma política ambiental efetiva em nível municipal, surge a alternância partidária na gestão da máquina pública municipal. Essa questão constitui-se como um dos maiores entraves na resolução e na deliberação de diretrizes que combatam ou minimizem os impactos ambientais nos

municípios brasileiros, visto que os trabalhos desenvolvidos por uma gestão pública (prefeitura e órgãos municipais), por vezes não tem continuidade pela nova gestão que assume outrora, devido a entraves políticos ou disputas pelo eleitorado.

Nesse contexto, destacam-se os municípios de Itapipoca, Amontada e Miráima que estão inseridos no contexto espacial da bacia hidrográfica do rio Cruxati (Bacia piloto deste estudo), os quais enfrentam uma série de desafios para a manutenção do equilíbrio ambiental em suas unidades territoriais. Baseando-se nessa perspectiva, o fluxograma 07 evidencia a projeção de ações a serem desenvolvidas pela esfera municipal no âmbito da gestão e do planejamento ambiental, como uma proposta de uma política socioambiental efetiva a partir do engajamento popular.

Fluxograma 07 - Proposta de uma Política Socioambiental Efetiva.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

### **3.3 Desafios para a implementação da sustentabilidade ambiental: uma ação conjunta entre poder público, sociedade civil, universidades e ONGs**

Diversos são os desafios para a implementação da sustentabilidade na região semiárida, devido à ineficiência das políticas públicas que estão longe de proporcionar um quadro de equidade social e de sustentabilidade ambiental.

Para Buarque (1999) o desenvolvimento local sustentável é, portanto, um processo que leva a um continuado aumento da qualidade de vida com base numa economia eficiente e competitiva, com relativa autonomia das finanças públicas, combinado com a conservação dos recursos naturais e do meio ambiente. Existe uma carência nos municípios nordestinos de estruturas e capacidades técnicas preparadas às práticas de planejamento sustentável.

Essa realidade surge como um empecilho para elaboração de cenários socioambientais futuros, impedindo a consolidação da autonomia municipal frente à capacidade de gerir projetos de desenvolvimento. Na promoção do planejamento municipal ambiental sustentável, torna-se necessário identificar e articular os atores sociais que deverão ser formados pelos grupos sociais que intervêm ativa ou passivamente na vida social, econômica e política municipal (JARA, 1998).

O processo de proteção ambiental efetiva-se pelo princípio da gestão compartilhada, em que muitas atividades poderão ser desenvolvidas através de parcerias com as Organizações Não-Governamentais (ONGs), com as universidades, com outros órgãos municipais e com os setores empresariais. Entre os protagonistas que podem colaborar para o processo de planejamento e gestão ambiental a nível municipal, destacam-se: a) as comunidades, associações e cooperativas; b) organismos públicos; c) sindicatos e partidos políticos; d) empreendimentos dos grupos de poder econômico; e) ONGs; e f) grupos de base das igrejas, e todos aqueles que são afetados em seus interesses e qualidade de vida (JARA, *op. cit.*).

Independente do segmento governamental ou não governamental, a participação social direta é sempre observada de modo mais efetivo e constante em escala municipal. Desse modo, conseguimos vislumbrar em espaços públicos consultivos e deliberativos, como os comitês de bacias hidrográficas e o conselho municipal de meio ambiente, agentes sociais de comunidades, ONGs e órgãos públicos debatendo questões e deliberando ações para a gestão de políticas públicas ambientais e fiscalização de impactos ambientais em nível municipal (MATALLO JÚNIOR, 2008).

A Agenda 21 constitui um dos instrumentos que podem cooperar para uma maior integração dos agentes sociais nos municípios, evidenciando-se como promotora do planejamento para a constituição de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Esse instrumento destaca-se em nível local, podendo ser construído e implementado em municípios ou em quaisquer outros arranjos territoriais, como bacias hidrográficas, regiões metropolitanas e consórcios intermunicipais.

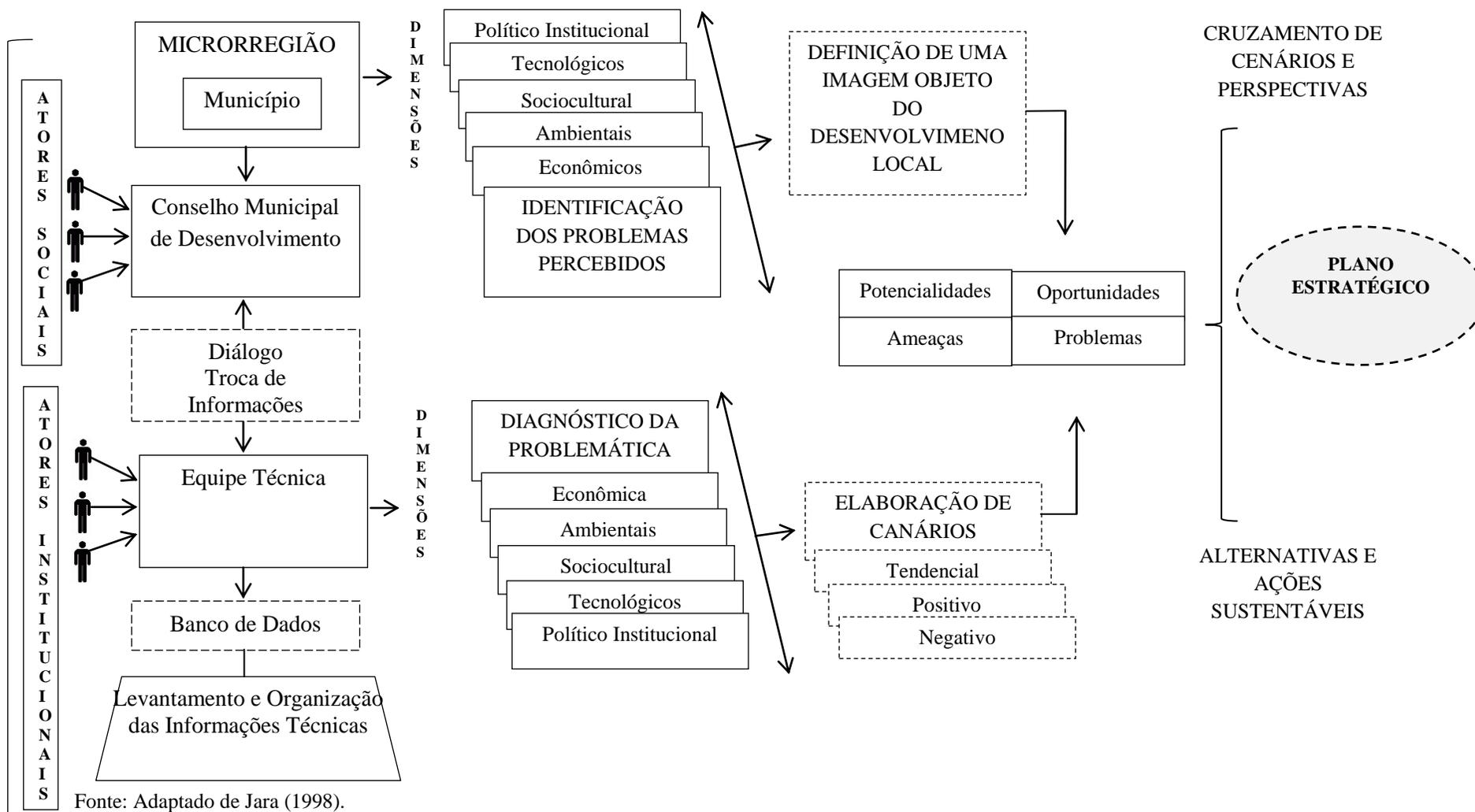
Os consórcios municipais evidenciam-se como linha de ação para a gestão ambiental municipal. No caso específico, das bacias hidrográficas, como a bacia do rio Cruxati, a ideia da articulação entre os municípios que enfrentam dificuldades com a gestão e resolução das problemáticas de degradação ambiental, surge como uma alternativa para a organização dos municípios.

Jacobi (2003) ressalta que as discussões da temática ambiental em todos os setores da sociedade civil vêm-se fortalecendo, aproximando as ONGs e os movimentos da mídia na atuação da coleta, sistematização e disseminação de informações. As articulações têm permitido o crescente fortalecimento de um polo político interno que integra as ONGs no centro do processo de pressão e gestão.

É importante o fortalecimento das organizações sociais e comunitárias, a redistribuição de recursos por meio do estabelecimento de parcerias, de informação e capacitação para instaurar de forma concreta o crescimento dos espaços públicos de decisão e para a construção de instituições pautadas por uma lógica de sustentabilidade. Nesse sentido, diversas experiências, principalmente das gestões municipais, mostram que, havendo vontade política, é possível proporcionar ações governamentais reguladas pela adoção dos princípios de sustentabilidade ambiental compatibilizada a resultados na esfera do desenvolvimento econômico e social (JACOBI, 2003). O fluxograma 08 evidencia essa realidade, tratando do planejamento estratégico do desenvolvimento sustentável a nível municipal.

Fluxograma 08 - Planejamento estratégico do Desenvolvimento Sustentável a Nível Municipal.

### PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL A NÍVEL MUNICIPAL



## **4 ESTADO DA CONSERVAÇÃO/DEGRADAÇÃO FÍSICO-SOCIOAMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS**

Essa seção do trabalho dedica-se a evidenciar como foi estruturado o que aqui denominamos de “Proposta de Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de Bacias Hidrográficas do Semiárido Setentrional do Nordeste”. Em síntese foram elaborados seis indicadores físico-ambientais que resultam no Estado Degradação Físico-Ambiental (EDFA) e o Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS), demonstrado por meio de quatro matrizes de interação quali-quantitativas que resultam nas: Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI), a Matrizes de Interferência Socioambiental (MIS), a Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA), Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP), demonstrando o quadro socioeconômico, socioambiental e da gestão e do planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas.

### **4.1 Bases e fundamentos metodológicos**

A proposta de formulação e aplicação do que aqui denominamos “Proposta de Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de Bacias Hidrográficas Semiáridas do Nordeste Setentrional”, sintetiza as propostas metodológicas postuladas por Beltrame (1994), Dill (2007), Carvalho (2011), Sanchez e Hacking (2012) e Leopold *et al.* (1971), Oliveira e Moura (2009), Silva e Moraes (2012), Kurtz *et al.* (2002), Mota e Aquino (2002), Richieri (2006) e Schneider *et al.* (2011) assumi um aspecto de modelo a ser empregado no estudo de bacias hidrográficas.

Para a elaboração do modelo, projetamos os seguintes indicadores: Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA), que demonstra o grau de deterioração ambiental presente em bacias hidrográficas. Para isso, elencaram-se os seguintes elementos, para compor o modelo:

- i. Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal para os períodos de 1985, 2001 e 2015;
- ii. Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário para os períodos de 1985, 2001 e 2015;
- iii. Severidade Climática (SC);
- iv. Declividade Média (DM);
- v. Erosividade das Chuvas (R);

- vi. Erodibilidade dos Solos (K);

Para a elaboração do cenário socioeconômico e socioambiental da bacia, propõe-se o Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS), expressado por meio de um diagnóstico da região estudada e interpretado e demonstrado por meio de matrizes de referências quali-quantitativas, sendo elas:

- i. Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI)
- ii. Matriz de Interferência Socioambiental (MIS);
- iii. Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA);
- iv. Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP).

#### 4.1.1 Fatores físico-ambientais na composição do modelo

Buscando diagnosticar a situação real em que se encontram os recursos naturais renováveis e determinar o potencial de deterioração destes recursos no âmbito das bacias hidrográficas, visando, principalmente, a manutenção dos recursos hídricos, solo e vegetação, foram considerados quatro grandes parâmetros potenciais naturais de degradação física que estão associados ao EDFA e, a partir deles, são definidos seis *inputs* para a demonstração do grau de degradação e/ou conservação do estado físico-ambiental da bacia piloto. Observando o quadro 04, é possível identificá-los.

Nos indicadores de Dinâmica Regressiva de Cobertura do Solo (DRCS) e Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário (DPSEUA) o objetivo é averiguar o processo de uso da terra em uma perspectiva temporal. Para tanto, é essencial constatar o atual uso da terra e avaliar a defesa fornecida ao solo pela cobertura vegetal existente. Após obter as informações básicas, deve ser feita uma comparação entre a semelhança da vegetação original e a atual, contudo o grau de semelhança atribuído ocorre em relação às características de espacialização de cobertura vegetal não considerando as diferenças entre as espécies originais e atuais (BELTRAME, *op. cit.*).

Já o parâmetro Declividade Média (DM) é utilizado para caracterizar o relevo dos diferentes setores da bacia hidrográfica (BELTRAME, *op. cit.*).

Quadro 04 - Indicadores Físicos-Ambientais Selecionados para a Composição do Modelo.

Fatores Físicos	Indicadores Analisados
Vegetação	1. Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal com o processamento de imagens orbitais <i>Landsat 5</i> do ano de 1985. 2. Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal com o processamento de imagens orbitais <i>Landsat 5</i> do ano de 2001. 3. Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal com o processamento de imagens orbitais <i>Landsat 8</i> do ano de 2015.
Clima	4. Fator Erosividade da chuva (R) com resultados estimados pelo método de Bertoni & Lombardi Neto (1999); 5. Severidade Climática (SC), obtido pelo produto da relação entre índice efetivo de umidade (Im) e números de meses secos (Ms) fundamentado em Thornthwaite (1955).
Características Pedológicas	6. Fator Erodibilidade do solo (K), por meio da equação proposta por Römken <i>et al</i> (1987). 7. Dinâmica Regressiva de Conservação de Solos Expostos/Use Agropecuário com o processamento de imagens orbitais <i>Landsat 1</i> do ano de 1985. 8. Dinâmica Regressiva de Conservação de Solos Expostos/Use Agropecuário com o processamento de imagens orbitais <i>Landsat 5</i> do ano de 2001. 9. Dinâmica Regressiva de Conservação de Solos Expostos/Use Agropecuário com o processamento de imagens orbitais <i>Landsat 5</i> do ano de 2015.
Relevo	10. Declividade Média (DM) por meio da ferramenta “Create Contours”, e com a ferramenta “Clip”, “Create TIN” “Symbology” do ArcGis 10.

Fonte: Elaboração do autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

O indicador de Erosividade da Chuva (R) indica a quantidade de solo perdida pela erosão causada pela ação das chuvas. Nesse parâmetro, é necessário se ter dados das estações pluviométricas nas proximidades e dentro da área da bacia hidrográfica, pois com os dados de precipitação média e anual é que se estabelece o índice de erosão. A adoção do parâmetro Balanço Hídrico (BH) é utilizado para estabelecer o cálculo da diferença entre a entrada e saída de água no solo, também é responsável pela definição do excesso ou deficiência hídrica na bacia (BELTRAME, *op. cit.*).

O indicador Erodibilidade dos Solos (K) considera a erodibilidade dos diferentes tipos de solo e as diferentes taxas que isso ocorre pelas diferenças nas propriedades e nos tipos de usos. Para análise desse parâmetro, associam-se informações da geologia, da geomorfologia e da textura dos solos. A geologia foi considerada, pois fornece informações sobre o substrato rochoso, sua formação e as transformações ocorridas, já a geomorfologia é importante por especificar 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, e quando esses

fatores integram-se com a declividade do terreno, torna-se um importante indicador desse potencial.

Sobre a Severidade Climática (SC), utilizou-se o balanço hídrico na análise deste parâmetro, sendo também efetivada a representação das informações dos índices climáticos que são importantes para análises em ambiente semiárido, como é o caso em particular do estudo. Considerou-se dessa maneira o Índice Efetivo de Umidade (Im) e o Número de Meses Secos (Ms), sendo que o produto da relação entre o Im e Ms resulta na Severidade Climática (SC)

É importante compreender que para cada parâmetro são estabelecidos classes que evidenciam o grau de interferência de cada um, como padrão para melhores condições quanto aos processos erosivos. 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.

A pressão socioeconômica e socioambiental também é considerada, tornando possível integrar as informações do sistema natural com o sistema social e econômico. Além de fornecer bases sólidas para a elaboração do diagnóstico ambiental integrado.

Importante salientar que para efetivar o grau de conservação/degradação físico-ambiental da bacia, cada indicador físico-ambiental adotado possui um tipo de classe que é demonstrado a seguir.

## **4.2 Inputs físicos aplicados na avaliação do Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA)**

### *4.2.1 O fator Severidade Climática (SC).*

A severidade climática existente no semiárido nordestino e cearense associa-se as baixas precipitações com distribuição espacial e temporal irregular, as altas taxas de evapotranspiração e a ocorrência de secas frequentes. O clima pode ser compreendido como resultado de fatores globais (latitude, altitude, continentalidade, etc.), locais (cobertura do solo, topografia) e elementos (temperatura, umidade, velocidade dos ventos, etc.) que configuram uma determinada localidade.

Para Beltrame (1994), o clima pode ser entendido como um fator natural, que de maneira direta ou indireta, influencia na degradação dos recursos naturais renováveis, o que para Araujo *et al.* (2010) está associado às condições atmosféricas adversas que vem sendo induzidas pelo homem, provocando a mudança do clima global.

Para 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, etc. Beltrame (*op. cit.*) menciona que a chuva exerce um papel fundamental na manutenção do ciclo da água e, por consequência, do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica, que possibilita entender, segundo Varejão-Silva (2001), 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 decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação, evaporação e transpiração) e do próprio movimento superficial, caracterizado pelo escoamento e subterrâneo sob a forma de percolação da água. Cabe salientar, que esses dados citados são fundamentais para a compreensão dos sistemas atmosféricos que atuam na região da bacia de estudo, localizada no semiárido cearense.

Em regiões de clima semiárido as precipitações não se distribuem uniformemente no decorrer do período chuvoso, concentrando-se em uma curta estação chuvosa, gerando a chamada “seca verde” que se traduz como um fenômeno de irregularidade entre a disponibilidade hídrica e ritmo de produção agrícola. A determinação do balanço hídrico compreende então, um importante instrumento para estudos agroclimáticos, climáticos e ecológicos, principalmente em regiões em que os dados meteorológicos apresentam-se deficientes quase sempre constituídos por dado de precipitação mensal (SALES, 2003).

Andrade e Zaiat (2013) consideram que o cálculo do balanço hídrico possibilita compreender o comportamento dos seguintes aspectos: i) o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas; ii) os impactos das mudanças climáticas; iii) os efeitos da mudança de uso do solo e padrões espaciais e temporais de oferta e demanda hídrica.

Os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica são: a precipitação (P), a evapotranspiração real (ETR), a evapotranspiração potencial (ETP), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC). A evapotranspiração real e potencial e a deficiência hídrica são os componentes essenciais para determinar a produtividade da água em uma determinada região (PEREIRA *et al.*, 2002).

A evapotranspiração incide no processo inverso da precipitação, pois é a contabilização da perda de água que foi evaporada do solo somada a transpiração das plantas. Entende-se que a relação entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real das plantas representa a deficiência hídrica que ocorre no solo, ou seja, quando a umidade do solo

está abaixo do desejável, fazendo com que a vegetação reduza suas atividades metabólicas e, conseqüentemente, diminuam o seu crescimento e desenvolvimento (MENDONÇA *et al.*, 2003). Assim, quando a precipitação é maior que a evapotranspiração potencial ( $P > ETP$ ) há um excedente hídrico, e quando a precipitação é menor que a evapotranspiração potencial ( $P < ETP$ ) existe um déficit hídrico (DEF), sendo a disponibilidade hídrica equilibrada quando a precipitação é igual à evapotranspiração potencial ( $P = ETP$ ).

Para a estimativa da evapotranspiração da área de estudo, serão utilizadas temperaturas médias mensais estimadas pelo programa *CRIATEMP* (OLIVEIRA & SALES, comunicação pessoal), sendo possível estimar os valores de temperatura média mensal, em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ). A equação manipulada pelo programa é do tipo:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + b_1X_2 + c_1X_3 + a_2X_1^2 + b_2X_1X_2 + c_2X_2X_3$$

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. Essa equação de regressão múltipla para a estimativa das temperaturas médias mensais foi proposta por Cavalcanti e Silva (1994) para os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

A partir da obtenção dos dados de precipitação e temperatura, será realizado o cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), baseando-se no método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) no programa *BHVSER* (OLIVEIRA & SALES, comunicação pessoal).

Dessa maneira, o cálculo do Balanço Hídrico possibilita compreender o comportamento do regime hídrico anual, além do excesso e déficit hídrico. O método Thornthwaite e Mather (1955) corresponde a um procedimento de fácil aplicação que utiliza variáveis disponíveis, sendo bastante empregado devido aos bons resultados que apresenta e constituindo-se como um dos métodos mais aceitos (SALES, 2003).

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) deve ser 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 ( $I_m$ ) relaciona os dois índices acima e é usado para determinar o clima local. Em geral, é considerado dois grandes grupos de climas: os úmidos, quando o  $I_m > 0$ , e os secos,  $I_m < 0$ , apresentando uma série de tipos de climáticos de acordo com alguns intervalos, conforme mostra o quadro 05, sendo este índice expresso pela fórmula:

$$I_m = (I_u - 0,6 \cdot I_a)$$

Quadro 05 - Tipos de Clima em Razão do Índice Efetivo de Umidade ( $I_m$ ).

Grupos de Clima	Tipos de Clima	Símbolos	Índice
Úmido	Super Úmido	A	100 e acima
	Úmido	B <sub>4</sub>	80 a 100
	Úmido	B <sub>3</sub>	60 a 100
	Úmido	B <sub>2</sub>	40 a 60
	Úmido	B <sub>1</sub>	20 a 40
	Úmido Sub-úmido	C <sub>2</sub>	0 a 20
Seco	Seco sub-úmido	C <sub>1</sub>	-33 a 0
	Semi-árido	D	-66,7 a -33,3
	Árido	E	-100 a -66,7

Fonte: Thornthwaite & Mather (1955).

O índice de aridez ( $I_a$ ) proposto pelo UNEP (1991), e adotado pela Convenção Internacional de Combate à Desertificação, resultado do quociente entre precipitação total média anual e evapotranspiração total média anual, calculado pela equação abaixo. Ele é um critério básico empregado para definir as áreas no mundo susceptíveis a desertificação onde esse índice é igual ou inferior a 0,65. O quadro 06 evidencia o  $I_a$  para vários climas do planeta.

$$I_{a(UNEP)} = (P/ETP)$$

Onde:

**P** é a precipitação

ETP é a evapotranspiração potencial

Quadro 06 - Índices de Aridez (Ia) para diferentes Classificações Climáticas.

Intervalos 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).

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 para esta pesquisa, utilizamos o programa *BHVSER* desenvolvido por (OLIVEIRA & SALES, comunicação pessoal) para calcular o balanço hídrico com base em Thornthwaite e Mather (1955).

Para determinar o índice severidade climática (ISC) 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, chamaremos de nível de severidade do clima. Dessa maneira, no processo de determinação do índice climático, efetua-se inicialmente o traçado de isolinhas no *software Surfer 8* com os valores de Im e Ms, plotados no mapa do da área de estudo por meio de técnicas cartográficas de triangulação.

No *software Surfer 8*, gera-se as isolinhas de Im e Ms que são convertidas em imagens *rasters*. Por meio do *ArcGis*, georreferencia-se e vetoriza-se as isolinhas, e através da ferramenta *Spatial Analyst Tools – Map algebra – raster calculator*, realiza-se a álgebra de mapas com a sobreposição do *shapes* de Im e Ms, tendo como resultado o mapa de severidade climática.

Para estabelecer o índice climático na bacia hidrográfica selecionada, utilizam-se os intervalos baseados em Thornthwaite (1948) Thornthwaite e Mather (1955; 1957), na relação entre Im e Ms encontrados na área de estudo descritos no quadro 07.

Quadro 07 - Intervalos de Severidade Climática com respectivas Classes.

Intervalos de IC	Classes
1 a 7	Muito Baixo
8 a 14	Baixo
15 a 21	Médio
22 a 28	Alto
29 a 36	Muito Alto

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

O desenvolvimento dessas etapas resulta no Índice de Severidade Climática, que expressa o grau de intensidade do clima semiárido sobre a disponibilidade dos recursos naturais renováveis, e na interferência das atividades socioeconômicas das populações sertanejas.

#### 4.2.2 Potencial erosivo pluviométrico e a Erosividade (R).

A região semiárida nordestina e cearense exibe um regime pluviométrico irregular espaço-temporal, associado às chuvas de alta intensidade e de curta duração, que tem como consequência um elevado risco de perda de solo, devido a episódios de chuvas com alto poder de erosividade.

A água constitui-se como um agente ativo na maior parte dos fenômenos erosivos, representando um papel maior que o da gravidade, entretanto, em muitos casos dos dois se associam. As águas das chuvas podem originar vários efeitos, dependendo de sua intensidade, quantidade, duração e frequência. Dessa maneira, a erosão hídrica é produzida pelo impacto das gotas de chuva que caem sobre o solo, particularmente, o impacto dessas gotas são mais intensos em superfícies desprotegidas (CARVALHO, 2008).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2012), os danos causados pelas gotas de chuva que golpeiam o solo a uma alta velocidade constituem o primeiro passo para o processo de erosão. Nas regiões secas do planeta, como na região semiárida do Nordeste brasileiro, os recursos naturais renováveis estão seriamente ameaçados de terem as suas reservas qualitativa e quantitativamente reduzidas pelos intensos processos de deterioração ambiental (BARACUHY, 2003).

Entre as problemáticas referentes ao recurso natural solo, Valle-Júnior (2008) aponta a erosão dos solos, pode ser entendida como um processo de desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo, tendo como principais agentes o vento e a água. Contudo, devido à ação do homem por meio de práticas que desequilibram as condições naturais, os processos erosivos aceleram-se, originando a erosão e ocasionando sérios

prejuízos, tanto para a agropecuária quanto ao meio ambiente, tais como: o assoreamento, a poluição e a eutrofização das águas superficiais, com prejuízo na quantidade e qualidade dos recursos hídricos; além de outros danos sociais e ambientais que reduzem a capacidade produtiva das terras, revertendo no aumento dos custos de produção e, conseqüentemente, na diminuição do lucro dos produtores, interferindo na permanência da atividade agrícola.

O solo é um dos recursos naturais mais utilizados pelo homem na produção de alimentos e, por isso, pode ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão hídrica, pelo uso e manejo inadequados. O uso sustentado dos solos requer um conhecimento necessário, como também a quantificação dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica, os quais variam de uma região para outra. As chuvas são um dos fatores climáticos de maior interferência na erosão dos solos, tanto o volume escoado como as velocidades da enxurrada dependem diretamente da intensidade, duração e frequência das mesmas (VALLE-JÚNIOR, 2008).

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado, conforme Carvalho *et al.* (2005), por meio da sua erosividade que se baseia nas características físicas das chuvas de cada região. Nolêto (2005) ao discutir sobre o parâmetro erosividade cita Lal (1994) que define erosividade como sendo a capacidade que tem a chuva de promover erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, processos devidos, respectivamente, ao impacto direto das gotas d'água e ao escoamento superficial da água. Essa habilidade é atribuída à intensidade da chuva e à distribuição do tamanho de suas gotas, características que afetam a energia cinética com que ela promove a desagregação e o transporte das partículas do solo.

A 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 um local e a capacidade dessa chuva de erodir o solo de um terreno desprovido de cobertura vegetal (LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992). Conforme Wischmeier (1959) esse parâmetro representa numericamente a força da chuva e do escoamento.

Bertol (1994) considera o coeficiente de chuva como um parâmetro importante, na medida em que esse expressa a relação entre precipitações médias mensais e anuais, cujos dados são adquiridos de modo fácil em estações meteorológicas.

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), a mensuração do parâmetro erosividade é resultado do produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em qualquer período de 30 minutos consecutivos. Tanto o impacto da gota de chuva, a

turbulência e o escoamento superficial acham-se bem combinados neste índice, daí sua elevada correlação com as perdas de solo.

Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), na busca pela simplificação do método para o cálculo da erosividade da chuva, propuseram uma equação considerando os valores de média mensal e anual de precipitação em que o índice de erosão médio anual, o fator R, para uma determinada área, é adquirido pela soma dos valores mensais do índice de erosão. Para um longo período de tempo, vinte anos ou mais, essa equação estima, com relativa precisão, os valores médios de EI de um local, usando somente totais de chuva, disponíveis para muitos locais.

Melo (2008) menciona que ao analisar os dados de precipitação pluviométrica da região de Campinas (SP), Lombardi Neto e Moldenhauer (1980), propuseram uma relação para o cálculo da erosividade anual (EI), baseando-se na precipitação média mensal (p) e na precipitação média anual (P), expressa da seguinte forma:

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

Nolêto (2005) ao estimar a erosividade da chuva (R) para a microrregião de Sobral (CE) considerou ao calcular o índice de erosividade, a equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) em Bertoni e Lombardi Neto (1990) como melhor opção, devido este método requerer apenas dados de precipitação média mensal e anual. Nessa estimativa, a equação utilizada foi:

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

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;

O cálculo do parâmetro erosividade da chuva (R) indica dados fundamentais que podem ser aproveitados como instrumentos para ações de gestão e planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas, como também em áreas que evidenciam traços marcantes de degradação/desertificação, para que sejam tomadas iniciativas que visem à preservação/conservação dos recursos naturais, aliadas a propostas de manejo e uso sustentável no âmbito de diferentes sistemas ambientais.

A determinação da erosividade da chuva (R) deve ser efetivada com base na equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1980), apresentada por Nolêto (2005), e com a ajuda do programa computacional *EROSIV* desenvolvido por OLIVEIRA (comunicação

peçoal), realizando o cálculo dos índices de erosividade da chuva (R), através dos dados de precipitação mensal dos postos pluviométricos selecionados para a área de estudo.

Os valores de erosividade obtidos foram plotados no *software Surfer 8*, onde gerou-se traçados isoerodentes (linhas que unem pontos de igual valor de erosividade) a partir de técnicas de triangulação de *Krigagem*. Com o auxílio do *software ArcGis*, as imagens com as isoerodentes devem ser georreferenciadas e vetorizadas, e por meio da sobreposição do *shape* gerado de isoerodentes em cima da base cartográfica do área de estudo, gera-se o mapa de erosividade da chuva.

A determinação das classes de erosividade da bacia deve ser efetivada com base no quadro 08.

Quadro 08 - Intervalos de (R) com os Índices e as Classes Correspondentes.

Intervalos de R (Mj.mm/ha.h.ano)	Classes
< 4975	Muito Baixa
4975 a 5747	Baixa
5748 a 6520	Média
6521 a 7293	Alta
>7293	Muito Alta

Fonte: Bertoni & Lombardi Neto (1990)

#### 4.2.3 A susceptibilidade erosiva dos solos e a Erodibilidade (K)

A possibilidade da ocorrência de quadros de erosão em uma determinada área pode ser influenciada mais por fatores como o declive, as características das chuvas, da cobertura vegetal e do uso e manejo do solo, do que pelas propriedades do solo. Entretanto, alguns tipos de solos apresentam uma maior susceptibilidade a sofrerem processos erosivos, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa particularidade marcada pelas propriedades inerentes ao solo é denominada de Erodibilidade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012).

Para Albuquerque *et al.* (2001), a pressão demográfica no semiárido nordestino brasileiro, tem determinado uma crescente demanda por produtos agrícolas e florestais, acarretando um acelerado aumento da produção agrícola, que tem ocorrido às custas do desmatamento indiscriminado da caatinga com conseqüente degradação do solo. Para os autores, o desmatamento indiscriminado para a formação de novas lavouras, agrupado à retirada de madeira para benfeitorias, lenha e carvão e às queimadas sucessivas com manejo inadequado do solo, tem colaborado, juntamente com as secas prolongadas, para agravar quadro de fragilidade ambiental e o equilíbrio ecológico dessa região. Ligado a isso, observa-

se que a destruição da Caatinga na região semiárida, vem favorecendo e desencadeando quadros de erosão do solo, trazendo, como consequências, o seu empobrecimento e o assoreamento de cursos d'água.

Em regiões semiáridas a atividade bioclimática é pouco intensa, há baixa atividade atmosférica e predomínio do intemperismo físico. Observamos que associado a isso e ao fator erodibilidade, o uso desregrado do solo compromete a capacidade de suporte dos recursos naturais renováveis, aliados a pecuária extensiva, que leva a compactação do solo, e o uso de tecnologias rudimentares que ativam e aceleram os processos de deterioração ambiental e dos solos. Desse modo, para Araujo *et al.* (2010), a degradação das condições do solo é um impacto que merece atenção, já que os impactos não são facilmente reversíveis, como é o caso das problemáticas causadas pelos processos erosivos que afetam a formação e regeneração do solo.

Cunha (1997), citado por Vitte e Mello (2007), destaca que a erosão dos solos é considerada normal, quando ocorre um equilíbrio entre os processos de formação do solo e seu desgaste natural. O autor observa que o processo erosivo é mais intenso, sendo mais veloz que a formação do solo, ocorrendo à chamada erosão acelerada que pode ser denominada de erosão antrópica caso tenha sido provocada pela ação humana. Tal situação desencadeia-se quando são encontradas determinadas condições de solo, litologia e relevo que proporcionam a substituição da vegetação natural por outro tipo de cobertura vegetal.

Analisando essa questão, nota-se que diversos são os métodos utilizados para a predição das perdas de solos por processos erosivos, dentre tantos, destaca-se 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 quando os demais fatores que influenciam a erosão permanecem constantes. Ainda para a autora, a resistência do solo à erosão depende de fatores extrínsecos e intrínsecos ao solo. Os fatores intrínsecos são consideradas as propriedades físicas, tais como a textura, a estrutura, a permeabilidade e a densidade; químicas, mineralógicas e biológicas. Como fator extrínseco ao solo tem-se o comprimento, a forma, o declive e o tipo de cobertura do solo.

O entendimento das propriedades do solo são de grande importância nos estudos de erosão. Guerra (2001) destaca que essas propriedades podem afetar na erosão, revelando à textura, a densidade aparente, a porosidade, o teor de matéria orgânica e o teor e estabilidade dos agregados como principais elementos. Beltrame (1994) destaca a propriedade física textura como de grande importância na identificação do potencial erosivo de uma determinada área.

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. A densidade real e aparente dos solos contribui para a erodibilidade dos solos e também afeta outras propriedades como a porosidade. 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. Quanto maior a densidade aparente resulta na dificuldade de infiltração da água no solo aumentando assim o escoamento superficial. A porosidade é inversa à densidade aparente, pois à medida que aumenta a densidade aparente diminui a porosidade dos solos. 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 (PINHEIRO, 2011).

Bertoni e Lombardi Neto (1990) definem a erodibilidade dos solos como a vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão. Para Barros (2005), a erodibilidade pode ser definida como a susceptibilidade do solo à erosão superficial, de modo que as partículas de solo são desprendidas e transportadas pela ação do fluxo hídrico superficial concentrado.

Nesse sentido, entre os métodos para a predição do fator K, destaca-se o proposto por Romkens *et al.* (1987). Utiliza-se para a determinação do parâmetro K a equação de Romkens *et al.* (1987) que calcula o fator K com base na média geométrica do diâmetro das partículas primárias encontradas no solo.

Nolêto (2005) considerou a equação de Romkens *et al.* (1987) a mais conveniente na estimativa da erodibilidade dos solos para a microrregião de Sobral, pois segundo a autora essa equação permite:

- i) Rapidez na determinação de valores de erodibilidade;
- ii) Exige um pequeno número de variáveis;
- iii) Facilidade de aquisição de dados prontamente encontrados nos levantamentos de solos que, para o Estado do Ceará, estão disponibilizados no estudo de Jacomine (1973);

iv) Os resultados dos trabalhos de Silva (1994) indicam que este método como o mais apropriado para a estimativa do fator K no estado do Ceará. A equação mencionada é a seguinte:

$$K = 7,594(0,0034 + 0,0405 \exp(-1/2) (\log(Dg) - 1,659)/0,7101)^2$$

Em que:

**K**: é a erodibilidade do solo, em ton.ha.h/há.MJ.mm;

**Log** é o logaritmo decimal;

**Dg** é a média geométrica do diâmetro das partículas primárias, em mm, calculada de acordo com Shirazi e Boersma (1984).

Os valores de erodibilidade de solo (K) podem ser estimados com base nas classes e associações de solo do Levantamento Exploratório dos Solos do Ceará (JACOMINE, 1973), com o apoio do programa computacional desenvolvido por OLIVEIRA (comunicação pessoal) com a função *ERODIB*, que calcula a erodibilidade do solo a partir da equação de Römken *et al.* (1987).

A espacialização da erodibilidade está relacionada ao mapeamento das classes de solos presente em uma determinada área, pois os valores desse parâmetro estão diretamente dependentes das propriedades de cada tipo de solo. Com a determinação dos valores de erodibilidade das associações dos solos, utilizamos o quadro 09 para atribuir às classes de erodibilidade.

Quadro 09 - Intervalos de (K) com respectivas classes.

Amplitudes de K	Classes de Erodibilidade
0,006 a 0,013	Muito Baixa
0,014 a 0,021	Baixa
0,022 a 0,029	Média
0,030 a 0,037	Alta
0,038 a 0,044	Muito Alta

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

#### 4.2.4 Declividade Média (DM) e sua relação com os processos erosivos

Entende-se que a declividade média relaciona-se com a velocidade que ocorre o escoamento superficial da água, implicando no tempo que a água da chuva leva para concentrar-se nos canais fluviais que compõem a rede hidrográfica das bacias. Ressalta-se que os picos de enchente, infiltração e susceptibilidade a processos erosivos dos solos, estão atrelados a velocidade do escoamento sobre a área da bacia (VILLELA & MATTOS, 1975).

A topografia do terreno representada pela declividade exerce acentuada influência sobre a erosão. Denardin *et al.* (1999) nota que o fator potencial erosivo da chuva e as características topográficas da área, comprimento da pendente e declividade do terreno, representam o componente energético capaz de produzir erosão, e os fatores suscetibilidade do solo à erosão, manejo de solo, de culturas e de restos culturais e práticas mecânicas conservacionistas complementares constituem o componente dissipador de energia.

A declividade média de uma bacia hidrográfica torna-se relevante no planejamento, servindo tanto para o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções antrópicas no meio, possuindo também um importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. A ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, poderá conduzir a uma maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas sujeitando a bacia a processos de degradação. Dessa maneira, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, estando fortemente relacionado com o relevo (TONELLO, *et al.*, 2006).

Araújo Júnior *et al.* (2002), baseado em Mota (1981), esclarece que a declividade média do terreno é um parâmetro fundamental para se estudar os picos de enchentes e a infiltração de água no solo. Ela determina ainda 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.

As classes de declividade viabilizam informações ligadas ao grau de fragilidade da área em estudo, variando conforme o percentual de declividade. Entende-se, portanto, que o parâmetro declividade média é fundamental para as análises da degradação ambiental nos estudos de bacias hidrográficas semiáridas (ROSS, 1994).

Beltrame (1994) utiliza o parâmetro declividade média (DM) para caracterizar as formas de relevo dos setores de uma bacia hidrográfica e obter os índices que compõem a fórmula descritiva final para cada setor. A autora aplica a seguinte expressão:

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

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 média dessa proposta metodológica, utiliza-se o *software ArcGis 10.*, e por meio do ambiente *ArcMap*, calcula-se a área das classes de declividade por setores gerando o *TIN* que se trata de uma imagem, a qual deve que ser transformada em arquivo um 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 deve ser individualizado para possibilitar o cálculo das áreas das classes de declividade. O cálculo é realizado, utilizando a 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 foi adaptado de Beltrame (1994), como mostra o quadro 10.

Quadro 10 - Classes de Relevo para a DM.

Classes de Relevo	Declividade
Plano	< 2 %
Suave Ondulado	2 a 5%
Ondulado	5 a 10%
Muito Ondulado	10 a 15%
Forte Ondulado	15 a 45%
Montanhoso	45 a 70%
Escarpado	>70%

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

#### 4.2.5 Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal (DRCV) e Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário (DPSEUA)

As paisagens inseridas nas bacias hidrográficas semiáridas do Nordeste setentrional estão marcadas pela presença da Caatinga e pelos enclaves úmidos ou refúgios, caracterizados pelas áreas com a presença de vegetações serranas de florestas subperenifólias e subcaducifólias, que vem sendo suprimidas em detrimento das ações antrópicas. Nessa perspectiva, surge o sensoriamento remoto, sobretudo orbital, como um instrumento que possui uma aplicabilidade com resultados eficientes, pois permitem a análise e dimensionamento das áreas de vegetação, registrando mudanças sazonais e alterações permanentes.

O uso dessa ferramenta possibilita compreender a dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal, o que para Kleinpaul (2007), possibilita analisar as mudanças no uso do

solo que podem trazer consequências para as sociedades humanas. Melo (2008) enfatiza que quanto maior a densidade da cobertura vegetal, maior será a proteção ou a conservação do solo, entendendo que a análise qualitativa e quantitativa da cobertura vegetal de uma área, possibilita a geração de informações sobre o grau de densidade da vegetação e sua espacialização.

A tipologia elaborada por Bertrand (1971) destaca os geossistemas degradados com dinâmica progressiva para regressiva, representando áreas que estão em pousio e em que o potencial ecológico apresenta pequena capacidade de recuperação. Isso ocorre devido ao avançado estado de degradação dos recursos naturais renováveis. Esse fator permite o surgimento de manchas de desertificação em regiões como o semiárido do Nordeste setentrional, onde está localizada a bacia hidrográfica do rio Cruxati, objeto de análise desta pesquisa. Nesses ambientes, as ações humanas ligadas ao uso indiscriminado dos recursos naturais, acabam configurando a dinâmica regressiva da cobertura vegetal e do uso do solo, comprometendo o equilíbrio ambiental.

Casquilho (1994) discutindo sobre a dinâmica regressiva da sucessão ecológica em ambientes semiáridos, destaca que essa regressão está vinculada a um ambiente vulnerável e a uma forte pressão antrópica, manifestada, por exemplo, pelas queimadas e pelo sobrepastoreio, que conduzem a uma rarefação da cobertura vegetal e correlativamente a longos processos erosivos (hídricos e eólicos) do solo, tendencialmente anulando o seu potencial de fertilidade.

Para Hernani *et al.* (2002), os processos de degradação do solo estão associados a fatores edáficos, climáticos e antrópicos. Para os autores, embora alguns estudos separem a degradação do solo em física, química e biológica, observa-se que os processos associados a cada um desses aspectos evidenciam interações e influências recíprocas, sendo que a alteração de um deles compromete a qualidade do solo e de todo o sistema. Importante observar que a intensidade e a taxa de desenvolvimento desses processos são muito ampliadas pelo uso e manejo inadequados da terra, que acabam expondo o solo à ação intempérica e induzindo a destruição gradativa de seus atributos físicos, químicos e biológicos.

Na análise da cobertura vegetal em diferentes escalas temporais e do grau de densidade e espacialização, foram consideradas as diferenças entre os períodos de 1985, 2001 e 2015, como também na variação ocorrida em seu aspecto fisionômico e de variações espaciais, para assim identificarmos o grau de degradação existente.

Foram processadas as bandas das imagens *Landsat 5* e imagens *Landsat 8*, Após esta etapa foi realizada a classificação dos valores dos *pixels* que possuem valores entre [-1] e

[1]. A análise do uso e cobertura do solo utiliza imagens de satélite, baseando-se em suas características espectrais particulares, obtendo pelo processamento de imagens de onde se realiza a razão entre bandas, considerando os valores dos dados das bandas do vermelho e infravermelho próximo, o que permite a visualização e o nível de densidade da vegetação, sendo também possível esta verificação em diferentes espaços de tempos e/ou períodos.

Com base na elaboração do mapeamento da DRCV e da DPSEUA e em seus resultados e no trabalho de Sturges (1926), foi estabelecido o número de classes e seus intervalos de dinâmica para a área de estudo. Na estatística, um dos métodos mais utilizados para se determinar o número de classes de uma distribuição de frequências em uma dada amostra é a fórmula de Sturges. Em 1926, o estatístico Herbert Sturges propôs, em seu artigo "*The choice of a class-interval*", publicado no *Journal of the American Statistical Association*, que o número **k** de intervalos de classe de uma amostra com **n** elementos pode ser calculado da seguinte forma:

$$K = 1 + 3,3 \cdot \log_{10}^n$$

Observa-se também, que a amplitude **h** de cada intervalo, por sua vez, é o quociente entre a amplitude amostral **A** (maior valor menos o menor valor) e o número de intervalos **k**:

$$A = [\text{valor máximo da amostra}] - [\text{valor mínimo da amostra}],$$

Dessa forma,

$$h = \frac{A}{K}$$

Cabe salientar, que a fórmula de Sturges fornece uma quantidade adequada de classes para os mais variados tamanhos de amostras. Assim, chegamos aos seguintes intervalos observados nos quadros 11 e 12.

Quadro 11 - Dinâmica Regressiva de Cobertura Vegetal (DRCV)

Classes de Proteção	Dinâmica Regressiva
Baixa	37,72 – 50,72
Moderada	50,72 – 63,72
Alta	63,72 – 76,72
Muito Alta	76,72 – 89,72
Extremamente Alta	89,72...

Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Quadro 12 - Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Use Agropecuário (DPSEUA).

Classes de Exposição	Dinâmica Progressiva
Baixa	27,42 – 40,42
Moderada	40,42 – 53,42
Alta	53,42 – 66,42
Muito Alta	66,42 – 79,42
Extremamente Alta	79,42...

Fonte: pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

### 4.3. Bases metodológicas na formulação da matriz do Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS)

#### 4.3.1 Matrizes de projeções socioeconômicas e socioambientais como indicadores qualitativos sobre o panorama de bacias hidrográficas semiáridas

De acordo com Lemos (2001), a produção agropecuária realizada no Nordeste brasileiro, lida com grandes limitações que estão associadas a uma complexa sinergia de fatores que influenciam para a deterioração dos recursos naturais da região. Esse contexto acaba dificultado ou até inviabilizando a produção agrícola em boa parte dos municípios que compõem o Nordeste do Brasil. Para o autor, entre as principais forças motrizes que configuram essa realidade são:

i) A concentração fundiária, que acaba induzindo a concentração de um grande número de famílias em pequenos estabelecimentos ou minifúndios ocasionando a superexploração e sobrecarga aos recursos naturais. Em outro contexto, nas grandes propriedades observa-se a supressão da cobertura vegetal por extensas áreas de pastagens naturais ou plantadas, ou por monoculturas;

ii) A instabilidade climática observada a partir dos quadros constantes de secas, devido a irregularidade da distribuição das precipitações pluviométricas espacialmente e temporalmente;

iii) O quadro de deterioração ambiental pelo qual passam quase todos os municípios da região, devido à forma como as atividades agrícolas vêm sendo desenvolvidas e a supressão da cobertura vegetal. A associação entre exploração dos solos que apresentam em sua maioria um baixo nível de fertilidade, com as práticas insustentáveis do trabalhador sertanejo e o circuito moderno do agronegócio instalado na região, reduz a capacidade de suporte dos sistemas ambientais existentes.

A dinâmica socioeconômica existente no semiárido nordestino e cearense vem determinando intensas transformações ambientais no contexto dos municípios inseridos sob o domínio da Caatinga, como também tais alterações são vistas nos domínios do complexo

vegetacional da zona litorânea, no âmbito das florestas subperenifólias tropicais plúvio-nebulares (matas úmidas, serranas) e das florestas subcaducifólias tropicais pluviais (mata seca). Tais transformações vêm ocorrendo por meio do acelerado desflorestamento com a conseqüente perda de biodiversidade, redução da fertilidade natural dos solos, propulsão de processos erosivos e na intensificação da severidade climática da região. Assim, medidas de planejamento de uso e conservação dos recursos naturais devem ser direcionadas para a otimização dessa dinâmica socioeconômica e de seu potencial de impacto ambiental.

Objetivando entender essas questões acima retratadas e o cenário socioeconômico e socioambiental existente no contexto das bacias hidrográficas semiáridas, propõe-se a elaboração de matrizes de interações que para Oliveira e Moura (2009) são técnicas bidimensionais que relacionam ações com fatores ambientais. Para os autores, as matrizes tiveram início a partir da tentativa de suprir as deficiências das listagens (check-list). Uma das matrizes mais difundidas nacional e internacionalmente foi a Matriz de Leopold, elaborada em 1971 para o Serviço Geológico do Interior dos Estados Unidos.

Para Silva e Moraes (2012) a Matriz de Leopold permite uma rápida identificação, ainda que preliminar, dos problemas ambientais envolvidos em um determinado processo, permitindo também identificar para cada atividade, os efeitos potenciais sobre as variáveis ambientais. A matriz original é constituída de 100 colunas representando as ações do projeto, já que essa matriz é para a determinação do impacto de grandes projetos, e de 88 linhas relativas a fatores ambientais, totalizando 8.800 possíveis interações. No entanto, devido à dificuldade de se trabalhar com tantas interações, vem sendo reduzida e adaptada de acordo com cada projeto ou estudo realizado.

Leopold *et al.* (1971) apresentam dois atributos relacionados aos impactos: a magnitude (grandeza em escala espaço-temporal da interação das ações) e importância (intensidade do efeito na área de influência ou fora dela, corresponde ao fator ambiental. Para Oliveira e Moura (2009), o princípio básico da Matriz de Leopold consiste a priori em assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para em seguida ponderar a magnitude e a importância/possibilidade de cada impacto. Enquanto a valoração da magnitude é relativamente objetiva ou empírica, pois refere-se ao grau de alteração provocado pela ação sobre o fato ambiental, a pontuação da importância é subjetiva ou normativa uma vez que envolve atribuição de peso relativo ao fator afetado no âmbito do projeto.

O estabelecimento desses pesos constitui um dos pontos mais críticos, não só das técnicas matriciais, mas também dos demais métodos quantitativos. A matriz de Leopold pode ser criticada neste sentido, já que em sua concepção a priori não explicita claramente as bases

de cálculo das escalas de pontuação de magnitude e de importância/possibilidade. Outra questão bastante discutida no uso deste tipo de técnica é a pertinência ou não de calcular o índice global de impacto ambiental resultante da soma ponderada (magnitude x importância/possibilidade) dos impactos específicos, devido a diferente natureza dos impactos, como também esse índice só poderá ser calculado se houver compatibilização entre as escalas utilizadas para os vários impactos, visto que apenas escalas de intervalo ou razão estão sujeitas a manipulação matemática (OLIVEIRA E MOURA, 2009).

Importante destacar que vários autores adaptaram a Matriz de Leopold e a tornaram quantitativa. Baseando-se na Matriz de Leopold (1971) e nos trabalhos que a adaptaram Sanchez e Hacking (2012), Oliveira e Moura (2009), Silva e Moraes (2012), Kurtz *et al.*(2002), Mota e Aquino (2002), Richieri (2006) e Schneider *et al.* (2011), buscou-se desenvolver uma matriz que apresentasse de forma mais direta possível uma interação entre as problemáticas socioambientais e socioeconômicas existentes e seus impactos sobre as diversas características do meio antrópico, biótico ou físico.

#### 4.3.2 Matrizes formuladas

- i. Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI)
- ii. Matriz de Interferência Socioambiental (MIS);
- iii. Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA);
- iv. Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP);

A construção de matrizes de interação aparece como um método que além de permitir a fácil compreensão dos fenômenos e resultados, aborda fatores biofísicos e socioeconômicos, permitindo também usar poucos dados na sua elaboração, sejam eles qualitativos ou quantitativos. Observa-se que a construção das matrizes de interação desenvolveu-se em sete etapas:

- i. Foram identificados os principais aspectos/fatores relativos às condições ambientais, socioeconômicas, de gestão e planejamento ambiental ligados ao meio ambiente e aos aspectos sociais existentes;
- ii. Cada cruzamento proposto em cada matriz foi ponderado quanto à magnitude e importância/possibilidade;
- iii. Para a magnitude foi considerado a soma dos pesos determinados para os atributos extensão, permanência e intensidade na MIS; na MDSAA foram considerados os

- atributos dinâmica, potencialidades e limitações; e na MSGP foram considerados os atributos descentralização, suporte e grau de sustentabilidade ambiental.
- iv. Para a importância/possibilidade foi considerado o resultado da soma dos valores dos atributos de ação, ignição e criticidade na MIS; já na MDSAA foram considerados os atributos ação, ignição e sustentabilidade socioeconômica. No MSGP foram escolhidos os atributos monitoramento, instrumentos e municipalização da gestão ambiental.
  - v. A média da soma dos atributos de magnitude e de importância/possibilidade deve ser realizada com a quantidade de condições impactantes ou de medidas e interações esperadas consideradas na matriz, os que recebem o critério Não Impactante (NI) e Não Significativa (NS) também devem ser contabilizados para a realização da média.
  - vi. A última etapa consiste em cruzar o somatório dos valores obtidos para a Magnitude e Importância/Possibilidade, multiplicando um pelo outro, obtendo assim um índice final de impacto.
  - vii. Para a MIS foi gerado o índice global de impacto que se refere ao elemento dinamizador de maior ação impactante; na MDSAA foi gerado o índice de dinamismo socioeconômico, que também faz referência ao fator dinamizador que traz maior impacto no desenvolvimento da região; e por último, o MSGP que evidencia o índice de amplitude socioambiental, que possibilita identificar os principais agentes promotores de sustentabilidade.

Importante destacar que o resultado da ponderação dos atributos não é uma medida do impacto, no sentido físico de uma grandeza que possa servir de padrão para avaliar outras do mesmo gênero, mas uma apreciação qualitativa da importância do impacto (SANCHÉZ, 2006 apud SILVA & MORAES, 2012).

#### *4.3.2.1 Matriz qualitativa de dinâmica regressiva e progressiva de impacto*

Essa matriz visa demonstrar a pressão antrópica sobre os componentes ambientais, demonstrando as principais problemáticas ambientais presentes no contexto da bacia hidrográfica, a partir do grau de interferência da sociedade sobre o espaço, levando ao desencadeamento dos processos de deterioração ambiental. O quadro 13 demonstra a composição presente na matriz.

Quadro 13 - Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI).

Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI)							
Elementos de Interferência	Deterioração Ambiental						
	Elemento "1"						Elemento "n"
	---	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	---
SOLO	BIOMAS SA	RECURSO HÍDRICO	RELEV O	CONDIÇÕES BIOCLIMÁTIC AS	RECUPERAÇÃO AMBIENTAL		
Componentes/ Processos Comprometidos							
SITUAÇÃO (+) Dinâmica Progressiva de Impacto (-) Dinâmica Regressiva de Impacto (#) Não Significativa (Ω) Grande Interferência Social				DESCRIÇÃO (+) <i>Dinâmica Progressiva de Impacto</i> [Associada ao avanço dos processos de degradação ambiental na área de estudo] (-) <i>Dinâmica Regressiva de Impacto</i> [Associada a redução dos processos de degradação ambiental na área de estudo] (#) <i>Não Significativa</i> [Ausência de melhoria das condições geoambientais] (Ω) <i>Grande Interferência Social</i> [Pressão antrópica intensiva sobre os recursos naturais]			

Fonte: Elaborado por Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

#### 4.3.2.2 Matriz de Interferência Socioambiental (MIS)

Com base nos elementos de interferência da Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI) foi elaborada a Matriz de Interferência Socioambiental (MIS). Na tabela 01 estão expostas as ponderações de cada atributo para a formação do peso final.

Tabela 01 - Ponderação dos valores (pesos) para os atributos de Magnitude na MIS.

MAGNITUDE = EXTENSÃO + PERMANÊNCIA + INTENSIDADE	
EXTENSÃO (Peso: 1 a 4) Área de influência real do impacto ambiental existente.	Pequena extensão (+1); Média extensão (+2); Grande extensão (+3) Muito grande extensão (+4);
PERMANÊNCIA (Peso: 1 a 3) Impacto e duração do fenômeno/ação e tempo que ela demora a terminar.	Ação temporária (+1): menor duração do fenômeno; Ação variável (+2): não se sabe quando termina o efeito após o surgimento do fenômeno;

	Ação permanente (+3): fenômeno irreversível a curto prazo.
INTENSIDADE (Peso: 1 a 3) Grau da ação impactante. Relação da dimensão do fenômeno com o contexto geoambiental.	Baixa (+1): pequena ação impactante; Média (+2): média ação impactante; Alta (+3): alta ação impactante.

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012).

Tabela 02 - Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Importância na MIS.

IMPORTÂNCIA = AÇÃO + IGNIÇÃO + CRITICIDADE	
AÇÃO (Peso: 1 a 4) Relação causas/efeitos resultantes da problemática socioambiental.	Primária (+1): causa > 1 efeito; Secundária (+2): 1 causa > 2 efeitos; Terciária (+3): 1 causa > 3 efeitos Enésima (+4): 1 causa > n efeitos
IGNIÇÃO (Peso: 1 a 3) Tempo que a problemática leva para surgir. É o intervalo de entre tempo entre a ação e efeito.	Imediata (+1): causa > efeito simultâneo; Médio prazo (+2): causa > efeito surge simultâneo e/ou tempo depois; Longo prazo (+3): causa > efeito surge muito tempo depois, concomitante ou não com os casos anteriores.
CRITICIDADE (Peso: 1 a 3) Grau de intensidade entre o processo e o efeito que ele provoca.	Baixa (+1): baixo nível de ação; Média (+2): médio nível de ação; Alta (+3): alta nível de ação.

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012).

O quadro 14 mostra a Matriz de Leopold adaptada para o presente estudo com base no trabalho de Silva e Moraes (2012).

Quadro 14 - Matriz de Leopold Adaptada.

MATRIZ DE LEOPOLD ADAPTADA																					
Componentes/Processos Comprometidos	Elementos de Interferência																MÉDIAS	ÍNDICE FINAL			
	Elemento "1"														Elemento "n"						
Componente "1"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Componente "n"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Magnitude											Importância										

Fonte: Adaptada de Silva e Moraes (2012).

#### 4.3.2.3 Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA)

Essa matriz busca fazer uma relação entre o grau de pressão das atividades socioeconômicas/agropecuárias e agroextrativistas com suas respectivas variáveis sobre a expansão do processo de degradação ambiental, associado às formas de uso e ocupação da terra.

Sua elaboração tem com base os aspectos socioeconômicos/agropecuários e agroextrativistas observados na área de estudo. Baseando-se na Matriz de Leopold (1971) e na proposta de Silva e Moraes (2012), adaptamos tais propostas para a construção da MDSAA. O quadro 15 evidencia a matriz produzida.

A composição da matriz foi realizada de forma quanti-qualitativa, abrangendo um maior número possível de elementos relevantes observados na área de estudo. A matriz também evidencia os atributos de magnitude e de possibilidade já mencionados anteriormente. Nas tabelas 03 e 04 são demonstradas as ponderações de cada atributo para a formação do peso final.

Tabela 03 - Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Magnitude na MDSAA.

MAGNITUDE = DINÂMICA + PERMANÊNCIA + INTENSIDADE	
DINÂMICA (Peso: 1 a 4) Ação esperada dos fatores/elementos dinamizadores na região.	Dinâmica baixa (+1); Dinâmica moderada (+2); Dinâmica alta (+3) Dinâmica altíssima (+4);
POTENCIALIDADES (Peso: 1 a 3) Condições ideais para o desenvolvimento da dinâmica socioeconômica/agropecuária e agroextrativista.	Baixa potencialidade (+1) Moderada potencialidade (+2) Alta potencialidade (+3)
LIMITAÇÕES (Peso: 1 a 3) Condições socioambientais e socioeconômicas que podem interferir no desenvolvimento local/regional.	Limitação baixa (+1): capacidade sem interferências; Limitação Moderada (+2): capacidade com risco de comprometimento; Limitação Alta (+3): capacidade comprometida.

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012).

Tabela 04 - Ponderação dos valores (pesos) para os atributos de Possibilidade na MDSAA.

POSSIBILIDADE = AÇÃO + IGNIÇÃO + SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA	
AÇÃO (Peso: 1 a 4) Possibilidades de desenvolvimento para a realização das atividades socioeconômicas/agropecuárias e agroextrativista	Primária (+1): causa > 1 efeito; Secundária (+2): 1 causa > 2 efeitos; Terciária (+3): 1 causa > 3 efeitos Enésima (+4): 1 causa > n efeitos

<p>IGNIÇÃO (Peso: 1 a 3)</p> <p>Efeito esperado/gerado para o desenvolvimento socioeconômico.</p>	<p>Imediata (+1): causa &gt; efeito simultâneo;</p> <p>Médio prazo (+2): causa &gt; efeito surge simultâneo e/ou tempo depois;</p> <p>Longo prazo (+3): causa &gt; efeito surge muito tempo depois, concomitante ou não com os casos anteriores.</p>
<p>SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA (Peso: 1 a 3)</p> <p>Cenário/contexto favorável para a sustentabilidade socioeconômica local e regional.</p>	<p>Sustentabilidade baixa (+1)</p> <p>Sustentabilidade média (+2)</p> <p>Sustentabilidade Alta (+3)</p>

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012).

Quadro 15 - Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA).

Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA)																				
Fatores/Elementos Dinamizadores	Descrição da Ação														Médias		Índice de Dinamismo Socioeconômico			
	Ação "1"												Ação "n"							
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I				
Fator "1"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
—	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
—	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
Fator "n"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?

<p><b>Magnitude [M] [I] Possibilidade</b></p> <p>Dinâmica (1 a 4) &gt;[ ] [ ] &lt; Ação (1 a 4)</p> <p>Potencialidades (1 a 3) &gt;[ ] [ ] &lt; Ignição (1 a 3)</p> <p>Limitações (1 a 3) &gt;[ ] [ ] &lt; Sustentabilidade Socioeconômica (1 a 3)</p> <p>Soma Magnitude &gt;[ ] [ ] &lt; Soma Importância</p> <p>NI = Não impactante</p>
---

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012).

#### 4.3.2.4 Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP)

As unidades territoriais municipais e das bacias hidrográficas possibilitam o estabelecimento de ações que visem à preservação e/ou conservação dos recursos naturais em âmbito local. O estabelecimento de uma política ambiental eficaz no combate aos efeitos causados pelos quadros de degradação ambiental, perpassa pela estruturação e/ou execução da gestão e do planejamento ambiental em âmbito municipal articulado com as esferas estadual e federal. No entanto, compreender e reconhecer a unidade municipal como eficaz para o enfrentamento e identificação das problemáticas locais é emergente.

A MSGP foi elaborada com base nos tendo como base a Matriz de Leopold (1971) e os estudos de Almeida *et al.* (1993), Milaré (1999), Franco (1999), Caron (1999) e Tundisi (2009). Adaptamos tais propostas para a construção da MSGP com base também na realidade presente na área de estudo. O quadro 16 evidencia a matriz produzida.

A matriz também evidencia os atributos de magnitude e de importância já mencionados anteriormente. Nas tabelas 05 e 06 são demonstradas as ponderações de cada atributo para a formação do peso final.

Tabela 05 - Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Magnitude na MSGP.

MAGNITUDE = DESCENTRALIZAÇÃO + SUPORTE + GRAU DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	
DESCENTRALIZAÇÃO (Peso: 1 a 4)	Integração baixa (+1);
Integração dos processos de monitoramento e recuperação ambiental envolvendo todos os agentes sociais.	Integração moderada (+2); Integração alta (+3)
SUPORTE (Peso: 1 a 3)	Suporte baixo (+1): Estruturação, capacitação técnica e gerencial por parte dos municípios em seus órgãos públicos não eficaz.
Condições reais para o desenvolvimento de uma política ambiental efetiva a nível municipal/regional.	Suporte Moderado (+2): Estruturação, capacitação técnica e gerencial por parte dos municípios em seus órgãos públicos em construção. Suporte Alto (+3): Estruturação, capacitação técnica e gerencial por parte dos municípios em seus órgãos

	públicos completo. .
GRAU DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL (Peso: 1 a 3) Ação dos agentes públicos e sociais na promoção da gestão participativa, da sustentabilidade ambiental e da justiça social.	Sustentabilidade ambiental baixa (+1); Sustentabilidade ambiental Moderada (+2); Sustentabilidade ambiental Alta (+3):

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012).

Tabela 06 - Ponderação dos valores (pesos) para os atributos Importância na MSGP.

IMPORTÂNCIA = MONITORAMENTO + INSTRUMENTOS + MUNICIPALIZAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL	
MONITORAMENTO (Peso: 1 a 4) Ação efetivada pelos agentes do poder público/sociais. Comprometimento com a preservação e a conservação dos geoambientes.	Inexistente (+1); Ineficiente (+2); Eficiente (+3);
INSTRUMENTOS (Peso: 1 a 3) Construção de planos, programas e projetos intersetoriais, regionais, locais e específicos de desenvolvimento dos municípios	Ação Imediata (+1); Ação a Médio prazo (+2); Ação a Longo prazo (+3);
MUNICIPALIZAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL (Peso: 1 a 3) Com a autonomia que lhe cabe os municípios tornam-se uma unidade mais próxima para o enfrentamento das problemáticas locais e da efetivação da gestão e planejamento ambiental.	Autonomia baixa (+1); Autonomia moderada (+2); Autonomia Alta (+3);

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012), Philippi Jr. (1999).

Quadro 16 - Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP).

Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP).																			
Instrumentos/Agentes de Sustentabilidade	Medidas e Interações Esperadas														Médias		Índice de Amplitude Socioambiental		
	Ação "1"												Ação "n"						
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
Fator "1"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
—	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
—	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
Fator "n"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	

**Magnitude [M] [I] Importância**  
 Descentralização (1 a 3) > [ ] [ ] < Monitoramento (1 a 3)  
 Suporte (1 a 3) > [ ] [ ] < Instrumentos (1 a 3)  
 Grau de sustentabilidade ambiental (1 a 3) > [ ] [ ] < Municipalização da gestão ambiental (1 a 3)  
 Soma Magnitude > [ ] [ ] < Soma Importância  
 NI = Não impactante  
 NS = Não Significativa

Fonte: Adaptado de Silva e Moraes (2012).

Compreendemos que a elaboração e projeção das matrizes interativas propiciam a elaboração de cenários e de diretrizes para o planejamento e a gestão ambiental. As matrizes estão dispostas no capítulo VI desse trabalho.

#### 4.4 Elaboração de mapas temáticos associados aos *inputs* físico-ambientais e socioeconômicos

Os mapas são ferramentas de difusão de informações que podem variar nas mais diferentes escalas de observação e representação. Para a espacialização dos dados obtidos e analisados neste trabalho, classificamos a bacia hidrográfica do rio Cruxati e os municípios como unidades espaciais básicas, utilizando os dados disponíveis por setores censitários para o ano de 2010. Os dados obtidos foram instrumentalizados por meio do programa Access 2010, em que foram elaboradas tabelas com base nas variáveis escolhidas para a área, sendo elas expostas no quadro 17 a seguir. As tabelas posteriormente foram conectados a base cartográfica em ambiente computacional e transformadas em mapas com abrangência na área de estudo.

Quadro 17 - Dados por Setores Censitários Utilizados para a Elaboração de Produtos Cartográficos.

Dados por Setores Censitários Utilizados para a Elaboração de Produtos Cartográficos	
Variáveis	Descrição
V005 - Renda	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1-8 salário mínimo.
V008 - Renda	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1-2 a 1 salário mínimo.
V012 - Renda	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 5 a 10 salários mínimos.
V012 – Situação dos Domicílios	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral.
V013 - Situação dos Domicílios	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade.
V014 - Situação dos Domicílios	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna.

V038 - Situação dos Domicílios	Domicílios particulares permanentes com lixo queimado na propriedade.
V039 - Situação dos Domicílios	Domicílios particulares permanentes com lixo enterrado na propriedade.
V050 - Situação dos Domicílios	Domicílios particulares permanentes próprios – Existe esgoto a céu aberto.

Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

O desafio metodológico busca projetar indicadores físico-ambientais e socioeconômicos que possibilitem avaliar o estado de degradação dos recursos naturais renováveis, como também o estado socioeconômico dos municípios que integram a bacia hidrográfica.

A produção de mapas temáticos para representar os indicadores selecionados para a elaboração do Estado Degradação Físico-Ambiental (EDFA) e do Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS) – projetado pelas matrizes interativas, além da escolha da bacia hidrográfica e dos municípios como unidades de planejamento, caracterizam-se como um desafio metodológico.

#### **4.5 Procedimentos metodológicos e levantamento geocartográfico.**

Os procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração do Modelo Físico-Socioambiental abrangeram as seguintes fases de análises: i) fase de organização e inventário; ii) fase de análises; iii) fase de diagnóstico; iv) fase propositiva. O roteiro metodológico utilizado está simplificado no fluxograma 09.

##### *4.5.1 Fase de organização e inventário*

Corresponde aos levantamentos bibliográficos e geocartográficos concretizados para o desenvolvimento da pesquisa, em que foram realizadas consultas a fontes como livros, revistas científicas, teses, dissertações e documentos disponibilizados por órgãos públicos. Nessa fase, foram também efetivados levantamentos minuciosos sobre as características ambientais da bacia piloto, considerando sua localização, aspectos históricos e de ocupação e aspectos socioeconômicos, consolidando-se como uma etapa inicial para o entendimento do contexto local e constituindo-se como um instrumento para o desenvolvimento das fases seguintes.

A aquisição dos dados secundários foi realizada a partir de visitas a órgãos de representação federal, estadual e municipal que dispunham de informações referentes ao quadro físico-ambiental e socioeconômico dos municípios que integram a análise da pesquisa.

Os levantamentos bibliográficos foram consolidados nas bibliotecas da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Universidade Estadual do Ceará (UECE), além das visitas aos laboratórios do departamento de Geografia da UFC, como o Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH), o Laboratório de Geoecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental (LAGEPLAN), o Laboratório de Zoneamento Ecológico do Departamento de Biologia, na biblioteca do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto do Ceará.

A aquisição do material geocartográfico foi adquirida em órgãos como a Superintendência Estadual de Meio Ambiente (SEMACE), a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e o Instituto de Desenvolvimento Agrário (IDACE). A aquisição de imagens de satélite e bases cartográficas ocorreu por meio da internet em sites de órgãos como o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), onde são ofertadas imagens de satélite de diversas regiões do Estado do Ceará com inúmeras datações na Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH/CE), no Sistema de Informações dos Recursos Hídricos do Ceará (SIRH/CE) e no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em que foram obtidas as imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Elaborou-se a proposta metodológica para o estudo de bacias hidrográficas semiáridas aqui denominada de “Proposta de Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de Bacias Hidrográficas Semiáridas do Nordeste Setentrional”, e também foram efetivados os primeiros trabalhos de campo da pesquisa, visando um reconhecimento prévio da região da bacia hidrográfica do rio Cruxati, e objetivando registrar os primeiros aspectos socioeconômicos e físico-ambientais da área.

Posteriormente a essa etapa inicial de organização e inventário, em que foram adquiridos os materiais relacionados ao objeto de estudo e a temática discutida, ocorreram também outros trabalhos de campo destinados à comprovação dos dados secundários obtidos, sendo organizado um banco de dados qualitativos, quantitativos e geocartográficos, no intuito de facilitar o desenvolvimento das fases seguintes, como também para uma melhor organização dos dados obtidos.

#### 4.5.2 Fase de análises

Esta etapa refere-se ao processo da organização do material coletado na fase antecedente e que subsidiou a redação das partes que compõem a pesquisa, sendo organizados de acordo com os objetivos traçados. O entendimento das leituras efetivadas nos levantamentos bibliográficos proporcionaram a produção e a contextualização das questões teóricas, ambientais e socioeconômicas, apontadas nas partes iniciais. Nessa etapa, elaborou-se e organizou-se também todo o material cartográfico coletado, como se pode observar no quadro 18 abaixo.

Quadro 18 - Material Cartográfico e Sensores Remotos Utilizados na Pesquisa.

<b>Bases Cartográficas</b>	<b>Fontes</b>	<b>Locais de Acesso</b>
Limite Municipal	IBGE (2010)	Site IBGE: <a href="http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencia">http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencia</a>
Delimitação da Bacia	SRTM (2001)	Ferramentas do Arcgis – Arctoolbox – Spatial Analyst Tools - Hydrology
Solos	Jacomine (1973)	IDACE
Imagem SRTM folha SA-24-Y-D	EMBRAPA (2001)	Site da EMBRAPA: <a href="http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/ce/ce.htm">http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/ce/ce.htm</a>
Recursos Hídricos	COGERH (2008)	Visita a FUNCEME
Geologia	CPRM (2003)	Visita a CPRM
Geomorfologia	EMBRAPA (2003) e INPE (2009)	Site da EMBRAPA: <a href="http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/">http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/</a> e Site do INPE: <a href="http://www.Dgi.inpe.br/cdsr">http://www.Dgi.inpe.br/cdsr</a>
Imagens <i>Landsat 5</i> e <i>Landsat 5</i> , <i>Landsat 8</i> (1985, 2001 e 2015)	INPE (2015).	<a href="http://www.Dgi.inpe.br/cdsr">http://www.Dgi.inpe.br/cdsr</a>

Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2016), pesquisa direta.

O manuseio dessas bases cartográficas foi efetivado com o apoio do *software ArcGis 10.1* (Licença disponibilizada pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará) sendo utilizados também outros equipamentos e *softwares* para o auxílio na manipulação e organização das informações cartográficas, e para assinalar aspectos relevantes que ocorreram durante os trabalhos de campo. Entre outros equipamentos utilizados destaca-se: microcomputador *Intel Inside Core I5 4GB*; GPS *Garmin 12* referenciado em coordenadas UTM, datum SIRGAS 2000 e câmera fotográfica digital *Sony 14.1 mega pixels*.

A coleta do material cartográfico e processamento dos mesmos no *ArcGis 10.1*, *Qgis 2.8.3*, *Global Mapper* e *Surfer 8* viabilizou a produção dos primeiros mapas básicos e temáticos, que auxiliaram nos trabalhos de campo, sendo utilizados também para conferir os dados cartográficos coletados inicialmente. Produziremos cartas imagens e mapas temáticos a

partir de pontos marcados durante os trabalhos de campo com o auxílio do GPS, o que favorecerá a identificação e a espacialização de problemáticas ambientais da área de estudo, tais como: a degradação de áreas, os tipos de uso e ocupação do solo, entre outros.

Nesse mesmo período, também foram realizados trabalhos de campo por distritos dos municípios de Mirafima, Amontada e Itapipoca, os quais integram a região da bacia do rio Cruxati. Nesses trabalhos de campo verificaram-se aspectos relativos às atividades econômicas, dinâmica espacial, recursos naturais e questões relativas às potencialidades, problemáticas e limitações dos sistemas ambientais e das questões locais, por meio de registros escritos e fotográficos e GPS. Como apoio, utilizou-se imagens *Landsat 5 e 8* dos anos de 1985, 2001 e 2015, para as análises aqui pretendidas que visam o solo, a vegetação e os recursos hídricos, essa resolução proporcionou uma análise adequada. Posteriormente, foram confeccionados os mapas temáticos e a redação dos primeiros textos que fazem parte da tese.

Os mapas foram elaborados a partir das análises nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000 e representados na escala de 1:225.000, 1:350.00 e 1:320.000, devido a adequação para o tamanho da área a dimensão do papel A3 (29,7cm x 42,0 cm) para a impressão. O recorte espacial utilizado foi proposto pelo IBGE 2010 para a delimitação dos municípios cearenses. Já as convenções cartográficas contidas nos mapas foram embasadas no Manual Técnico de Convenções Cartográficas – Catálogo de Símbolos, elaborado pelo Ministério de Defesa/Exército Brasileiro de 2000.

Para calcular e dividir a bacia do rio Cruxati em setores, utilizou-se o *software ArcGis 10.1*. – aplicativo *ArcMap*, pelo comando “*Open Attribute Table*” – “*Calculate Geometry*” – “*Area*” – “*km sq*”.

Para a confecção do mapa de geologia foi utilizada a base cartográfica da CPRM (2003) com escala de 1:100.000. Inicialmente, utilizou-se a ferramenta “*Clip*” do *ArcMap 10* para recortar a geologia presente nos limites do médio curso, posteriormente, com a ferramenta “*Symbolology*”, foram atribuídas cores diferentes aos tipos de geologia.

Nos mapas de hipsometria e declividade foram utilizadas imagens SRTM (EMBRAPA, 2001), a folha SRTM SA-24-Y-D que possuem informações referentes à altitude. Dessa forma, foram geradas as curvas de nível utilizando a ferramenta “*Create Contours*”, e com a ferramenta “*Clip*” foram recortadas às curvas de nível dentro do limite do médio curso da bacia. Seguindo os trabalhos, utilizou-se a ferramenta “*Create TIN*” para elaborar a hipsometria da área, permitindo com o auxílio da ferramenta “*Symbolology*” gerar o mapa de declividade.

Para a produção dos mapas que envolviam a bacia do rio Cruxati nas análises, utilizaram-se as bases cartográficas de recursos hídricos da COGERH (2008), limites municipais IBGE (2010) e a delimitação da bacia hidrográfica elencamos como critérios a hipsometria, disposição dos divisores e espacialização dos cursos d'águas para delimitar a

Na representação de solos foi utilizado o mapa exploratório-reconhecimento dos solos do estado do Ceará, elaborado por Jacomine (1973), com escala de 1:600.000. Na produção desse mapa, utilizou-se primeiramente a ferramenta “*Clip*” para recortar as classes predominantes de solos existentes na região do médio curso e com a ferramenta “*Simbology*” foram atribuídas cores diferentes aos tipos de solos, obedecendo às normas técnicas e convenções.

O mapa das unidades geomorfológicas foram elaborados a partir da utilização das imagens SRTM e Foram escolhidas classes de altitude para a delimitação das unidades: planície fluvial, depressão sertaneja, maciços residuais, tabuleiros costeiros e atribuídas cores diferenciadas para cada unidade.

Para a elaboração de mapas com imagens *Landsat 5*, datada de 20/07/1085, resolução espacial de 30 metros, composição falsa cor das bandas 5(R) 4(G) 3(B); *Landsat 5*, datada de 01/08/2001, resolução espacial de 30 metros, composição falsa cor das bandas 5(R) 4(G) 3(B); e *Landsat 8*, datada de 08/08/2015, resolução espacial de 30 metros nas bandas 6, 5 e 4 e 15 metros na banda 8. Após a fusão da banda 8 com as demais 6,5,4 a resolução espacial passou para 15 metros. Composição falsa cor 6(R) 5(G) 4(B). Nessa ordem, cujo o objetivo era de realçar a vegetação, o solo exposto, os corpos d'água e as áreas de agropecuária a para compor os mapas e observar a dinâmica dessas atividades.

#### 4.5.3. Fase de diagnóstico

Teve como objetivo a interpretação de todo material confeccionado na etapa anterior, apontando-se as principais problemáticas, potencialidades e limitações da região de estud. Também foram geradas informações sobre o manejo dos recursos naturais e do uso e ocupação do solo, os quais evidenciam o cenário da degradação e/ou conservação dos setores da bacia, com o auxílio de mapas temáticos.

A fase de diagnóstico caracteriza-se por ser um momento do planejamento que engloba no mínimo três etapas, onde cada uma é responsável por um processo, sendo elas: i) a seleção e obtenção de dados de entrada; ii) a análise integrada; e iii) a elaboração de indicadores que servirão de subsídio para a tomada de decisões (SANTOS, 2004).

A pesquisa em questão caracteriza-se como um diagnóstico ambiental integrado que vai desde o levantamento de informações da avaliação sobre a condição da cobertura e do uso do solo no médio curso até a inserção da análise integrada dos dados obtidos.

Esta etapa da pesquisa caracteriza-se por uma complexidade, pois consiste em práticas de observação, percepção, interpretação e sistematização dos mais variados processos físico-naturais e socioeconômicos existentes na área, requerendo um conhecimento de caráter interdisciplinar para sua compreensão e solução.

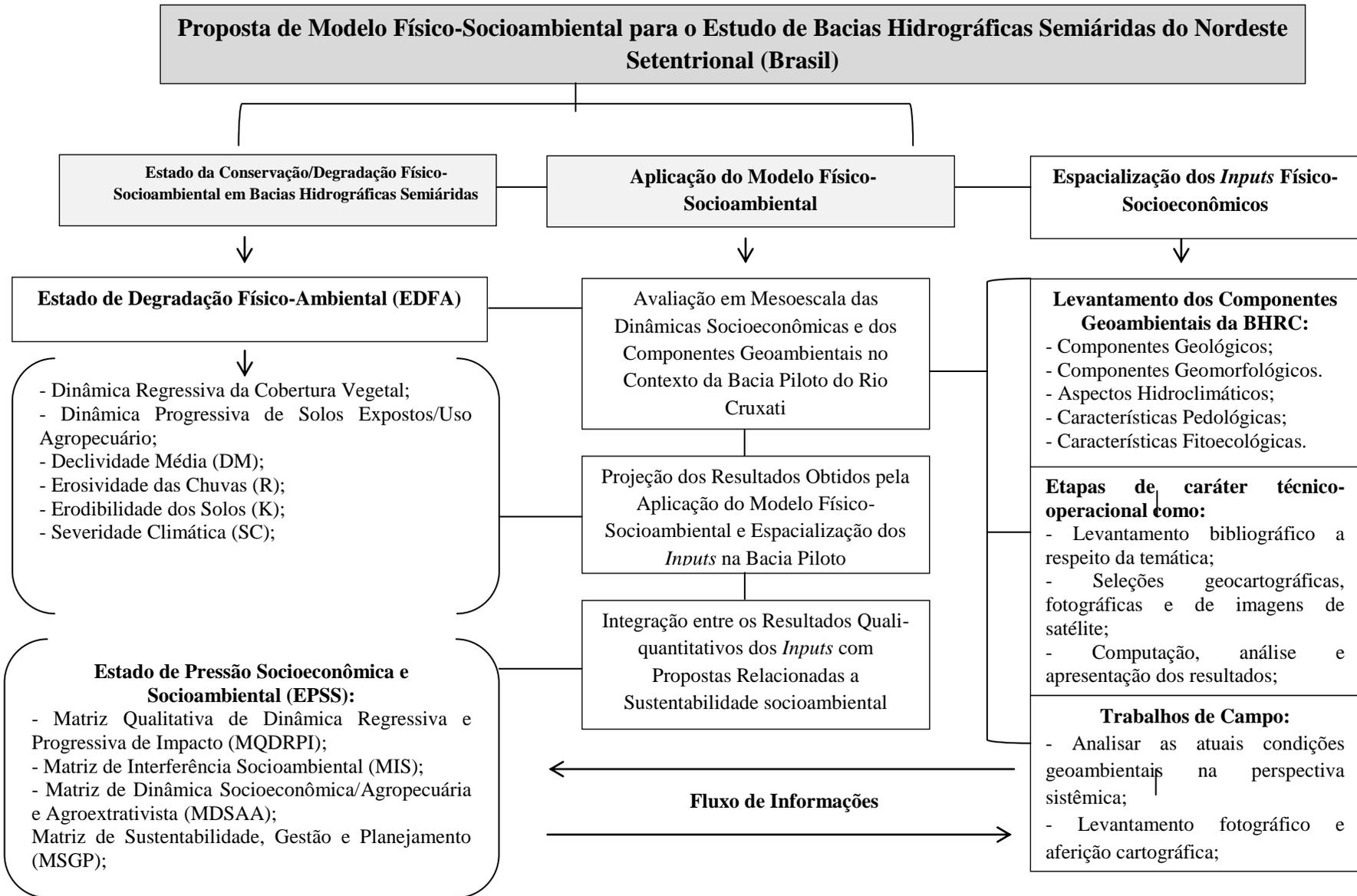
Baseando nisso, utilizaram-se documentos de órgãos públicos municipais, estaduais e federal como instrumentos no auxílio de propostas de planejamento e gestão para a área de estudo.

#### *4.5.4 Fase propositiva*

Após a consolidação das etapas anteriores, esta etapa será realizada no período de formulação do plano de ações e medidas voltadas para a gestão integrada das problemáticas evidentes na região da bacia do rio Cruxati e dos municípios que a integram, a partir dos resultados obtidos pelo Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA) e pelo Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS).

Foram apontadas ações que visem propostas mitigadoras para o manejo adequado dos recursos naturais objetivando o planejamento e gestão ambiental e desenvolvimento sustentável da região estudada, associando as atuais condições de uso e ocupação da terra que evidenciam os indicativos do grau de conservação e/ou de degradação dos recursos naturais, integrando também as condições socioeconômicas. O esboço metodológico pode ser observado no fluxograma 09.

Fluxograma 09 - Roteiro das Etapas Metodológicas e Operacionais da Pesquisa.



## **5 AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA PILOTO DO RIO CRUXATI (BHRC)**

Esta seção apresenta a bacia hidrográfica do rio Cruxati, unidade piloto escolhida para proposta do modelo físico-socioambiental em bacias hidrográficas do semiárido setentrional do Nordeste. A escolha desta bacia justifica-se, devido à carência de trabalhos que priorizem essa região de estudo, como também o entendimento da dinâmica socioambiental e socioeconômica de ambientes semiáridos. Foi realizada uma caracterização dos componentes físicos e socioeconômicos predominantes na região da bacia.

### **5.1 Navegando pelos meandros do rio Cruxati: o processo de ocupação/povoamento na configuração territorial.**

A região semiárida nordestina e, em particular, cearense é marcada pelo constante fenômeno das secas e pelos processos de degradação ambiental associados ao domínio das Caatingas. Os problemas ambientais observados nessa região são resultantes de um processo histórico-geográfico de ocupações e modificações produzidas no território cearense, que por sua vez, estão inter-relacionadas com as condições naturais, as formas de uso e ocupação do solo e o manejo dos recursos naturais (SILVA & PEREIRA, 2007).

No que cabe à contextualização bacia hidrográfica em que o modelo foi aplicado, a referida bacia (Mapa 01), situa-se no extremo norte do Estado do Ceará, abrangendo parte dos municípios de Itapipoca, Amontada e Miraíma, e ocupa uma área aproximada de 1.265,36 km<sup>2</sup>. A BHRC possui suas nascentes na Serra de Uruburetama, marco geográfico importante da região do Estado mais próxima do litoral e que alcança cotas superiores a 800 m.

O rio Cruxati se desenvolve por aproximadamente 77,5 km de seu canal principal, desde sua nascente até a confluência com o rio Mundaú. É importante explicar que esta bacia, em algumas pesquisas realizadas, é denominada apenas de bacia do rio Mundaú (985 km<sup>2</sup>), fazendo com que os pesquisadores voltassem seus estudos apenas para esta área, não incluindo, também, suas pesquisas para o rio Cruxati. Denominamos a bacia hidrográfica do rio Cruxati, pautando-nos na definição de CEARÁ (2010), e também por compreender que apenas um estudo de caráter sistêmico, sustentável e complexo mais aprofundado será capaz de possibilitar o entendimento da dinâmica socioambiental de paisagens como as que propomos estudar, localizadas no interior do estado do Ceará.

Na área de influência da bacia do rio Cruxati destacam-se atividades de cunho socioeconômico e físico-ambiental. A primeira refere-se à utilização dos recursos hídricos

para subsidiar as atividades econômicas, caracterizada pela agricultura de subsistência, piscicultura, carcinicultura, atividade industrial e irrigação, assim como também para suprir a demanda da população. Já o dinamismo físico-socioambiental está relacionado com as diferentes feições paisagísticas identificadas na área, destacando-se as interações estabelecidas pela relação sociedade-natureza nos diferentes sistemas ambientais caracterizados pelos maciços residuais, depressão sertaneja, planícies fluviais e tabuleiros costeiros.

É também possível identificar setores com elevados índices de degradação ambiental, resultantes do processo histórico de ocupação dessa área e do uso indiscriminado de determinados setores da bacia. A exemplo das demais bacias localizadas em regiões litorâneas e semiáridas, como expusemos até aqui, as formas de utilização e manejo dos recursos naturais da região da BHRC, vêm ocasionando sérios problemas ambientais, que são originados, principalmente, pelo uso inadequado dos recursos naturais, tendo como consequência a erosão dos solos, a supressão desmedida da vegetação, a destruição das matas ciliares, o assoreamento dos canais fluviais e dos açudes, entre outros. Além dos impactos ambientais que se observa na área de estudo, identifica-se, também, problemáticas socioeconômicas nas comunidades do entorno da região da bacia, como a pobreza, a fome e o desemprego estrutural.

A partir dos levantamentos bibliográficos, constatamos que existem poucos trabalhos que discutem sobre o contexto da bacia do Cruxati, encontramos, apenas, estudos direcionados à realidade da bacia do rio Mundaú. Destaca-se, nesse aspecto, o trabalho de Freitas Filho *et. al.* (1996) que realizaram um zoneamento geoambiental da bacia do rio Mundaú utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, fazendo um levantamento de todas as unidades geoambientais e seus componentes físicos. No mesmo ano, Funceme (1996) efetivou um estudo integrado da bacia do rio Mundaú, integrando dados ambientais, hidráulicos, hidrológicos e hidrogeológicos. Também é necessário citar o trabalho de Toniolo e Kazmierczak (1998) sobre análise ambiental com a finalidade de recuperação de áreas degradadas, no qual os autores avaliaram o grau da cobertura vegetal, analisaram as espécies nativas mais adequadas para a recuperação de área degradadas na bacia e quantificaram o potencial de erosão na bacia. Em outro trabalho, Leite e Möbus (1998) estimaram a vulnerabilidade natural dos aquíferos porosos da região norte da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú.

O trabalho de Lima *et al.* (2008) propõe a ampliação do território da APA do rio Mundaú, no qual os autores apontam problemáticas ambientais nos setores da planície litorânea, como corte da vegetação de mangue para implantação de viveiros de camarão. Cabe ainda mencionar Vasconcelos (2012) que realizou um estudo cujo objetivo era identificar os aspectos socioeconômicos de duas comunidades (Croácia e Palmeiras) relacionadas a um empreendimento de carcinicultura, caracterizando amostras de água do estuário do rio Mundaú e comparar os resultados dessa caracterização com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para águas salinas. E Mendes (2012) que efetivou um estudo de caso na Área de Proteção Ambiental (APA) do estuário do rio Mundaú, objetivando realizar uma análise geoecológica das unidades de paisagem dessa APA, visando perceber as potencialidades, as limitações e os fatores de ordem ambiental e social que influenciam a área.

A partir das problemáticas identificadas nos trabalhos de campo e pelo levantamento descrito sobre os trabalhos realizados sobre a área de estudo, destacamos a necessidade da realização de uma pesquisa que priorize a elaboração de propostas de planejamento e gestão ambiental para a BHRC, dada a carência de estudos com essa abordagem. Dito isso, compreende-se que a realização de uma pesquisa pautada nos princípios sistêmicos e na formulação e aplicação de um modelo Físico-Socioambiental, para o estudo de bacias hidrográficas, visando o ordenamento espacial e ambiental das atividades humanas e dos recursos naturais renováveis, justifica-se, dado o seu caráter relevante, oportuno e emergente, além de adequar-se teórico-metodologicamente ao que propomos.

Com relação ao aspecto emergente da pesquisa, é importante ressaltar a validade de estudos mais abrangentes para essa área, já que os citados não utilizam a abordagem que este estudo propõe. Cabe ainda destacar a importância que assumem as pesquisas que realizam um levantamento dos recursos e das potencialidades socioambientais dos municípios que estão inseridos na bacia.

Reforça-se o entendimento da abordagem sistêmica aliada ao estudo do estado de conservação/degradação físico-socioambiental pautado em indicadores físico-ambientais, socioeconômicos e socioambientais, que se tornam eficazes para o estudo da degradação ambiental. Essa perspectiva fornece indicativos concretos para o manejo racional dos recursos naturais renováveis, com fins à sua preservação, além de subsidiar o combate e a mitigação dos efeitos da degradação ambiental, assumindo um papel essencial na garantia do monitoramento e gerenciamento de bacias.

## **5.2 Caracterização geoambiental para o entendimento dos processos e dinâmicas do meio físico**

O uso inadequado dos recursos naturais impulsiona graves desequilíbrios nos sistemas ambientais, modificando a dinâmica natural e interferindo de forma determinante em sua estrutura e funcionamento. Esses desequilíbrios manifestam-se mais intensamente nos ambientes com maior vulnerabilidade nas condições do potencial ecológico e da exploração biológica, levando em muitas situações à degradação generalizada dos recursos. Essas problemáticas ambientais se intensificam em regiões que apresentam limitações naturais, como é o caso do semiárido cearense (SOUZA, *et al.*, 2012).

Compreende-se que umas das unidades que nos últimos anos, ganharam destaque nos estudos de geografia física relacionados à questão da degradação ambiental, foram às bacias hidrográficas. Para Nascimento *et al.*, (2008), os estudos de bacias hidrográficas permitem identificar e caracterizar as principais variáveis ambientais relativas ao suporte, como é o caso das condições geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas; ao envoltório no que se refere ao clima e a hidrologia de superfície; além da cobertura referente aos solos e as condições de biodiversidade.

O contexto fisiográfico e ecológico da bacia do rio Cruxati está associado às diferentes combinações entre os fatores naturais relacionados à severidade imposta pelo clima semiárido. Entende-se, portanto, que o levantamento dos componentes geoambientais existentes no âmbito da bacia, possibilita uma maior compreensão da dinâmica natural e socioeconômica predominante nos ambientes dotados de diferentes características, limitações ao uso e potencialidades.

### **5.3 Levantamento dos componentes geoambientais da BHRC.**

#### *5.3.1 Componentes geológicos/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. 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 (SOUZA, 2007).

Constatou-se que a região da bacia hidrográfica do rio Cruxati é formada por uma grande diversidade de formações litológicas que podem ser agrupadas em dois grandes domínios geológicos: embasamento cristalino e as formações sedimentares. A partir de um maior detalhamento, constatou-se a presença das seguintes unidades geológicas: Depósitos Aluviais, Grupo Barreiras, Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria e Complexo Ceará – Unidade Canindé.

Os Depósitos Aluviais são constituídos por argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas, com a nomenclatura Q2a. datadas da era Cenozóica e do período Quaternário. Essa unidade representa cerca de 21 Km<sup>2</sup> na área.

O grupo Barreiras caracteriza-se pelo acúmulo de detritos areno-argilosos, com granulometria de média a fina. São rochas de idades terciárias, representadas por sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, com granulação variando de fina a média, contendo intercalações de níveis conglomeráticos e lateríticos. Segundo Braga *et al.* (1981), essas rochas lateríticas não têm cotas definidas e estão comumente associados aos níveis de percolação das águas subterrâneas. Litologicamente é composta por arenitos argilosos de tonalidade variegada com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base, apresentando simbologia ENb e espacialização na área de estudo de 390 Km<sup>2</sup>.

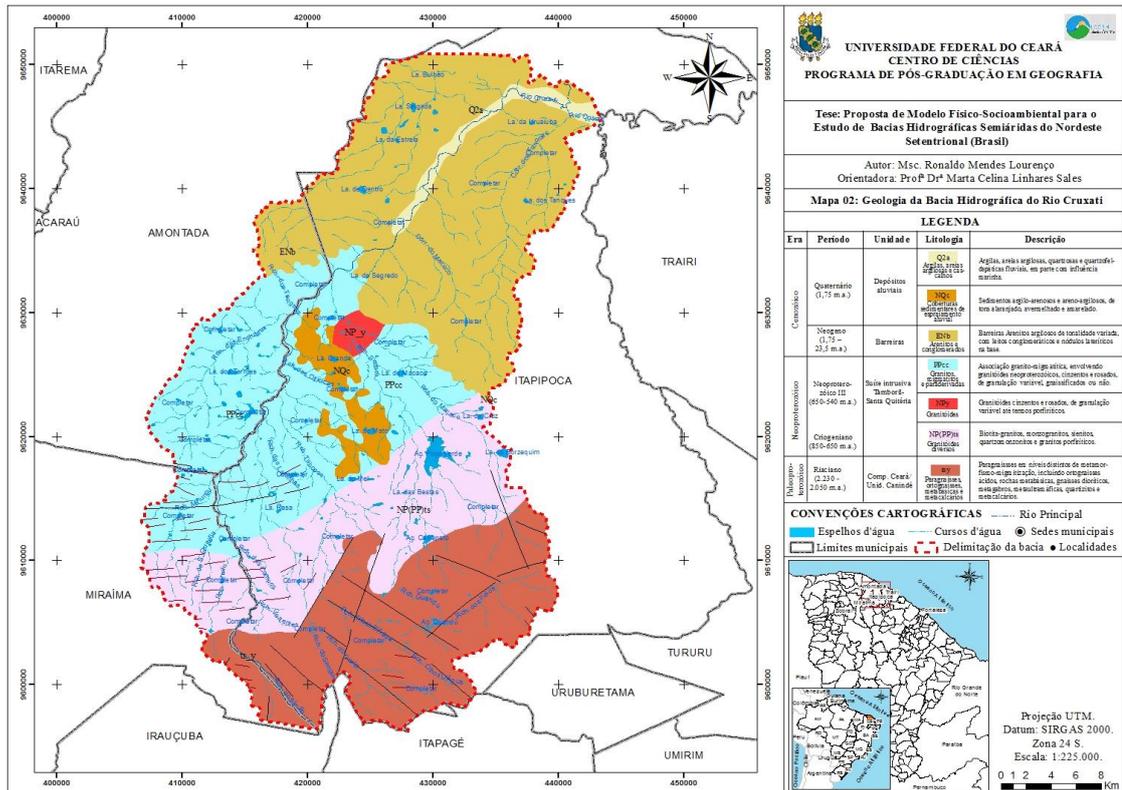
A Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria foi encontrada com maior predominância no médio curso. Ela possui dois tipos de litologia: os granitos migmatitos e paraderivadas – NP(PP)ts; e os granitoides – tsy. A primeira litologia é resultante da associação garnito-migmatítica, envolvendo granitoides neoproterozóicos, cinzentos e rosados, de granulação variável até termos porfiríticos, gnaissificados ou não e ortognaisses migmatíticos, além de rochas calcissilicáticas. A segunda formação se dispõe litologicamente de granitoides cinzentos e rosados, de granulação variável até termos porfiríticos (CPRM, 2003). Essa unidade corresponde a 478 Km<sup>2</sup> na área da bacia.

Também se destacam a presença do Complexo Ceará – Unidade Canindé e Unidade Independência que se espacializa por 324 Km<sup>2</sup>. A primeira unidade apresenta duas formações litológicas: paragnaisses e granitoides de simbologia PP(NP)cc, apresentando paragnaisses associados a jazimentos estratóides e diqueformes de granitoides neoproterozóicos; e paragnaisses, ortogonsaisses, metacalcários com nomenclatura PPcc que constitui-se de paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo-migmatização. Já a unidade

Independência apresenta paragnaisses, micaxistos e metacalcários de nomenclatura PPci, constituindo-se de paragnaisses e micaxistos aluminosos, incluindo quartzitos, metacalcários e rochas calcissilicáticas (CPRM, 2003).

O mapa 02 apresenta os aspectos geológicos da área de estudo e o quadro 20 traz a síntese da geologia.

Mapa 02 – Geologia da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Os aspectos geomorfológicos são importantes para explicar que os indicadores morfoestruturais, litológicos e climáticos, controlados por fatores dinâmicos como o clima, a tectônica e a pedogênese, associados aos fatores estáticos tais como a litologia, a estrutura, as morfologias pretéritas, foram responsáveis por uma complexa sequência morfológica, sendo vislumbrada pelas diversas formas de relevo existentes no Estado do Ceará (MEIRELES, 2007). Souza (2003) elaborou a classificação morfoestrutural para o Ceará, compartimentando-o em como se pode notar em Meireles (2007): i) Domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos (planícies fluviais, formas litorâneas e tabuleiros); ii) Domínio das bacias paleo-mesozóicas (Chapada do Araripe, Chapada do Apodi e Planalto da Ibiapaba); iii) Domínio dos escudos e maciços antigos (Planaltos residuais e depressões sertanejas). Para

este autor, estas são as principais unidades morfoestruturais do Estado e estão representadas por formas de acumulação estruturais e erosivas (dissecadas e conservadas).

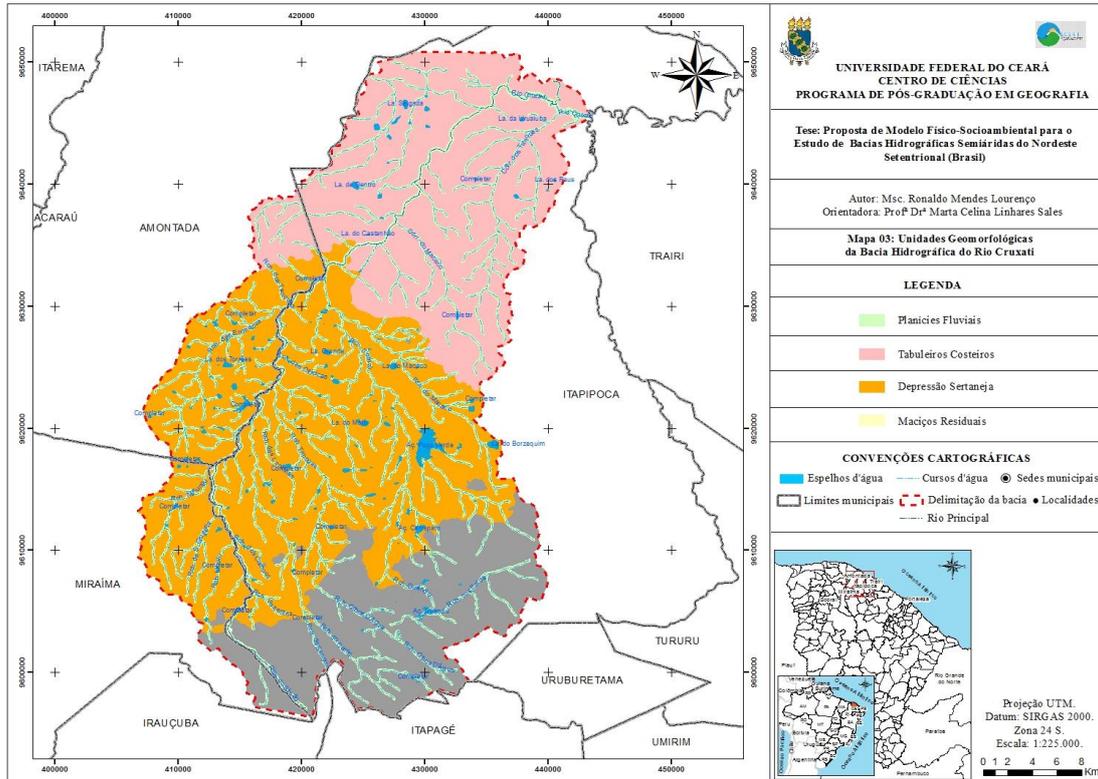
Nessa perspectiva, a bacia hidrográfica do rio Cruxati está inserida no domínio dos escudos e maciços antigos (planaltos residuais e depressões sertanejas) e no domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos (planícies fluviais e tabuleiro costeiro).

Na área de pesquisa destaca-se a depressão sertaneja que são marcadas por topografias planas a levemente onduladas em altitude que se dão em torno de 130-150m e se apresentam com uma dissecação mais evidente quando apresentam níveis altimétricos superiores a 300m, o que caracteriza os diferentes pedimentos da depressão cearense, o seu caimento topográfico é feito no sentido dos fundos dos vales (MEIRELES, 2007). Sobre a presença desta unidade na área de estudo, nota-se que a variação de altitude ocorre de 31 m a 300 m de altitude.

Referindo-se às planícies fluviais, Souza (2007), salienta que são área planas resultantes da acumulação fluvial, sujeitas a inundações periódicas que bordejam as calhas dos rios, apresentando a ocorrência de solos aluvionais com profundidade e imperfeitamente drenados, apresentando problemas eventuais de salinização. Associando-se a isso a presença de mata ciliar e carnaúbas como uso predominante pelo agroextrativismo. Estas áreas estão sujeitas quando ocupadas à degradação da mata ciliar, o que gera o desencadeamento de processos erosivos e assoreamento, poluição do recurso hídrico e inundações e cheias no período chuvoso.

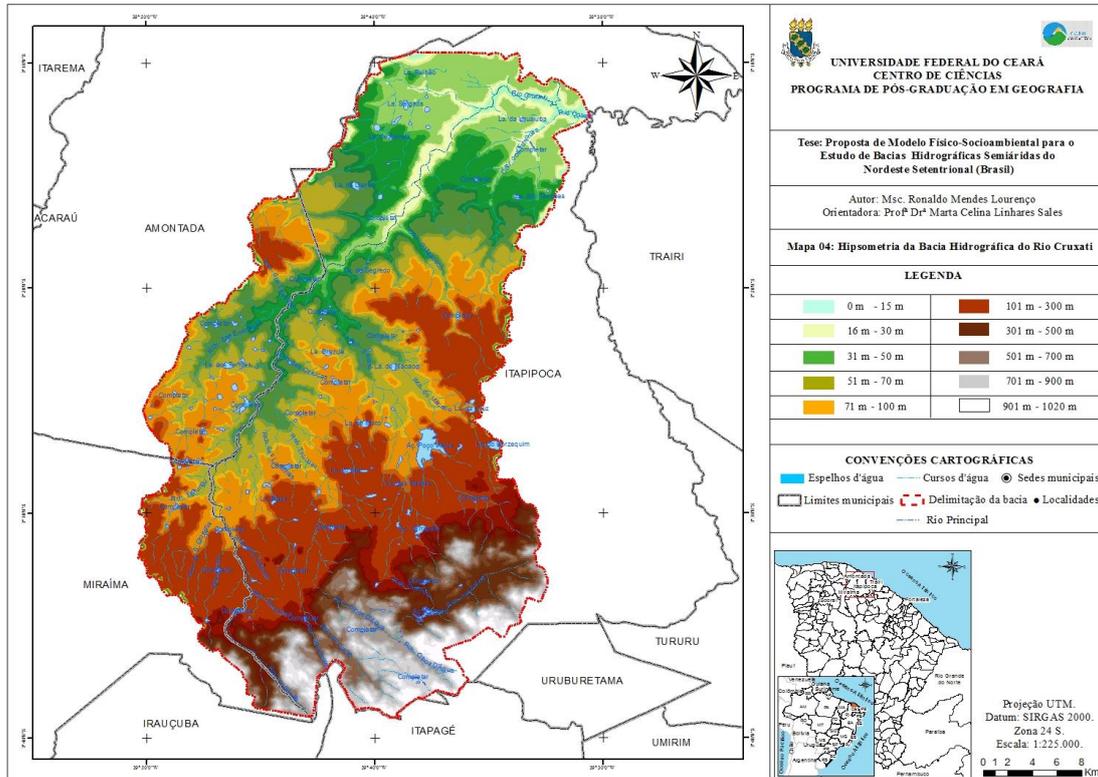
As unidades geomorfológicas se caracterizam por estarem dispersas pela depressão sertaneja com cotas altimétricas de maior representatividade na área de estudo entre 301 m a 1021 m, estando essa variação de altitude entre as unidades geomorfológicas representada no mapa 03. É importante e estas unidades estão sujeitas à erosão acelerada das vertentes em função dos desmatamentos e das práticas agrícolas rudimentares. E o mapa 04 a especializa a hipsometria da área. O quadro 19 traz a síntese da geomorfologia. A figura 03 mostra a espacialização de maciços residuais em depressão sertaneja.

Mapa 03 – Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Mapa 04 – Hipsometria da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Figura 03 - Maciço residual disposto em depressão sertaneja.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

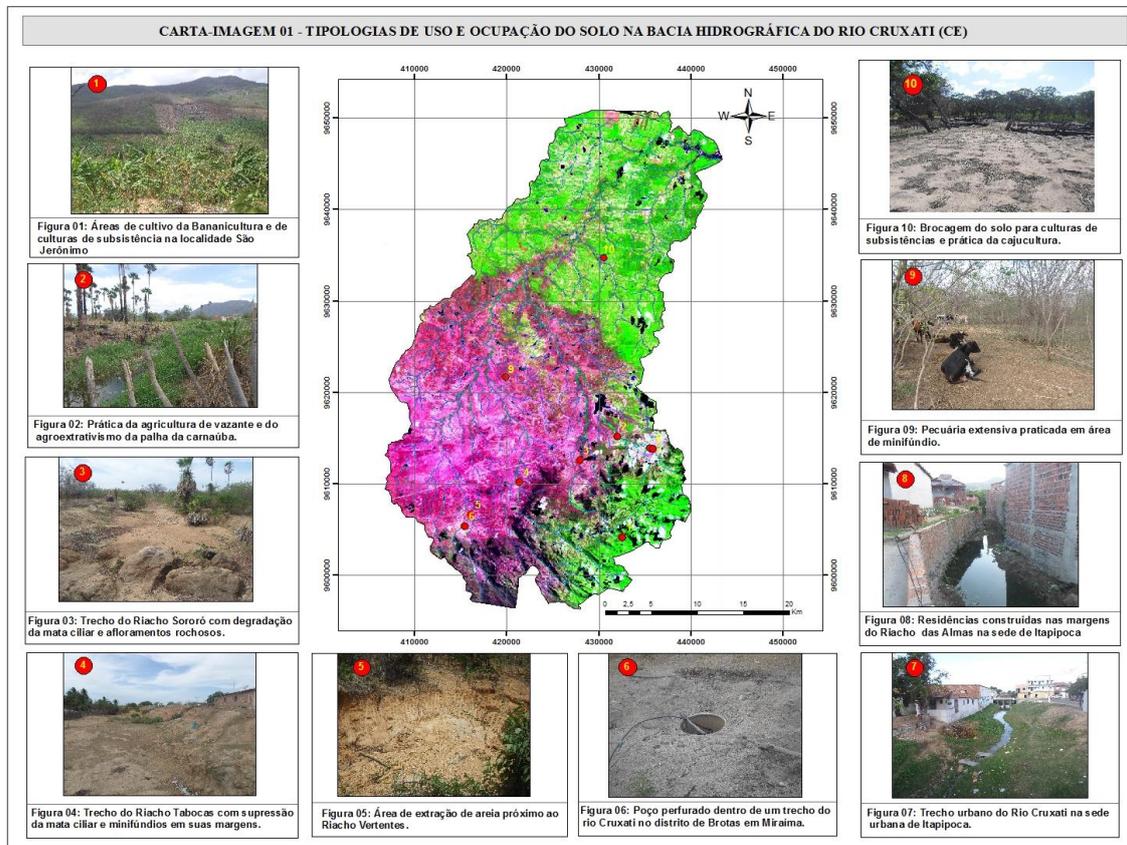
Pensando na capacidade de suporte das unidades sistêmicas do rio Cruxati, elaborou-se o perfil topográfico longitudinal em três setores (A, B e C), com o intuito de espacializar o modelado das unidades sistêmicas presentes em cada setor, como também demonstrar as formas de uso e ocupação da área. A partir dos perfis, nota-se que as unidades delimitadas (Depressão Sertaneja, Maciço Residual, Planície Fluvial e Tabuleiro Costeiro) apresentam diversos tipos de usos e de atividades, destacando-se especificamente, as dinâmicas de ocupação relacionadas à agricultura de subsistência, a pecuária extensiva e o extrativismo vegetal. Os perfis topográficos estão representados pelas figuras 04, 05 e 06. Como também podemos visualizar na carta-imagem 01.

Quadro 19 - Síntese das Características Geológicas e Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.

GEOLOGIA		GEOMORFOLOGIA		
Unidades Litoestratigráficas	Cronologia	Compartimentação do Relevo	Classificação do Relevo e das Formas	Feições Geomorfológicas e Modelado
Depósitos Aluviais	Quartenário (1,5 M.A.)	Planície fluvial, várzeas e áreas de acumulação.	Relevo plano e ondulado, apresentando formação de acumulação.	Planícies e terraços fluviais.
Barreiras	Neogeno (1,5 - 23,5 M.A.)	Depressão sertaneja Maciços residuais e Tabuleiro Costeiro	Relevo Montanhoso a escarpado, com formas residuais dissecadas.	Maciços residuais dissecados e, feições de colinas e cristas
Suíte Intrusiva Granitóide Meruoca	Cambriano (500 - 540 M.A.)		Relevo plano e fortemente ondulado, apresentando formas deprimidas com superfícies erosivas planas e ou ligeiramente dissecadas.  Depressões periféricas e interplanálticas submetidas a processos de pedimentação. Tabuleiros costeiros com aspecto litológico com predominância de sedimentos arenos-argilosos de tons esbranquiçados, vermelho-amarelados e cremes, com características vegetacionais não homogêneas.	
Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria	Neoproterozóico III ( 540 - 640 M.A.)			
Complexo Ceará – Unidade Canindé e Independência	Riáciano (2050- 2300 M.A.)			

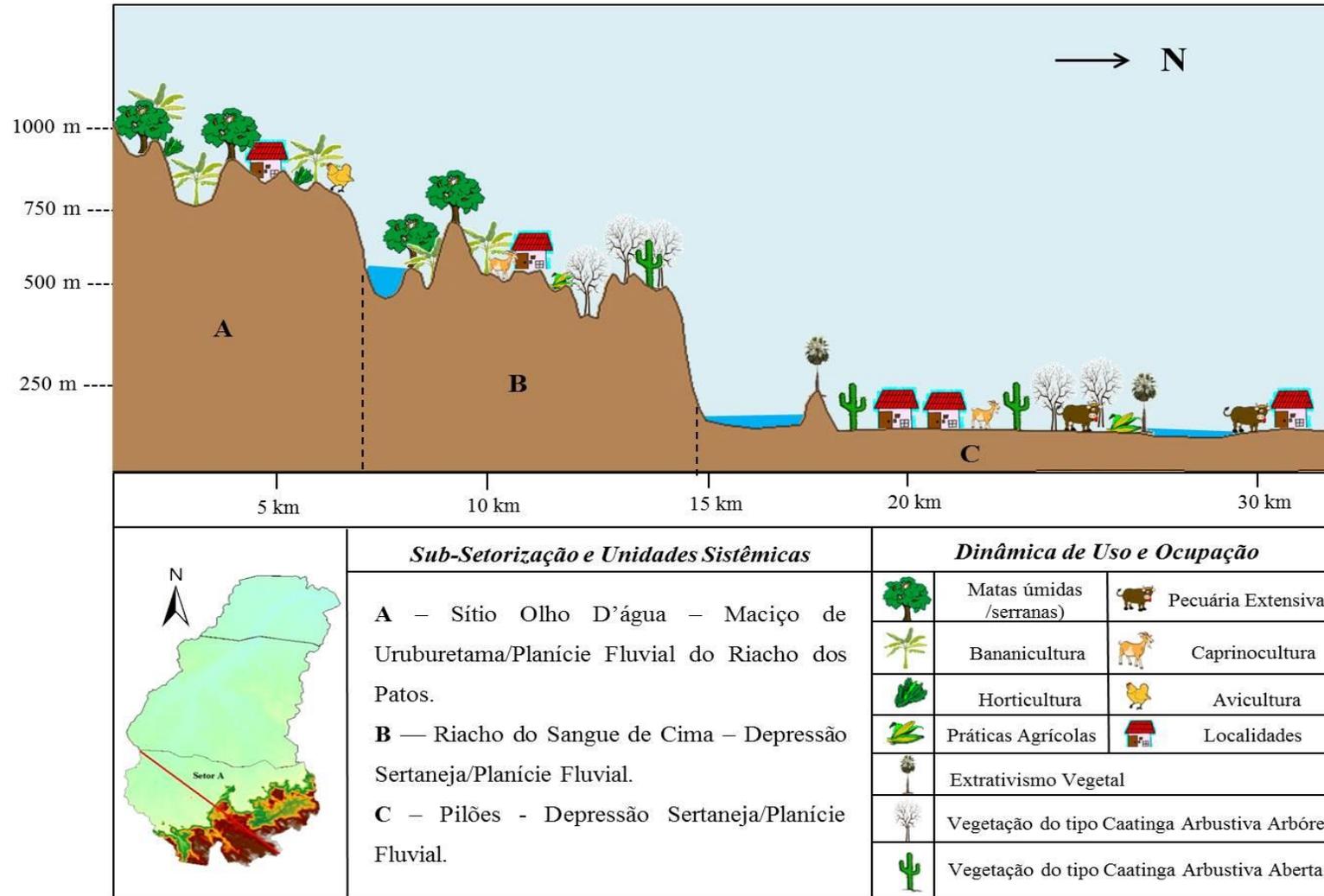
Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2015), pesquisa direta.

Carta-Imagem 01: Tipologias de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Cruxati.



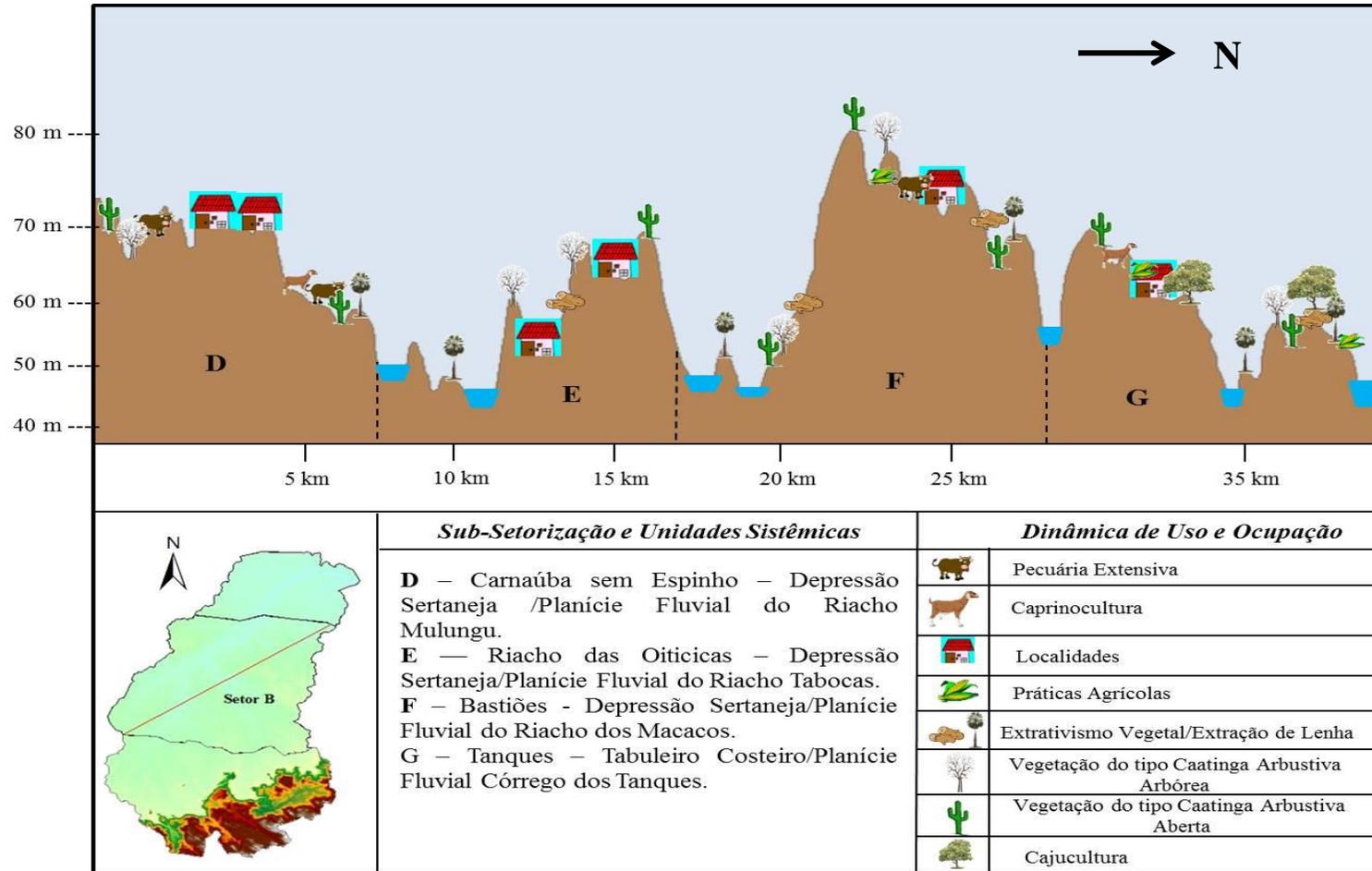
Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Figura 04 - Perfil Topográfico Longitudinal do Setor A na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.



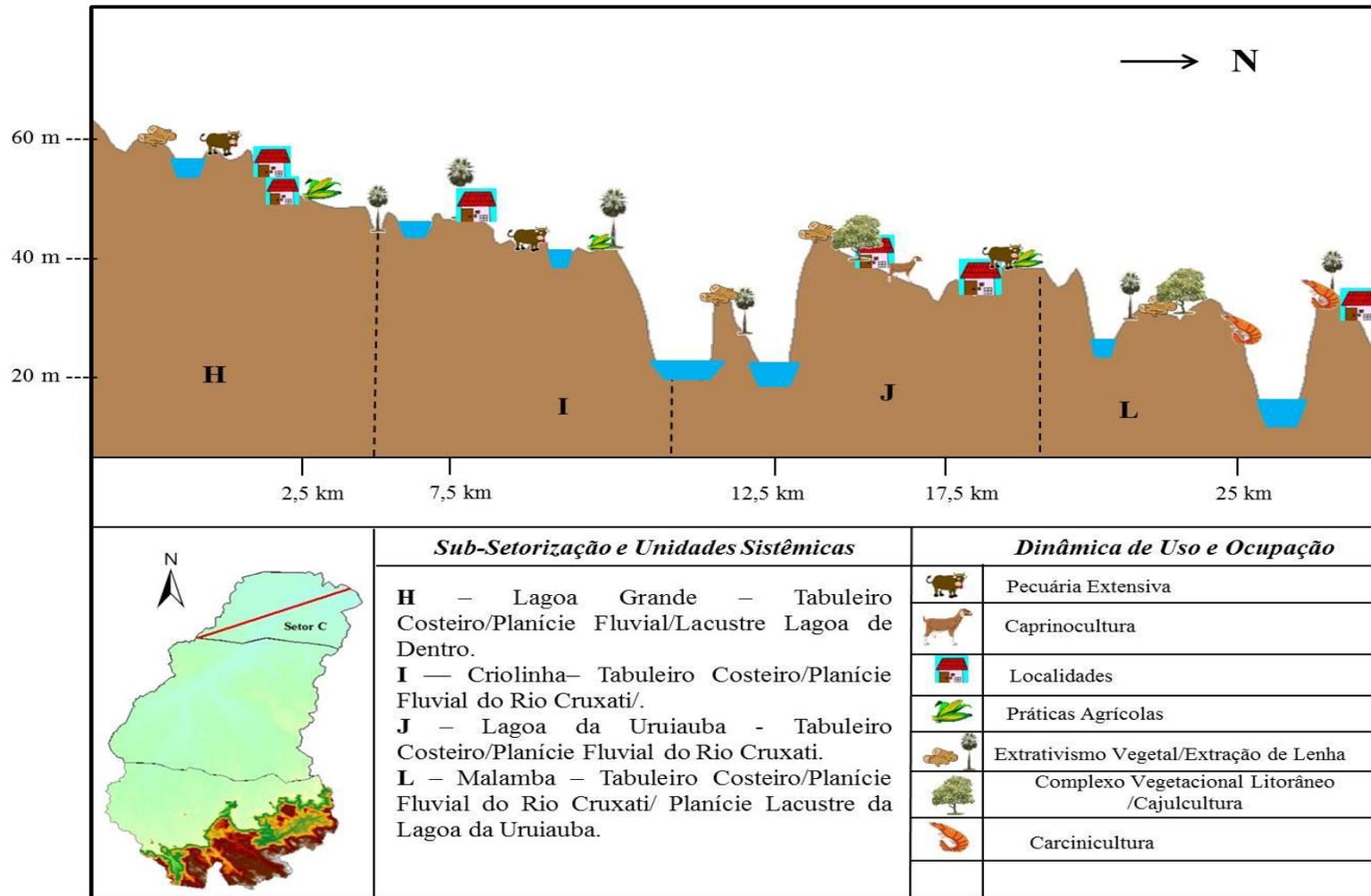
Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Figura 05 - Perfil Topográfico Longitudinal do Setor B na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Figura 06 - Perfil Topográfico Longitudinal do Setor C na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

### 5.3.2 Aspectos hidroclimáticos

O clima é resultado de um processo complexo entre todos os componentes terrestres como o 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 (JURCA, 2005).

O clima é caracterizado em maior abrangência pela circulação geral da atmosfera que é resultante do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica dos oceanos e continentes e também das características topográficas sobre os continentes (FERREIRA & MELLO, 2005). 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. Ainda 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.

A localização do Ceará, próximo à linha do Equador, permite uma intensa insolação no Estado durante o ano todo, o que caracteriza uma área típica de climas quentes, em que a atuação dos sistemas atmosféricos influenciam na sazonalidade e variabilidade da precipitação, além de outros fatores como a altitude, a disposição do relevo e a proximidade ou distância dos oceanos, proporcionam as diferenciações locais dos climas no Estado.

Os sistemas atmosféricos localizados na região Nordeste agem em áreas equatoriais de baixa latitude, que provoca, convencionalmente estabilidade atmosférica no período do inverno e primavera (período seco), causando instabilidade no período sazonal do verão e outono com a ocorrência de chuvas concentradas no quadrimestre de fevereiro-março-abril-maio (quadra chuvosa) (MOURA, 2008).

Inserido nas condições climáticas do semiárido nordestino cearense, que se caracteriza por chuvas concentradas com distribuição espacial e temporal muito irregular e por temperaturas médias anuais elevadas, a bacia hidrográfica do rio Cruxati possui sua totalidade do território influenciado pela dinâmica de sistemas atmosféricos que agem em sua área e que também são atuantes na dinâmica regional norte-nordeste. Destaca-se a ação: da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na região do médio curso, sendo que outros mecanismos apontados por Ferreira e Mello (2005), tais como: i) Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); ii) Temperatura da superfície do mar (TSM) na Bacia do Oceano Atlântico,

Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); iii) Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); iv) Frentes Frias; v) Linhas de Instabilidade (LI); vi) dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), vii) brisas marítima e terrestre. A seguir tais sistemas são discutidos.

A Zona de Convergência Tropical (ZCIT), de acordo com Ferreira e Melo (2005), pode ser entendida como uma banda de nuvens que percorre a faixa equatorial do globo terrestre, sendo formada especificamente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis, baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar e intensa atividade convectiva e precipitação. Esse sistema é o fator mais importante na determinação de quanto serão abundante ou deficiente as precipitações no setor norte do Nordeste do Brasil. É importante compreender que esses sistemas constitui-se como o principal fenômeno atmosférico atuante do norte do nordeste do Brasil, região em que se encontra o Estado do Ceará.

O fenômeno ENOS, particularmente, o *El Niño* é um sistema oceânico-atmosférico que se manifesta sobre a bacia do Pacífico entre a Indonésia e a América do Sul. Segundo Zanella (2007), ele é um dos sistemas responsáveis pela ocorrência de baixos índices precipitações no Ceará, ocorrendo entre intervalos de três a cinco anos.

Outro importante mecanismo causador de chuvas no Nordeste do Brasil está ligado à penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro. As frentes frias caracterizam-se por serem bandas de nuvens que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio com uma massa de ar quente. A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e conseqüentemente as chuvas (FUNCEME, 2013) (FERREIRA & MELO, 2005).

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) que atingem a região Nordeste do Brasil se formam no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março e sua trajetória, normalmente, é de leste para oeste com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. Esse sistema é constituído por um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, tem a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FUNCEME, 2013).

As Linhas de Instabilidade (LI) são um fenômeno meteorológico de mesoescala que ocorre no período do verão-outono, entre os meses de novembro a março. Constituem-se como uma banda de nuvens do tipo *cumulus* com formação vinculada à radiação solar e que

atingem um número maior à tarde, quando a convecção é máxima com consequentes chuvas. Outro fator que contribui para o incremento das Linhas de Instabilidade, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT (FERREIRA & MELLO, 2005).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc., e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. As chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada.

As chamadas Ondas de Leste são ondas que se desenvolvem no campo de pressão atmosférica, principalmente na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, se deslocando de leste para oeste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. O Estado do Ceará também recebe chuvas nos meses de junho, julho e agosto, que são influenciadas por esse sistema atmosférico. Este fenômeno provoca chuvas, principalmente, na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte. Quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis as Ondas de Leste também provocam chuvas no estado do Ceará, particularmente, na parte centro-norte (FUNCEME, 2013).

Já as Brisas Marítimas e Terrestres são sistemas de escala local que resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água. De acordo Moura (2008), a ocorrência é devida às diferenças térmicas entre a superfície terrestre e a superfície oceânica, em que o comportamento se diferencia no período do dia e da noite.

Além desses sistemas de circulação de grande escala, deve-se considerar a orientação do litoral e das serras em relação aos ventos alísios, gerando corredores de vento, zonas de barlavento (chuvas orográficas, áreas mais úmidas), sotavento (áreas de sombra, com menor índice pluviométrico e menos úmidas) e as baixas altitudes predominantes do relevo com cotas inferiores a 400m, com exceção dos planaltos cristalinos e sedimentares, e que formam condicionantes climáticos espaciais de influência local/regional (LIMA, 2004).

Observando a classificação climática do Estado Ceará, a partir de Lima (2004) baseada em estudos de Köppen e Gaussen, em que o primeiro utilizou como critérios para a elaboração de sua classificação a precipitação e a temperatura. Gaussen, além desses dois critérios, utilizou a umidade atmosférica, incluindo orvalho e nevoeiro, determinando os índices xerotérmicos e correlacionando-as com as grandes unidades de vegetação (regiões bioclimáticas). Nota-se que a região da bacia do rio Cruxati enquadra-se nos tipos climáticos BSw'h'(clima quente e semiárido com estação chuvosa se atrasando para o outono e

temperatura superior a 18°C no mês mais frio no sertão e 4aTh (clima tropical quente de seca acentuada no inverno, com um período de 7 a 8 meses secos por ano). Desse modo, entende-se que o clima cearense caracteriza-se por duas estações bem definidas: a estação chuvosa no verão (primeiro semestre) e a estação seca no inverno (segundo semestre).

Os parâmetros climáticos da região rio Cruxati serão analisados com maior ênfase, quando realizarmos a projeção do indicador Severidade Climática (SC), considerando a pluviometria, o balanço hídrico e a espacialização da severidade climática.

Os recursos hídricos ou aspectos hidrológicos da área de estudo estão relacionados de maneira particular aos aspectos geoambientais da bacia do rio Cruxati. Concebe-se que a água é um recurso de grande importância no que se refere à organização e estruturação econômica, política, social e cultural do espaço geográfico, caracterizando-se como um recurso indispensável para a vida e fundamental para a dinâmica dos processos físico-naturais em sistemas ambientais como as bacias hidrográficas.

A drenagem da bacia do rio Cruxati constitui-se como uma fonte para a construção de barragens e/ou açudes ao longo de seus canais fluviais como é o caso do Açude Quandu (Itapipoca), Açude Carrapato (Itapipoca), Açude Poço Verde (Itapipoca), Açude Gameleira (Itapipoca), Açude dos Paus Brancos (Miraíma) e Açude do Lero (Amontada).

### *5.3.3 Características pedológicas e fitoecológicas*

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. São quase sempre de evolução mais fraca (solos jovens ou pouco evoluídos) e em geral apresentam boa fertilidade natural, pouco profundos e rasos com presença de pedregosidade e afloramentos rochosos. Eles acabam encontrando-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 (PEREIRA & SILVA, 2007).

É nesse cenário, que estão inseridos as associações de solos predominantes na região da bacia do rio Cruxati, sendo classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999). Através do levantamento exploratório e mapeamento dos solos do Estado do Ceará, realizado por Jacomine (1973), foram identificadas as seguintes associações de solos na área de estudo,

relacionando com a nomenclatura antiga embasada no Mapa Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (1973). As associações podem ser observadas no quadro 20.

Quadro 20 - Associações de solos identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.

TIPOS	ASSOCIAÇÕES (CLASSIFICAÇÃO ATUAL)
<b>Re25</b>	Associação de Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha
<b>PL6</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico Típico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico
<b>PE32</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Eutrófico Arênico + Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abrúptico + Planossolo Háptico Eutrófico Solódico + Laterita Hidromórfica
<b>PE42</b>	Associação de Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abrúptico + Neossolo Regolítico Distrófico Frágipânico
<b>PE6</b>	Associação de Argissolo Vermelho Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Eutrófico Abrúptico + Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha
<b>PL1</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico + Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico Abrúptico
<b>PL4</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Solódico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Planossolo Nátrico Órtico
<b>PV7</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Distrófico espesso + Latossolo Amarelo Distrófico típico + Argissolo Acinzentado Distrocoeso Arênico

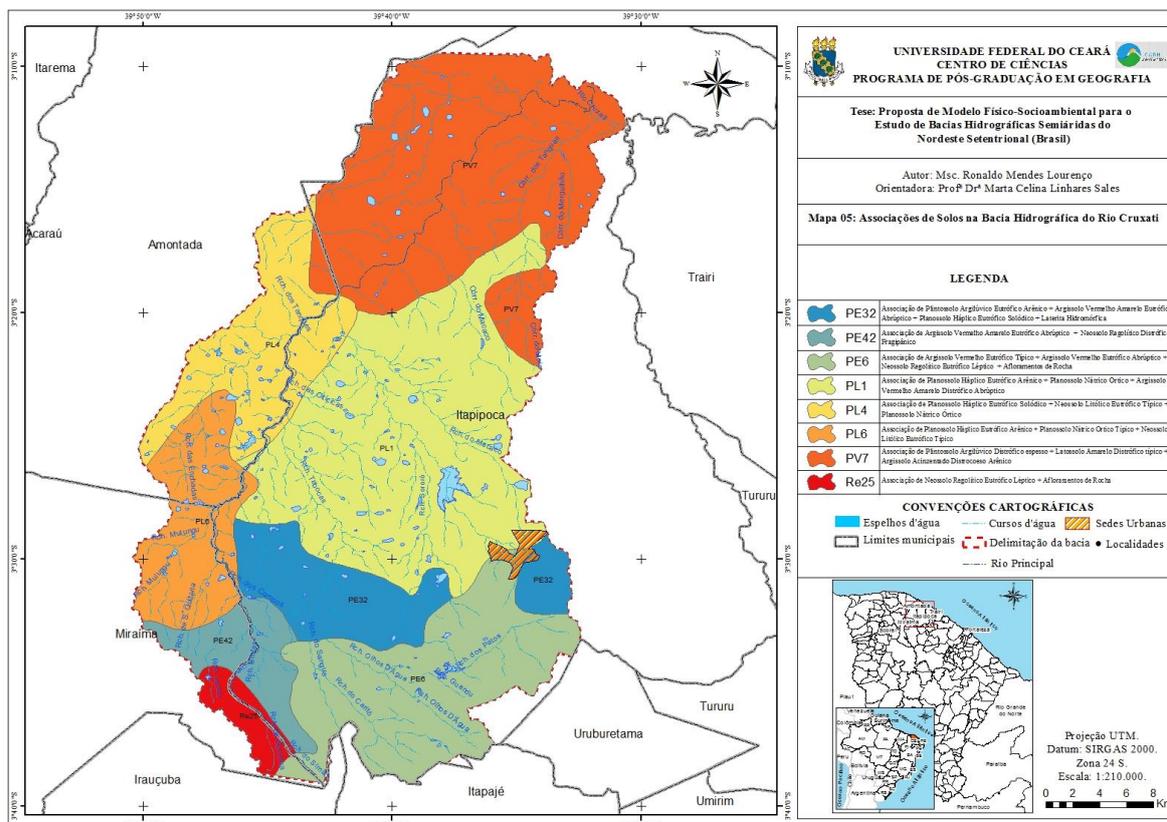
Fonte: Levantamento Exploratório e Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (JACOMINE, 1973).

Fonte: Jacomine (1973), Leite *et. al* (2007), Leite *et. al.* (2007), Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço, 2016.

A associação de solos com maior predominância na bacia é a PL1, ocupando 352 Km<sup>2</sup> (27,80%) com maior espacialização no médio curso da bacia. A segunda associação em termos de abrangência é a PV7 com 321 Km<sup>2</sup> (25,35%) situada no médio curso e com maior abrangência no baixo curso. A terceira associação com maior representatividade é a PE6 com 189 Km<sup>2</sup> (14,92%). A quarta associação é a PL4 com 122 Km<sup>2</sup> (9,63%), seguida da quinta associação PE32 com um tamanho de 103 Km<sup>2</sup> (8,13%). A sexta associação é a PL6 apresentando 102 Km<sup>2</sup> (8,05%), a sétima é a PE42 com 53 Km<sup>2</sup> (4,18%) e a oitava é Re25 com 24 km<sup>2</sup> (1,90%).

As classes de solos (Mapa 05) predominantes na área de estudo estão associadas com as condições do clima, relevo e rocha variando de acordo com a unidade geoambiental ou sistêmica. Sobre as unidades fitoecológicas identificadas na bacia do rio Cruxati, segundo a classificação de Fernandes (1990), destacam-se seis unidades: Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Arbustiva Densa, Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, Floresta Perenifólia Paludosa Marítima, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca) e Floresta Subperenifólia Plúvio Nebular (Matas Úmidas Serranas). Estas unidades podem ser vistas no mapa 06.

Mapa 05 – Associações de solos da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

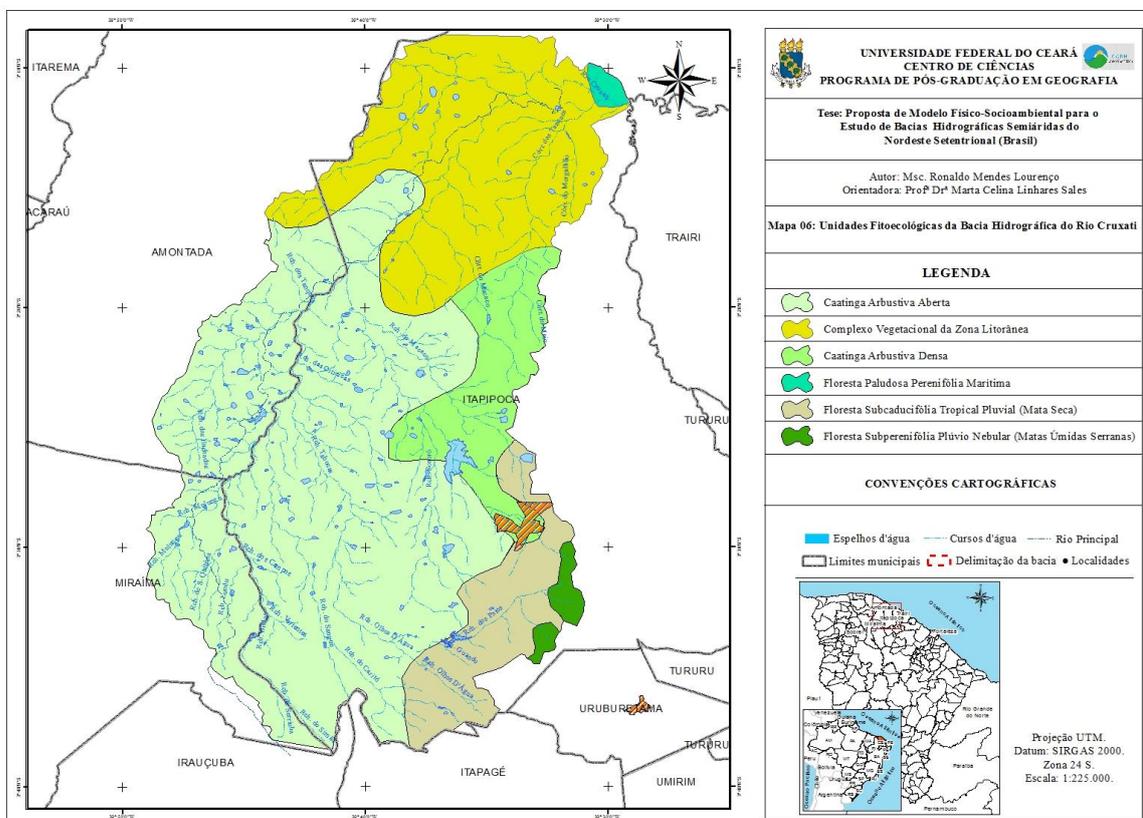
A vegetação reflete na composição da paisagem por meio de sua relação com os outros componentes naturais, tais como o clima, os solos, as rochas, o relevo e os recursos hídricos. A componente vegetação em ambiente de abrangência de clima semiárido, como é o caso da área de estudo, apresenta um caráter fisionômico dominado pela perda de folhas (caducifólias) durante o período seco, além de outras adaptações morfológicas e fisionômicas (PEREIRA & SILVA, 2007).

Conforme Rodrigues *et al.* (1995), a cobertura vegetal, apesar da primazia xerófila, apresenta uma grande diversificação, identificando no ambiente semiárido como Caatinga, que sendo uma formação caducifólia e ocorrendo muitas vezes de forma esparsa ou aberta e como fisionomia arbustiva, acaba oferecendo uma pequena capacidade de proteção aos solos contra os efeitos erosivos. Observa-se o uso intensivo da terra, a partir da utilização de técnicas e atividades agropastoris, que por vezes são inadequadas, gerando consequências como a compactação e desestruturação do solo e a diminuição da diversidade biológica que ocorre pela modificação do ambiente original, o que pode ser vislumbrado a partir da transformação na vegetação.

Uma das marcas evidentes da degradação no semiárido podem ser observadas a partir da redução da cobertura vegetal e à consequente erosão do solo. Verificando isso, a bacia do rio Cruxati evidencia várias modificações em seu meio físico, devido as atividades ligadas às práticas antrópicas relacionadas a exploração incessante dos recursos naturais renováveis. Na área de estudo, tais atividades estão provocando a supressão da cobertura vegetal, particularmente, quando as atividades estão relacionadas a práticas agropastoris e ao extrativismo vegetal e mineral (areias).

A identificação das unidades fitoecológicas da área de estudo são discutidas, observando sua interação com os demais componentes geoambientais, associados à dinâmica de processos físico-biológicos que interferem e influenciam, sobretudo, na configuração das condições relacionadas à cobertura vegetal do rio Cruxati. As principais unidades fitoecológicas identificadas na área de estudo são: Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca), Floresta Subperenifólia Plúvio Nebular (Matas Úmidas Serranas), Caatinga Arbustiva Densa, Floresta Paludosa Perenifólia Marítima, Complexo Vegetacional da Zona Litorânea e Vegetação de Várzea e Ribeirinha.

Mapa 06 – Unidades Fitoecológicas da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

A formação vegetacional representada pela Caatinga Arbustiva Aberta e a Caatinga Arbustiva Densa na área de estudo, se encontra drasticamente modificada devido a práticas insustentáveis associadas aos desmatamentos indiscriminados que tornam os processos erosivos mais atuantes, gerando a diminuição da captação de água e levando ao desaparecimento de cursos d'água; as queimadas que levam a esterilização dos solos, como a perda do horizonte O, rico em matéria orgânica, intensificando o aumento dos processos erosivos e estimulando o surgimento de áreas desertificadas; e as práticas extrativistas vegetais e minerais e associadas ao sobrepastoreio. Como se observa nas figuras 07, 08 e 09.

Figura 07 - Prática de Brocagem do solo associada ao desmatamento e a queimada.



**Fonte:** Ronaldo Mendes Lourenço (2015).

Figura 08 -: Pecuária extensiva praticada próximo a um afluente do rio Cruxati.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2015).

A vegetação de Várzea e Ribeirinha que se estende ao longo dos cursos dos rios, evidencia um estrato mais elevado que é ocupado pela carnaubeira, sendo a mesma acompanhada por árvores e arbustos, notando que no estrato arbustivo-arbóreo são encontradas espécies como o pajeú, o juazeiro, o marmeleiro, o mofumbo e a jurema branca. Os usos praticados nesta unidade fitoecológica, se caracterizam pelo extrativismo vegetal das palhas da carnaúba e pela agricultura de subsistência e pela pecuária extensiva.

Figura 09 - Área de extração da palha da Carnaúba praticada próximo a um afluente do rio Cruxati.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2015).

No Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, destacam-se as seguintes formações: vegetação dos tabuleiros costeiros, vegetação aquática e paludosa de lagoas e brejos e floresta mista dicótilo-palmácea e manguezal. A vegetação de tabuleiro encontrada na bacia caracteriza-se pela presença da (o): Cajueiro (*Anarcadium occidentale*), mororó (*Bauhinia unguilata*), imburana (*Commiphora leptophloeos*) murici (*Byrsonima crassifolia*) e o jatobá (*Hymenaca courbaril*). As potencialidades dos usos refletem-se na agricultura de subsistência e nas práticas extrativistas. A figura 10 evidencia a prática do desmatamento associada a abertura de lavoura.

Figura 10 - Área de Cajucultura e Uso Agrícola.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2015)

Com relação às espécies que compõem a vegetação existente no âmbito do médio curso, destacam-se as mais representativas do domínio das Caatingas fundamentando-se em IBGE (2012) e Fernandes (1990): *Mimosa Melacocentra* (Jurema branca), *Croton sonderianus* (Marmeleiro Preto), *Cindoculus urens* (Cansanção), *Aspidosperma pirifolium* (Pereiro), *Cereus jamacaru* (Mandacaru), *Astronium urundeuva* (Aroeira), *Corpenicia prunifera* (Carnaúba), *Cesalpina bracteosa* (Catingueira), *Ploceurus gounelli* (Xique-Xique), *Ziziphus joazeiro* (Juazeiro), *Licania rigida* (Oiticica), *Mimus saturninus* (Sabiá),

*Commiphora leptophloeos* (Imburana), *Auxemma oncocalyx* (Pau-Branco), *Libidibia férrea* (Jucá), *Anadenanthera colubrina* (Angico), *Schinus terebenthifolius* (Aroeira), *Mimosa hostilis* (Jurema Preta), *Manihot piauuyensis* (Maniçoba), *Guapira opposita* (João-Mole) e *Tabebuia serratifolia* (Pau D'arco).

A vegetação ribeirinha evidencia espécies da Caatinga, observa-se também que estes ambientes manifestam a presença de espécies serranas, onde estão localizadas a priori nas nascentes. Dessa forma, destacam-se os seguintes tipos: *Anadenanthera colubrina* (Angico), *Auxemma oncocalyx* (Pau-Branco), *Libidibia férrea* (Jucá), *Corpenicia prunifera* (Carnaúba), *Licania rigida* (Oiticica), *Mimosa hostilis* (Jurema Preta) (FERNANDES, 1990).

A fauna vislumbrada na unidade fitoecológica da caatinga pode ser representada pelas seguintes espécies: *anfíbios e répteis* – *Bufo sp.* (Cururu), *Topidurus torquatus* (Calango), *Cnemidophorus ocellifer* (Tijubina), *Policuhurus acutirostis* (papa vento); *aves tais como*: *Columbina talpacoti* (rola caldo de feijão), *Tyto alba* (Rasga Mortalha), *Hirundineos* (Andorinhas), *Agelaius ruficapillus* (Papa arroz), *Coereba flaveola* (Sibite), *Euphonia chlorotica* (Vem-Vem), *Fringilideos* (Campina, Papa, Golinha), *Passer domesticus* (Pardal), *Gnorimopsar chopi* (Graúna), *Zenaida auriculata* (Avoante); *entre as espécies de ofídios e mamíferos, destacam-se*: *Boa constrictor* (Jibóia), *Oxybelis sp.* (Cobra de Cipó), *Bothrops erytromelas* (Jararaca), *Spilotis pulatus* (Caninana), *Philodryas sp.* (Cobra Verde), *Pseudoboa nigra* (Cobra Preta), *Didelphis sp.* (Cassaco), *Cavia aperea* (Preá) (FERNANDES, 1990).

Tratando-se do ambiente de várzea e ribeirão, destacam-se as seguintes espécies animais: *peixes* – *Geophagus brasiliensis* (Cará), *Hoplias malabaricus* (Traíra), *Hypostomus nudiventris* (Bodó), *Astyanax ssp.* (Piaba); *quanto ao anfíbios* – *Bufo sp.* (Cururu), *Leptodactylus ssp.* (Jia), *Hyla sp.* (Rã); *ofídeos* – *Liophis miliaris* (Cobra d'água), *Micrurus ibiboboca* (Cobra Coral); *répteis* – *Cnemidophorus ocellifer* (Tijubina), *Topidurus torquatus* (Calango); *aves* - *Columbina talpacoti* (rola caldo de feijão), *Crotophaga ani* (Anu Preto), *Furnarius figulus* (Papa arroz), *Sporophila albogularis* (Golinha), *Passer domesticus*

Na região da bacia do rio Cruxati, a unidade fisionômica de maior representatividade é a Caatinga Arbustiva Aberta, em razão da degradação sofrida pela caatinga arbórea ou devido à limitação dos fatores naturais, sendo ainda possível a identificação de dois substratos, um arbustivo/sub-arbustivo e outro gramíneo-herbáceo.

## **6 APLICAÇÃO DO ESTADO DE DEGRADAÇÃO FÍSICA-AMBIENTAL (EDFA) E DO ESTADO DE PRESSÃO SOCIOECONÔMICA E SOCIOAMBIENTAL (EPSS) NA BACIA DO CRUXATI**

Nesse capítulo será realizada a exposição dos resultados obtidos a partir da elaboração dos indicadores que compõem o Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA) e o Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS), que integram a proposta do “Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de Bacias Hidrográficas Semiáridas do Nordeste Setentrional”.

Será exposto dentro do EPSS um diagnóstico socioeconômico com base em dados dos setores censitários (IBGE, 2010), com variáveis elencadas para a área de estudo e que demonstram o grau de interferência da população sobre os recursos naturais. Também será realizado um levantamento de dados sobre renda, educação e agropecuários para os municípios que estão inseridos no contexto da bacia, sendo eles: Mirafima com uma população de 12.800 habitantes, Amontada com 39.232 habitantes e Itapipoca com 116.065 habitantes (IBGE, 2010).

Como forma de demonstrar os resultados também será exposto os produtos geocartográficos do EDFA e as matrizes interativas de caráter quali-quantitativo do EPSS.

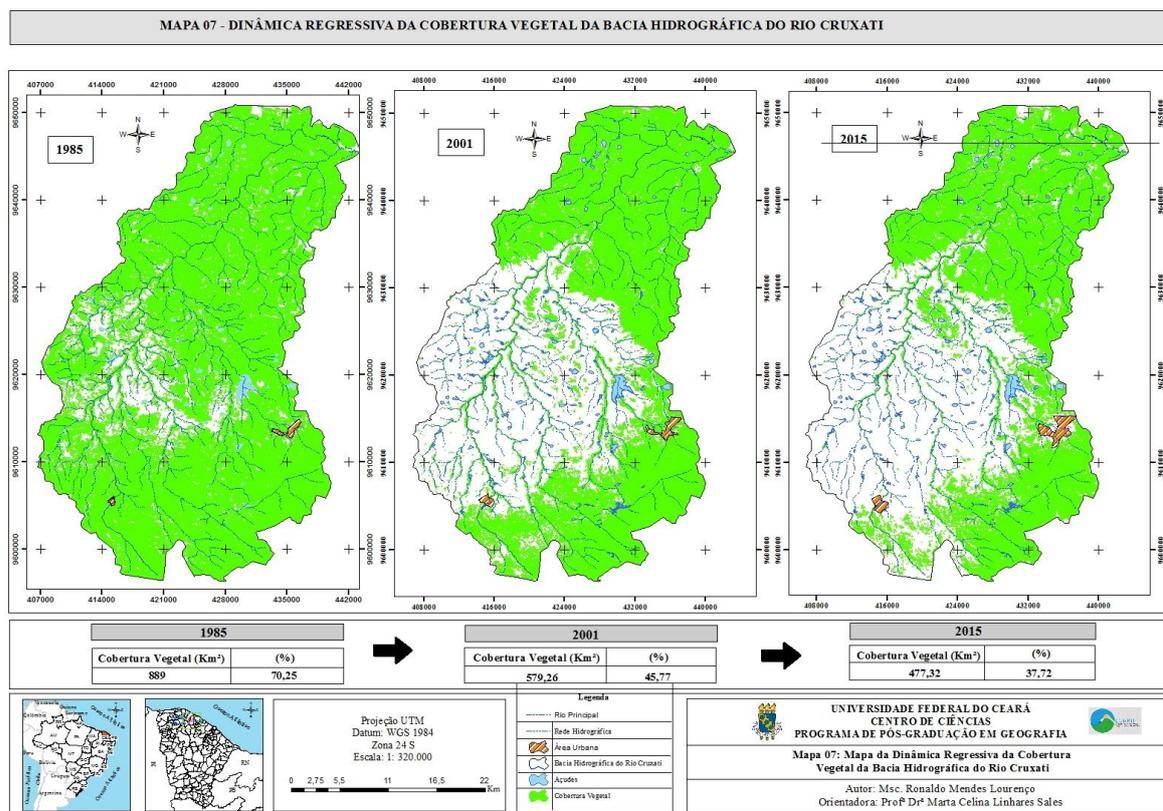
### **6.1 Projeção dos resultados do Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA) na bacia do Cruxati**

#### *6.1.1 Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal (DRCV) para os períodos de 1985, 2001 e 2015*

A dinâmica regressiva da cobertura vegetal demonstra um processo de degradação espaço-temporal da vegetação na área de estudo nos anos de 1985, 2001 e 2015, e possibilita também compreender as transformações ocorridas ao longo desse período. Cabe salientar, que a escolha desses anos está associada à disponibilidade de imagens de satélites para a área de estudo.

O mapa 07 evidencia o processo de regressão da cobertura vegetal. A tabela 07 faz uma demonstração do processo de regressão da vegetação ao longo dos anos já citados.

### Mapa 07 – Dinâmica regressiva da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Tabela 07 - Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal para os períodos de 1985, 2001 e 2015.

Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal para os períodos de 1985, 2001 e 2015		
Ano	Área da Cobertura Vegetal (Km²)	Área da Cobertura Vegetal (%)
1985	889 km²	70,25
2001	579,26	45,77
2015	477,32	37,32

Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

A partir da tabela 07, nota-se que ocorreu um processo de regressão da cobertura vegetal na área de estudo. Observa-se uma perda no ano de 1985 para 2001 de 309,74 km² de cobertura vegetal, equivalendo a uma perda de 34,84% de vegetação.

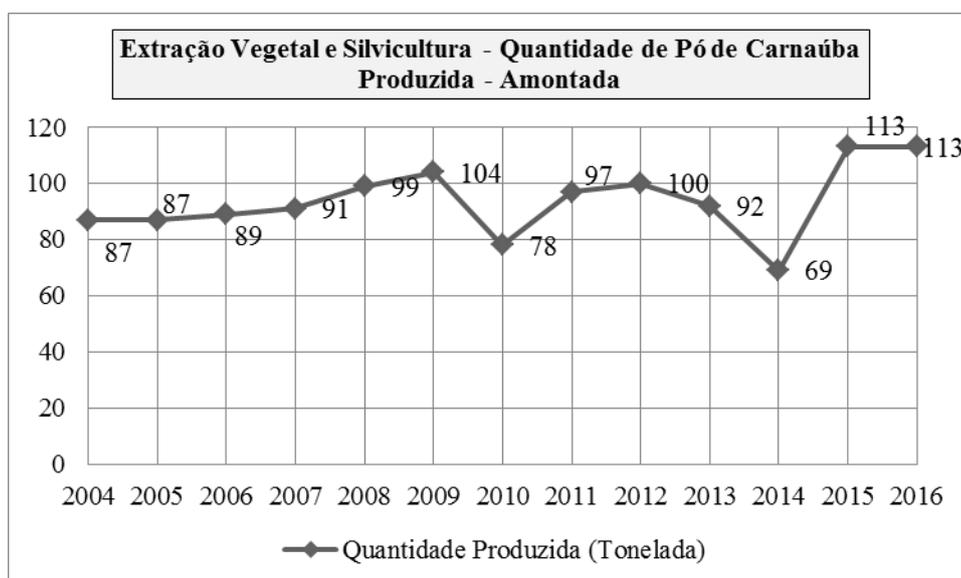
Comparando o ano de 1985 com 2015, nota-se que ocorreu uma perda de 411,68 km² de cobertura vegetal, o que corresponde a uma regressão de 53,69% da vegetação. Comparando o processo regressivo entre 2001 e 2015, observa-se uma redução de 101,94 km² de cobertura vegetal, equivalendo a 8,45% de regressão da vegetação. Dessa forma, observando Tricart (1977), a área de estudo encontra-se em um ambiente de instabilidade

ecodinâmica que associa-se a dinâmica regressiva da perda da cobertura vegetal, também acentuada pela severidade imposta pelo clima semiárido.

Ao longo do período analisado foi constatado um avanço do processo de degradação/regressão da cobertura vegetal. Entre os fatores associados a esse cenário, estão: o processo de apropriação insustentável dos recursos naturais, o desmatamento da Caatinga para o aproveitamento energético, as queimadas que estão associadas à expansão das atividades agrosilvopastoris, ao sobrepastoreio sobre o solo que dificulta o processo de regeneração da vegetação.

Os gráficos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09 retratam a extração vegetal e a silvicultura que ocorreu nos municípios de Amontada, Miraíma e Itapipoca a partir da quantidade produzida de pó da carnaúba (Cera), carvão vegetal e lenha, durante o período de 2004 a 2016 (IBGE, 2017). Esses gráficos demonstram o processo de apropriação do recurso natural vegetação ao longo desse período e nos ajuda a compreender melhor o processo de exploração da cobertura vegetal. A quantidade produzida de lenha é dada em metro cúbico (m<sup>3</sup>), que corresponde a madeira empilhada nos mesmo moldes (1 m de largura x 1 m de comprimento x 1 m de altura) sem espaços vazios, onde as peças (tábuas, dormentes, vigas, etc) se encaixam com perfeição.

Gráfico 01 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Pó de Cera Produzida no Município de Amontada.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

O gráfico 01 evidencia que no período de 2004 a 2009, de 2011 a 2013 e de 2015 a 2016, ocorreu uma maior quantidade produzida de pó da Carnaúba em toneladas no

município de Amontada, intensificando o processo de exploração agroextrativista. O gráfico 02 apresenta a quantidade de carvão vegetal.

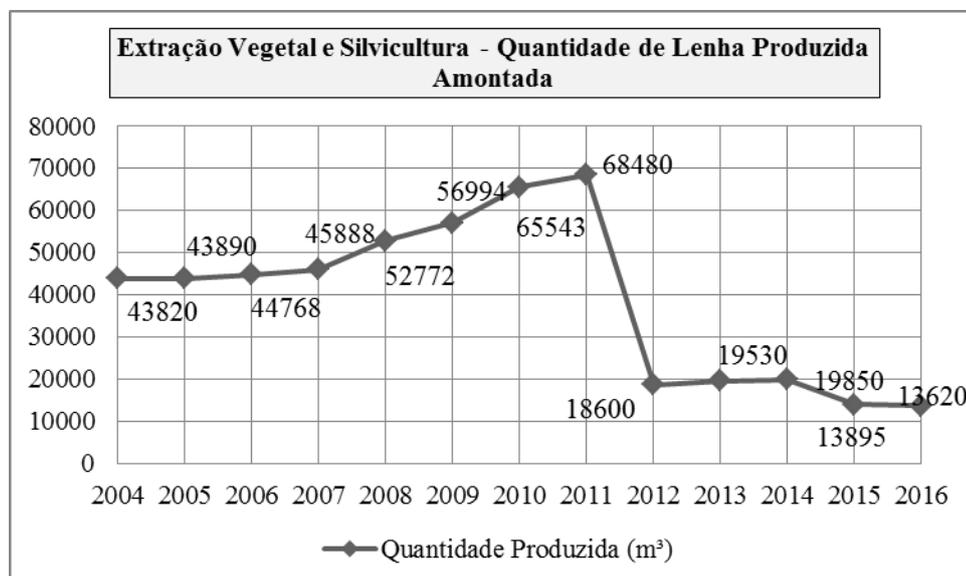
Gráfico 02 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Carvão vegetal no Município de Amontada.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Nota-se um aumento do processo de exploração da madeira para a produção de carvão vegetal, prática comum em carvoarias localizadas nos sertões do Cruxati. A partir do ano de 2005 até o ano de 2014, observa-se um aumento da pressão sobre a vegetação da Caatinga para a produção de carvão, dificultando o seu processo de regeneração. O gráfico 03 apresenta a quantidade de lenha produzida durante a série histórica disponibilizada pelo banco de dados do IBGE (2017).

Gráfico 03 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Lenha Produzida no Município de Amontada.

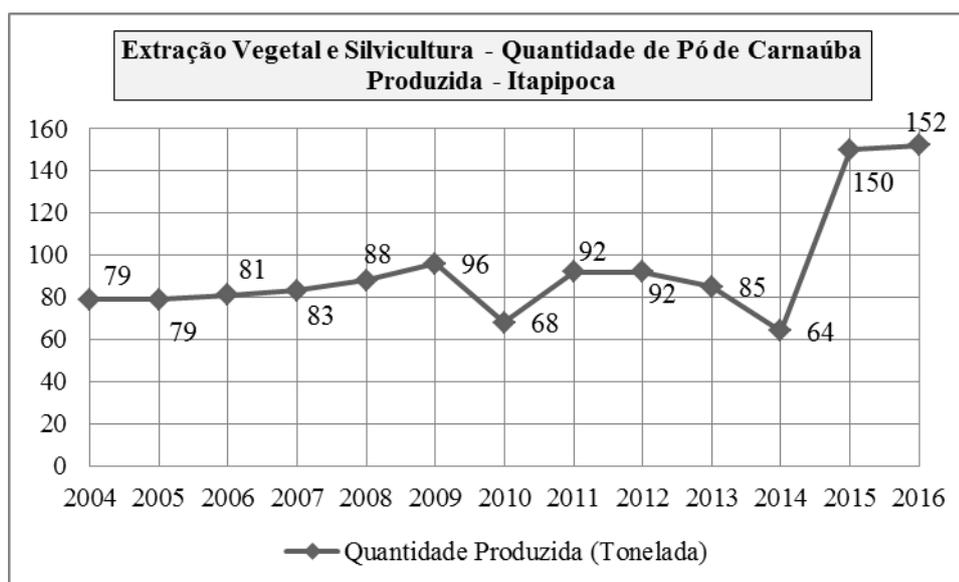


Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

No período de 2004 a 2011, ocorreu um aumento do processo de exploração da vegetação para a produção de lenha, sendo que a partir de 2012, evidencia-se uma queda da produção. Isso pode está associado ao período de seca e de baixa reposição da cobertura vegetal e a deficiente quadra chuvosa que ocorreu na região da bacia a partir do ano de 2012.

O gráfico 04 apresenta quantidade em tonelada explorada do pó de carnaúba para produção de cera. A cera da Carnaúba é muito utilizada na indústria alimentícia (por exemplo, em doces e chicletes), na indústria farmacêutica e na produção de impermeabilizantes, tintas e embalagens, entre outras aplicações. Entre os três municípios analisados, Itapipoca é o que apresenta a maior quantidade produzida em toneladas para o pó de Carnaúba.

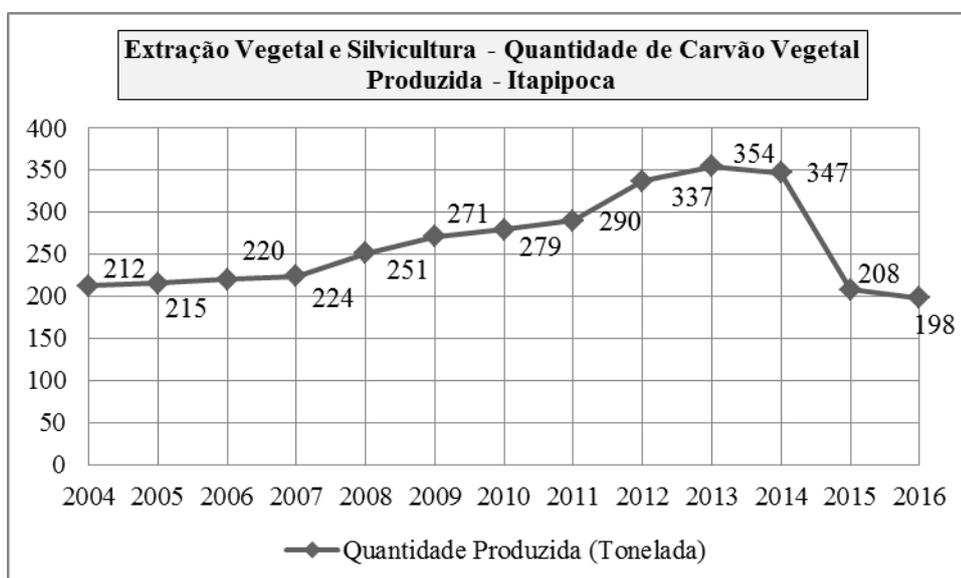
Gráfico 04 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Pó de Carnaúba Produzida no Município de Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Entre os anos de 2004 a 2009, ocorreu um processo de crescimento da exploração na área de estudo, tendo seu ápice no ano de 2016 com 152 toneladas extraídas. O gráfico 05, traz a série histórica para a quantidade produzida de carvão vegetal no município de Itapipoca.

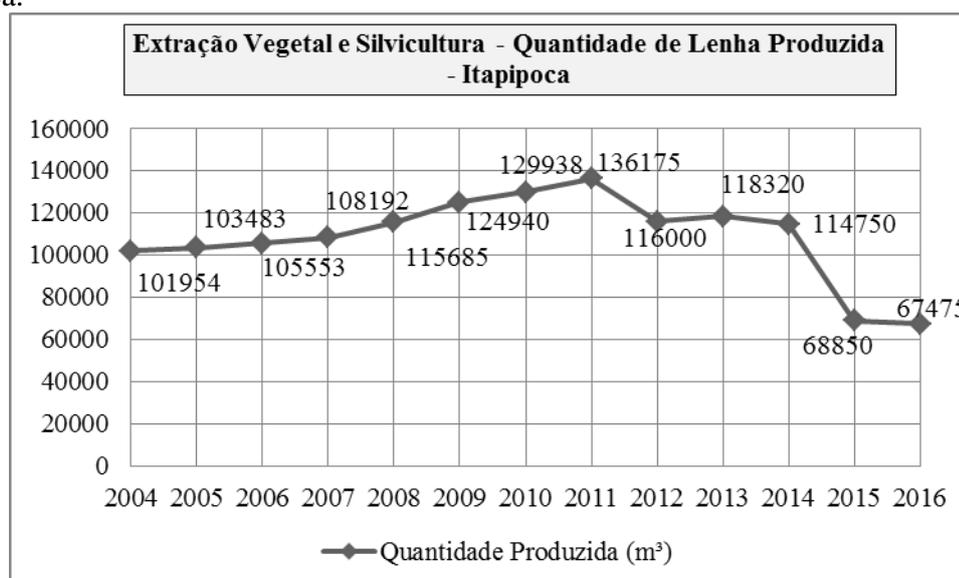
Gráfico 05 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Carvão Vegetal Produzida no Município de Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

De 2004 a 2014, ocorreu um aumento da exploração de madeira para a produção de carvão vegetal no município, merecendo destaque o ano de 2013 com 354 toneladas produzidas. O gráfico 06 traz a quantidade de lenha produzida durante a série histórica.

Gráfico 06 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Lenha Produzida no Município de Itapipoca.



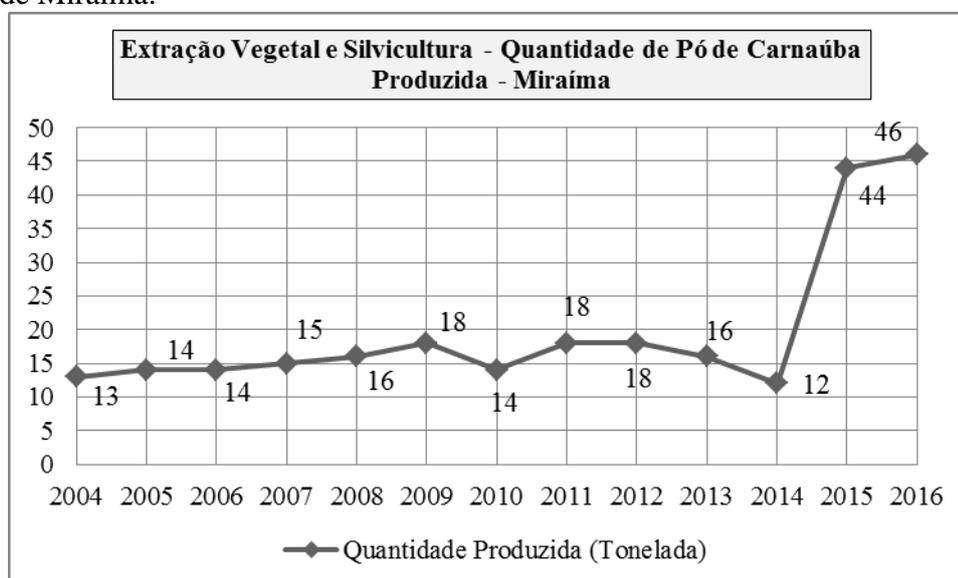
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Percebe-se que de 2004 a 2011, teve-se um aumento gradativo do processo de exploração da biomassa para a fabricação de lenha, destacando-se o ano de 2011, com 136175 toneladas produzidas.

As explorações agrossocioeconômicas vêm intensificando o processo de degradação na região da bacia hidrográfica, particularmente, isso se torna evidente na exposição do solo a processos erosivos, que se desencadeiam devido à falta de proteção da cobertura vegetal.

O gráfico 07 expõe a quantidade produzida de pós de Carnaúba no município de Miraíma.

Gráfico 07 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Pó de Carnaúba Produzida no Município de Miraíma.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

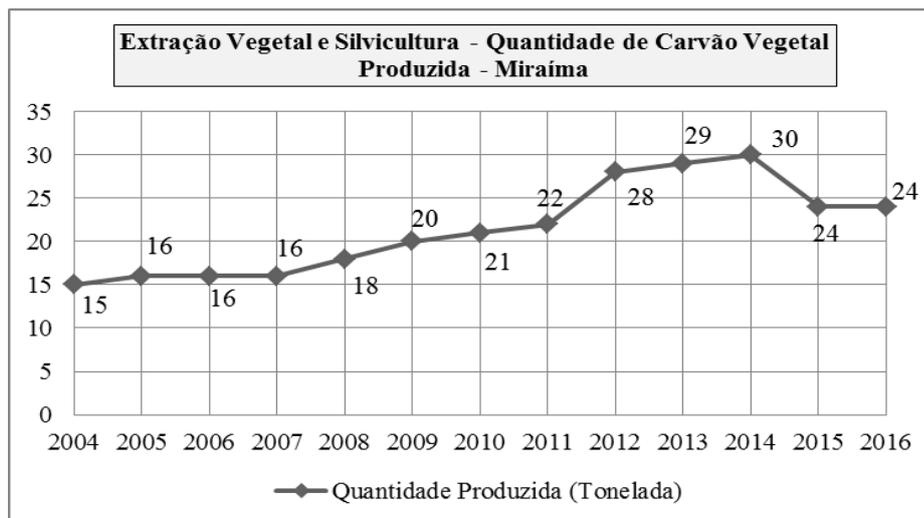
O município de Miraíma encontra-se situado em uma Área Susceptível à Desertificação (ASD) de Irauçuba/Centro-Norte, apresentando um nível de ocorrência do fenômeno classificado entre grave e muito grave (CEARÁ, 2010).

As atividades agropastoris existentes no município, colaboraram para a formação de um geoambiente caracterizado por uma ecodinâmica instável e de intensa fragilidade ambiental. As atividades agrosilvopastoris levam ao desmatamento e a degradação ambiental e, conseqüentemente, ao desencadeamento de processos erosivos na área. A baixa produtividade do pó de Carnaúba está associada aos processos ou a combinação de processos impulsionados pela ação antrópica sobre os recursos naturais. Observa-se que os anos que evidenciaram as maiores taxas de produção foram os de 2015 e 2016, como também ocorreu

em Amontada e Itaipoca. Esse aumento pode está associado ao maior índice pluviométrico ocorrido nesses anos.

O gráfico 08 demonstra a quantidade de carvão vegetal produzida no município de Miraíma. Comparando com a produção dos municípios de Amontada e de Itaipoca, Miraíma evidencia as menores taxas.

Gráfico 08 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Carvão Vegetal Produzida no Município de Miraíma.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Os anos que evidenciaram as maiores quantidades de produtividade foram os de 2013 e 2014. O gráfico 09 expõe a quantidade produzida de lenha no município de Miraíma. Destaque para o ano de 2014 com produtividade

Gráfico 09 - Extração Vegetal e Silvicultura – Quantidade de Lenha Produzida no Município de Miraíma.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

As análises de extração vegetal e de silvicultura para os municípios que estão inseridos no contexto da bacia hidrográfica do rio Cruxati, demonstram a apropriação do recurso natural vegetal e fundamentam as análises da dinâmica regressiva da cobertura vegetal.

A degradação indiscriminada da vegetação da Caatinga arbustiva aberta e da Caatinga arbustiva densa especializadas pela depressão sertaneja, do Complexo vegetacional da zona litorânea na região de tabuleiro costeiro, das matas secas e úmidas serranas e das matas ciliares compromete os processos naturais ligados: a regeneração das espécies lenhosas da Caatinga, que estão submetidas às práticas agroextrativistas e ao sobrepastoreio; a recarga do lençol subterrâneo de água; impulsionam a expansão de processos erosivos laminares acelerados, provocando o surgimento de solos desnudos e afloramentos rochosos; a perda da fertilidade natural dos solos; o empobrecimento da biodiversidade e a configuração de áreas desertificadas.

Dessa forma, baseando-se na classificação proposta para a Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal (DRCV) para os períodos de 1985, 2001 e 2015. E com base no mapa 07, que a área de estudo ao longo do período analisado, enquadra-se nas seguintes classes de exposição observadas na tabela 08.

Tabela 08 - Classes de Exposição da Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal (DRCV) - 1985, 2001 e 2015.

Classes de Exposição da Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal - 1985, 2001 e 2015		
Ano	Área da Cobertura Vegetal (%)	Classe de Proteção
1985	70,25	Alta
2001	45,77	Baixa
2015	37,32	Baixa

Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

O ano de 1985 apresenta-se como o ano de maior classe de proteção da cobertura vegetal, seguindo os anos de 2001 e de 2015 com classe de baixa proteção.

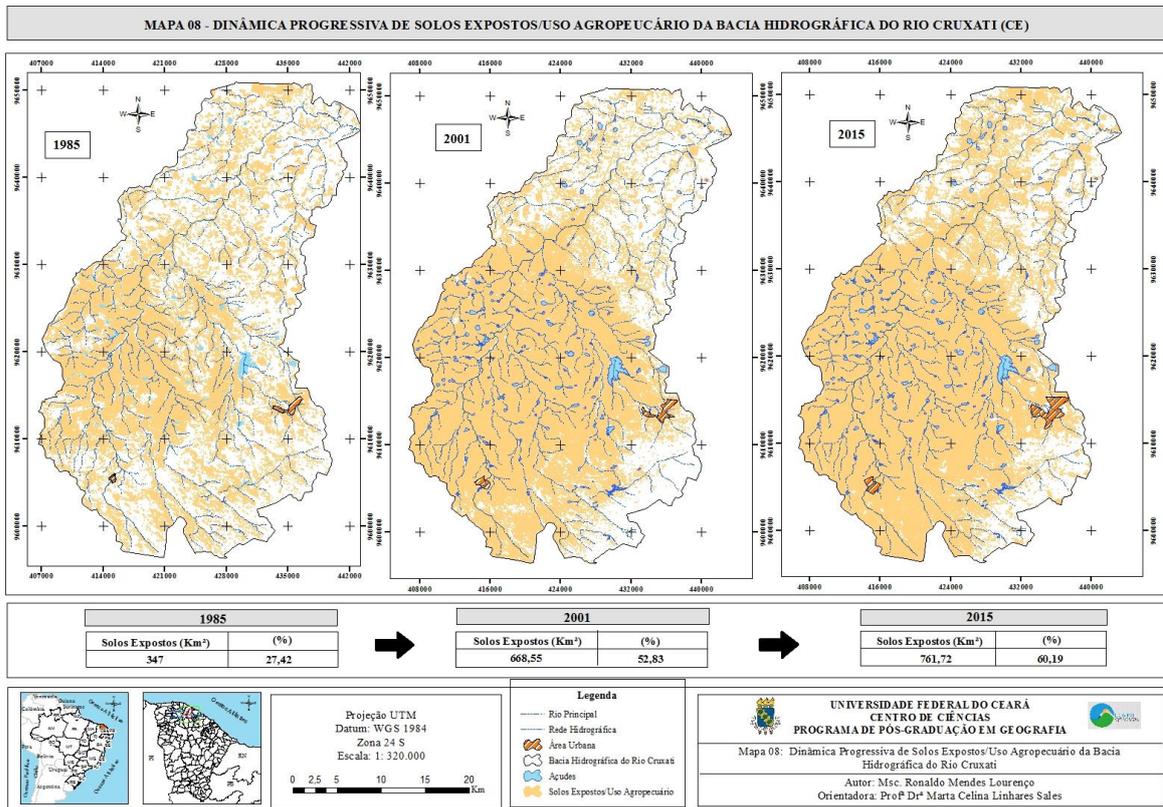
### 6.1.2 Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário (DPSEUA) para os períodos de 1985, 2001 e 2015

A dinâmica progressiva de solos expostos está associada à pressão imposta pelas atividades agropecuárias. A utilização intensiva ligada ao manejo inadequado do solo, sem pousio e técnicas de conservação, desencadeia o surgimento de processos erosivos e compromete a capacidade produtiva, repercutindo diretamente na vida populações sertanejas. Nota-se também que a pecuária extensiva e as práticas agroextrativistas são desenvolvidas

sem considerar a capacidade de suporte da região, promovendo a compactação do solo e dificultando a regeneração da cobertura vegetal.

A análise espaço-temporal da dinâmica progressiva de solos expostos/uso agropecuário da área de estudo, também levou em consideração os anos de 1985, 2001 e 2015. Ocorreu um processo regressivo de conservação dos solos ao longo dos anos analisados, que se associa as práticas socioeconômicas e de uso e ocupação insustentáveis desenvolvidas na região. A DPSEUA possibilitou compreender as transformações ocorridas ao longo desse período. O mapa 08 evidencia o processo de regressão dos solos expostos na região da bacia do rio Cruxati. A tabela 09 faz uma demonstração do processo de regressão dos solos ao longo dos anos já citados.

Mapa 08 – Dinâmica Progressiva de solos expostos/uso agropecuário da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

Tabela 09 - Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário (DPSEUA) para os períodos de 1985, 2001 e 2015.

<b>Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário (DRSEUA) para os períodos de 1985, 2001 e 2015</b>		
Ano	Solos Expostos (Km <sup>2</sup> )	Solos Expostos (%)
1985	347	27,42
2001	668,55	52,83
2015	761,72	60,19

Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

Com base na tabela 09, observa-se que ocorreu um aumento no processo de regressão do estado de conservação dos solos na área de estudo. Em uma análise comparativa, no ano de 1985 para 2001, houve um aumento de 321,55 km<sup>2</sup> de solos expostos, equivalendo a um aumento de 25,41% de exposição.

Comparando o ano de 1985 com 2015, nota-se que ocorreu um aumento de 414,72 km<sup>2</sup> de exposição de solos exposto, o que corresponde a um estado de regressão da conservação na área de 32,77%. Comparando o processo regressivo entre 2001 e 2015, observa-se um avanço de 93,17 km<sup>2</sup> de exposição, equivalendo a 7,36%.

Os gráficos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 evidenciam a dinâmica socioeconômica estabelecida pelo desenvolvimento de lavouras temporárias (feijão, mandioca e milho) e da pecuária (efetivo de rebanhos bovinos, ovinos e caprinos) presentes nos municípios da bacia.

A escolha das lavouras temporárias e dos efetivos de rebanho estão associada à disponibilidade de dados para a área de estudo, a partir de IBGE (2017). Esses gráficos demonstram a pressão exercida por tais atividades sobre o solo, durante a série histórica analisada entre os anos de 2004 a 2016, visto que o desenvolvimento delas promovem grande impacto, que vão desde ao desgaste das camadas mais superficiais do solo pelo uso de queimadas no preparo da terra para o plantio, até o pisoteio dos rebanhos sobre o solo já degradado, intensificando o processo de compactação e de impedimento da regeneração da cobertura vegetal. Como se pode observa na figura 11.

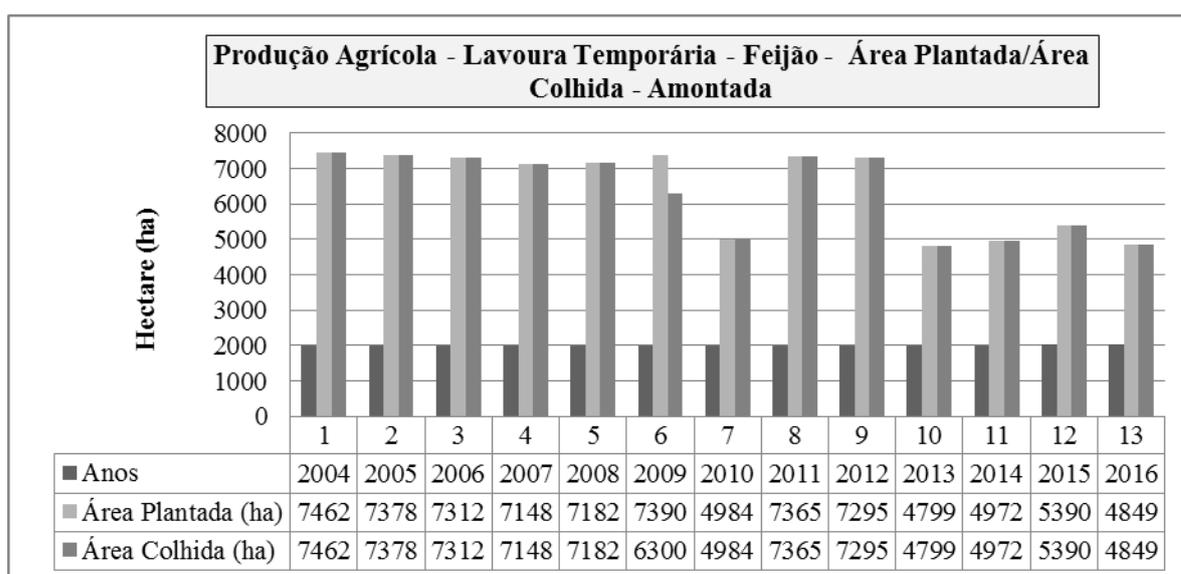
Figura 11 - Área de lavoura temporária submetida à queimada para o preparo do solo.



Fonte: Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

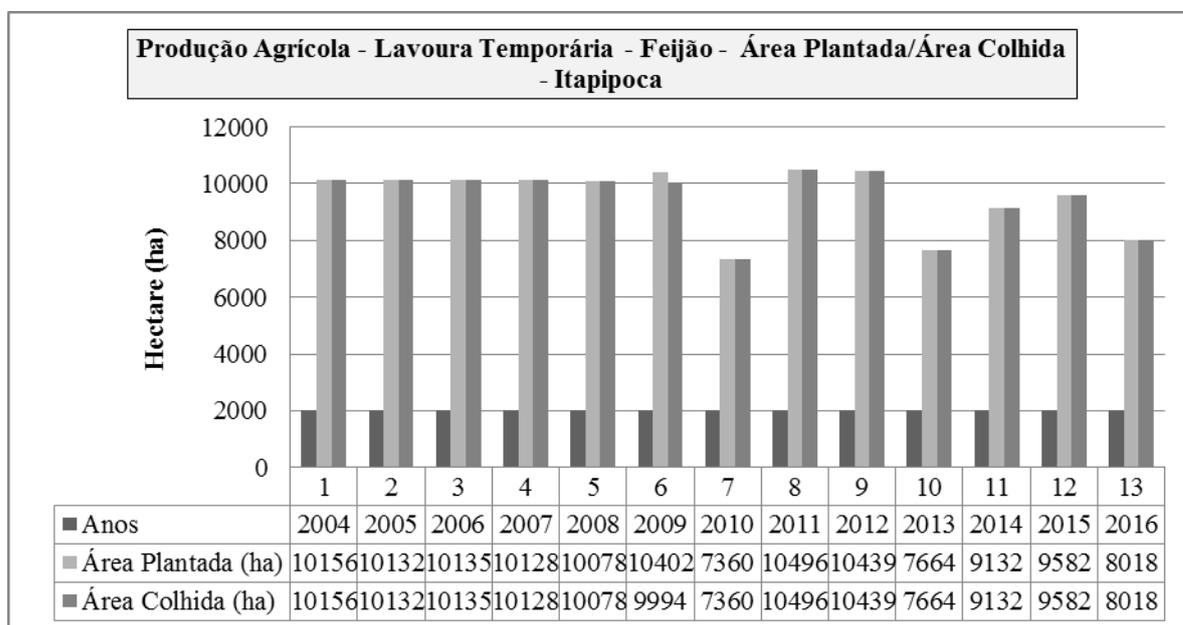
Os gráficos 10, 11 e 12 trazem informações sobre a relação entre a área plantada e a área colhida para as culturas de feijão nos municípios inseridos na região da bacia.

Gráfico 10 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Feijão – Área Plantada e Área Colhida no município de Amontada.



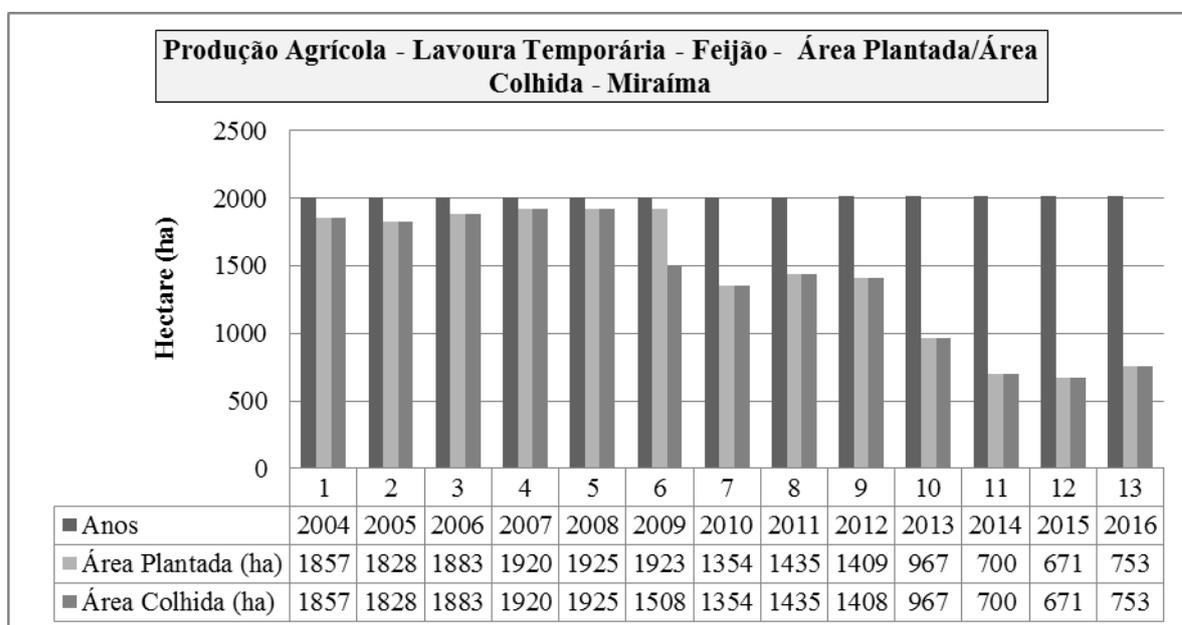
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 11 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Feijão – Área Plantada e Área Colhida no município de Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 12 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Feijão – Área Plantada e Área Colhida no município de Miraíma.

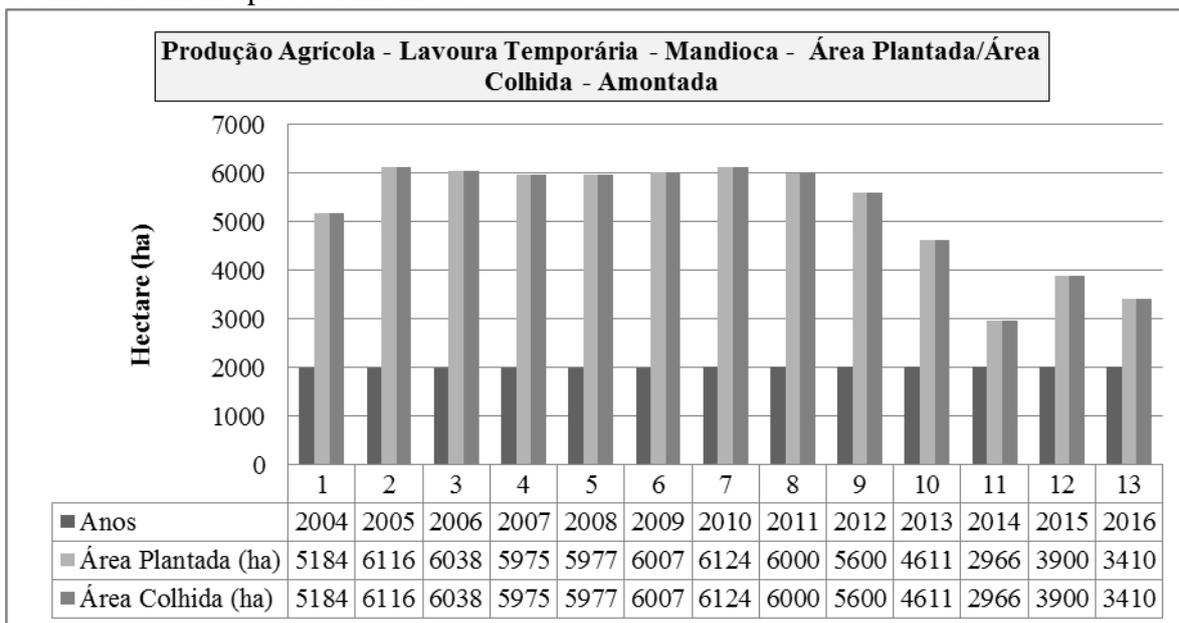


Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

No gráfico 10, o ano de 2009, evidenciou uma redução da área colhida, quando comparada com a área plantada de 1.090 hectares. O gráfico 11 também demonstra que apenas no ano de 2009, a relação entre a área plantada e a área colhida não foi positiva, ocorrendo uma perda de 408 hectares de área plantada. No gráfico 12, o ano de 2009 ocorreu

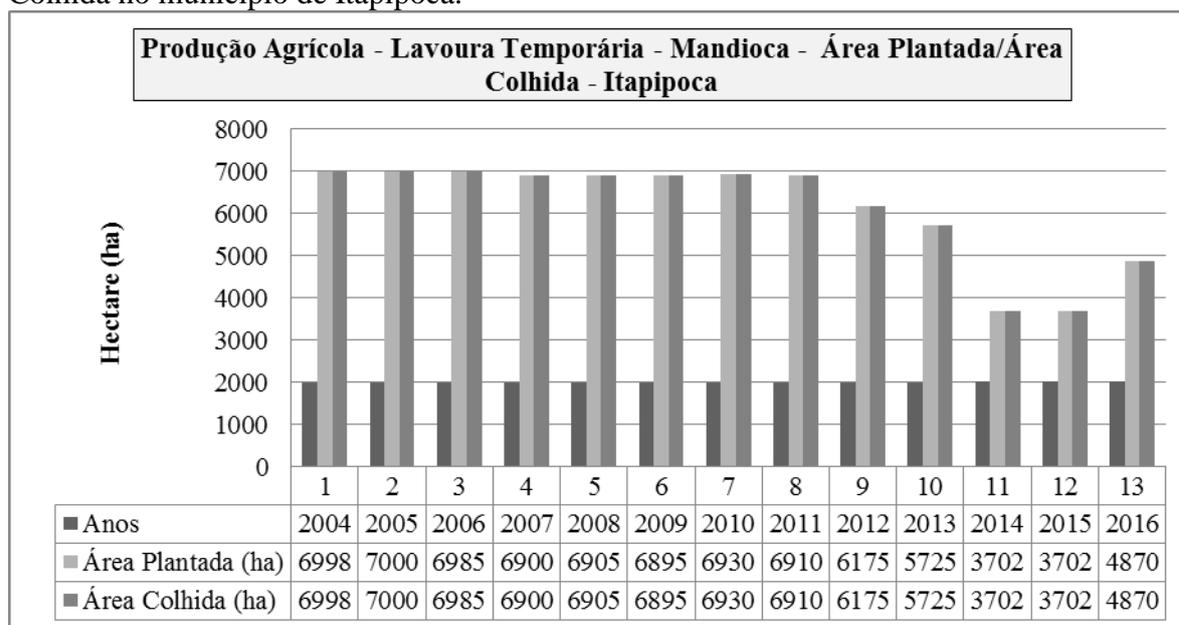
uma redução da área colhida de 415 hectares. É perceptível que 2009, foi um ano em que a relação entre a área plantada e a área colhida foi desigual. Isso pode está associado aos eventos pluviométricos extremos ocorridos no Estado no ano de 2009. Os gráficos 13, 14 e 15 demonstram a relação entre a área plantada e a área colhida da cultura de mandioca nos municípios.

Gráfico 13 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Mandioca – Área Plantada e Área Colhida no município de Amontada.



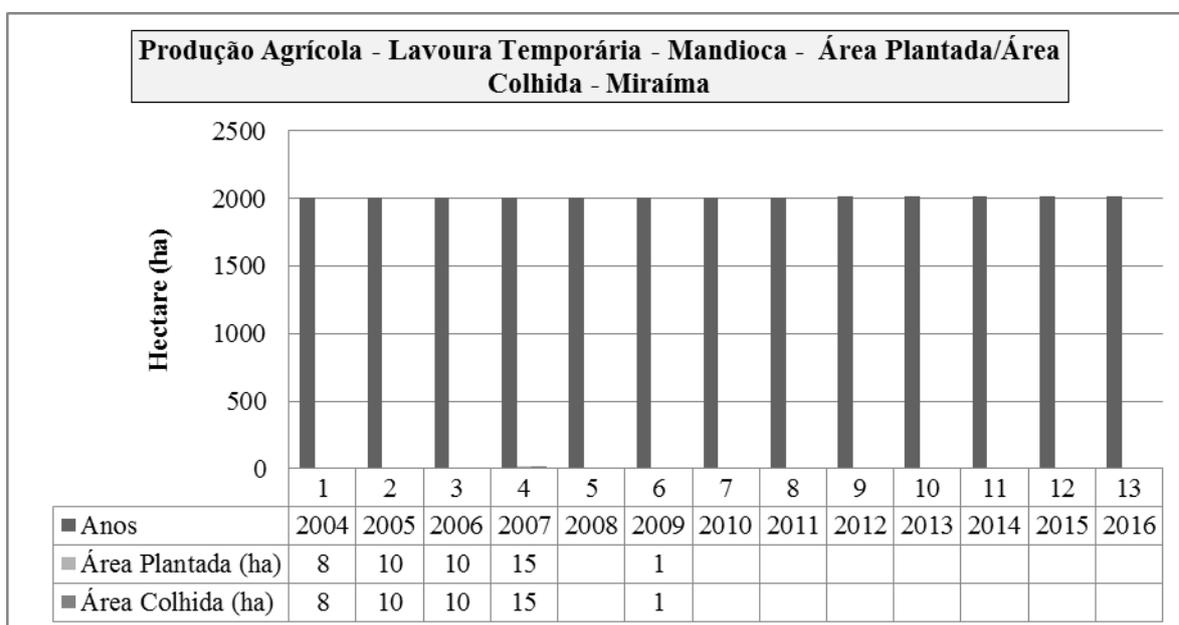
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 14 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Mandioca – Área Plantada e Área Colhida no município de Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

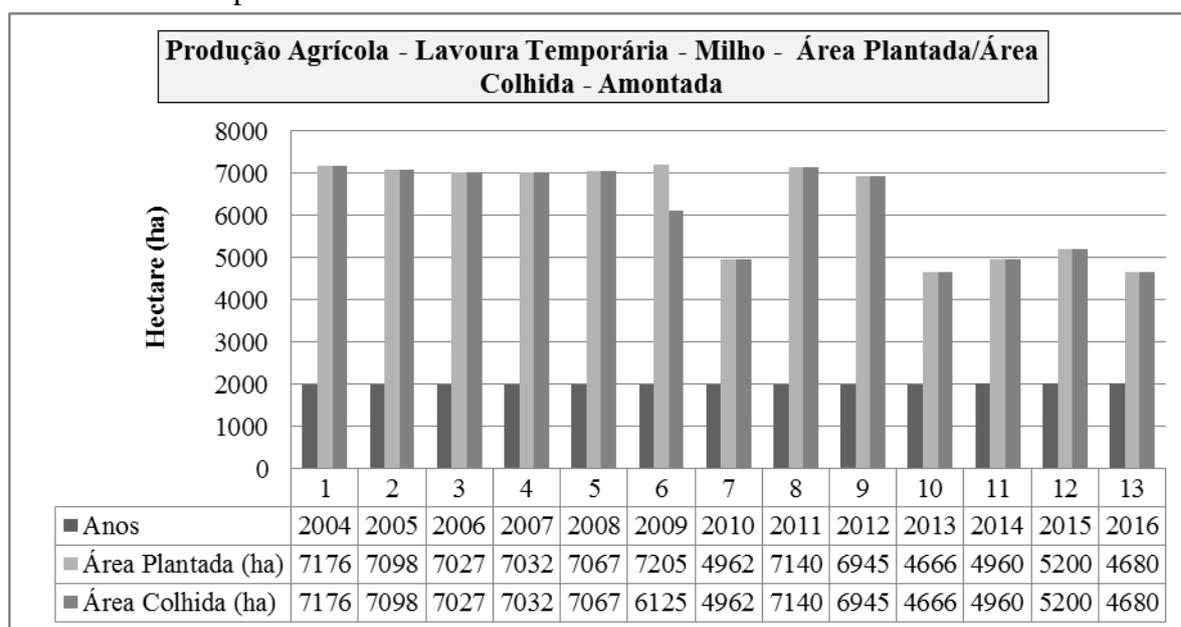
Gráfico 15: Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Mandioca – Área Plantada e Área Colhida no município de Miraíma.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

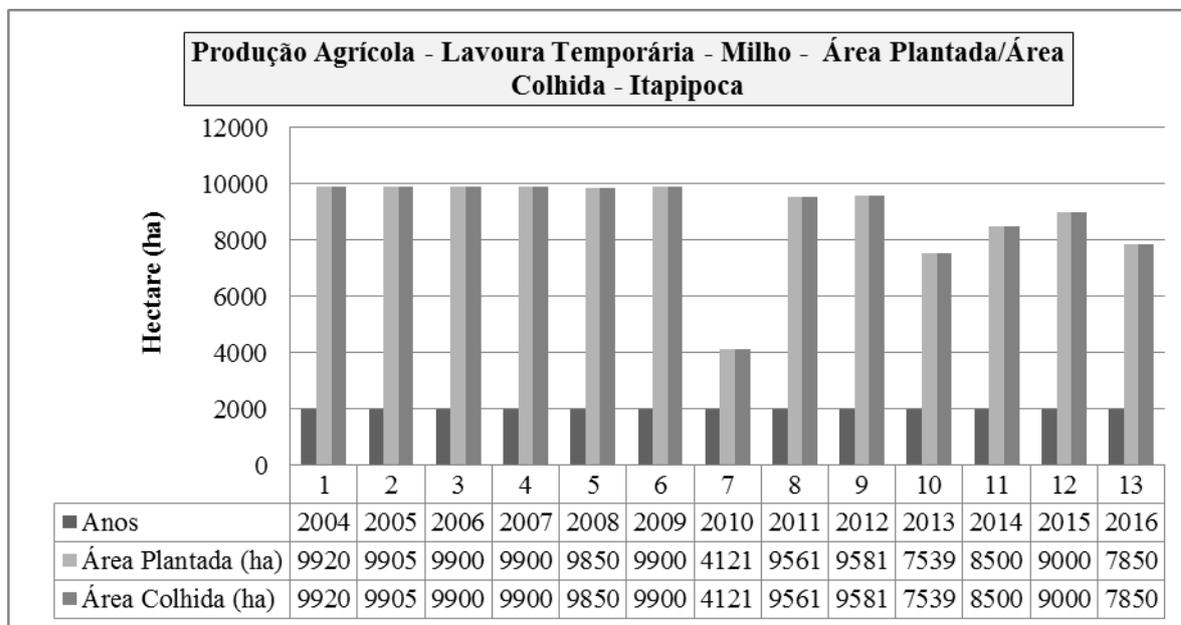
Nos gráficos para a cultura temporária de mandioca, observa-se que não ocorreu alteração entre a área plantada e a área colhida para essa cultura. No gráfico 15, alguns anos aparecem em sem dados, devido à falta do registro pelo IBGE (2017). Os gráficos 16, 17 e 18 evidenciam a relação entre a área planta e colhida da cultura do milho nos municípios.

Gráfico 16 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Milho – Área Plantada e Área Colhida no município de Amontada.



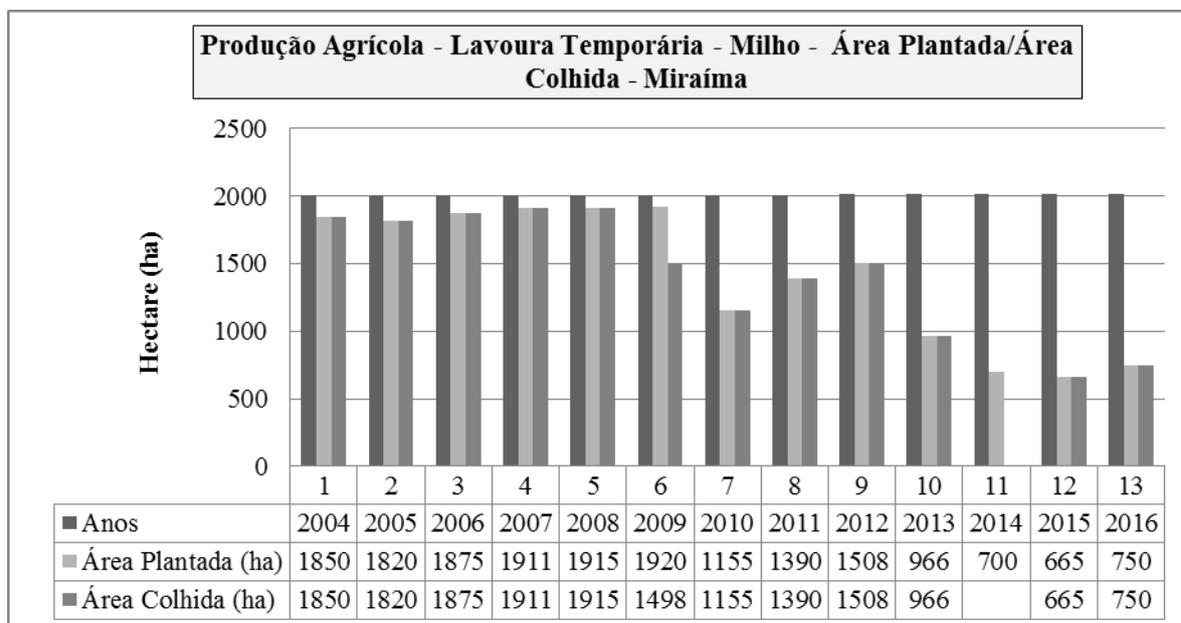
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 17 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Milho – Área Plantada e Área Colhida no município de Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 18 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de Milho – Área Plantada e Área Colhida no município de Miraíma.

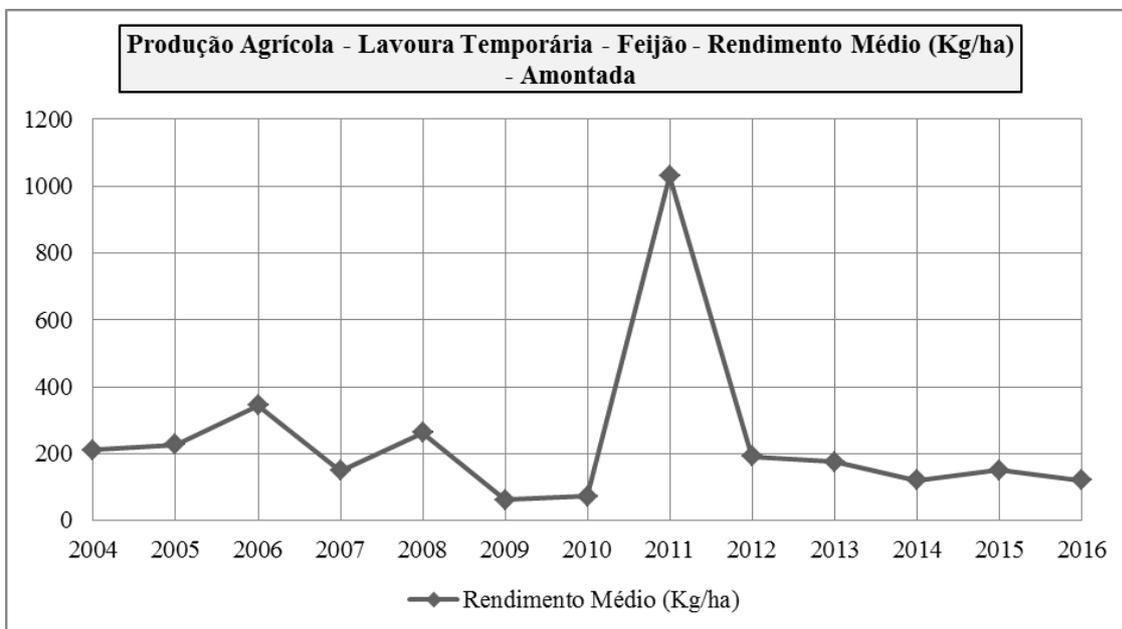


Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Os gráficos 16 e 18 evidenciam uma redução da área colhida nos anos de 2009. Em Amontada ocorreu uma perda de 1.080 hectares, já em Miraíma ocorreu uma perda de

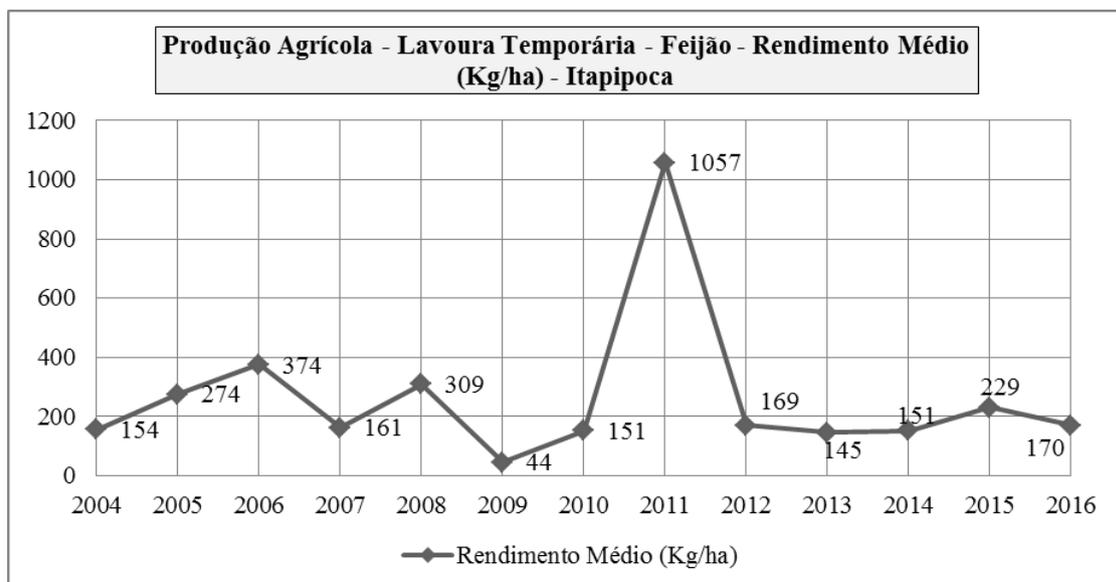
422 hectares. Em Itapipoca não ocorreu alteração. Os gráficos 19, 20 e 21 demonstram o rendimento médio (kg/ha) da cultura temporária de feijão nos municípios.

Gráfico 19 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de feijão – Rendimento Médio no município de Amontada.



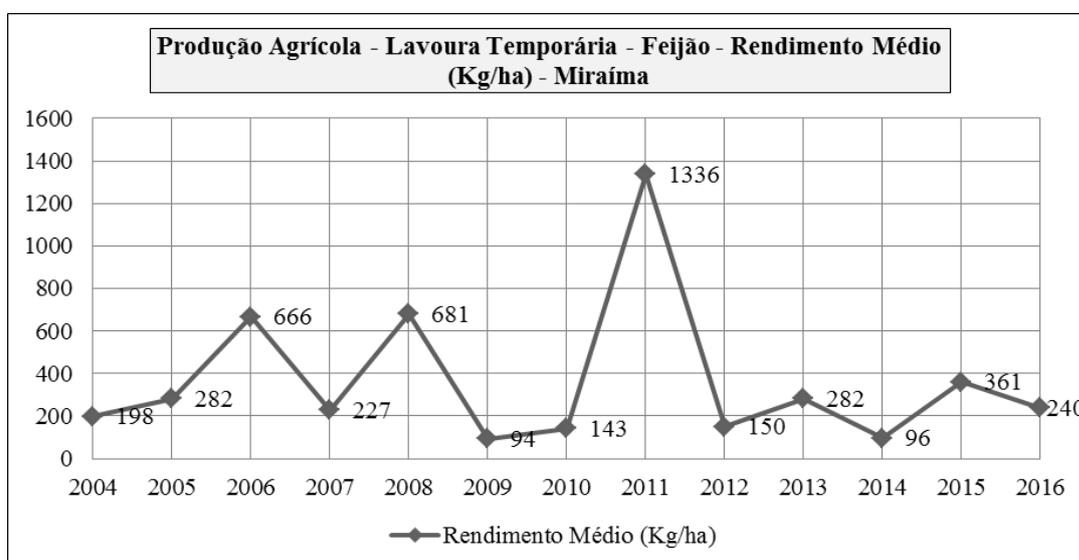
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 20 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de feijão – Rendimento Médio no município de Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

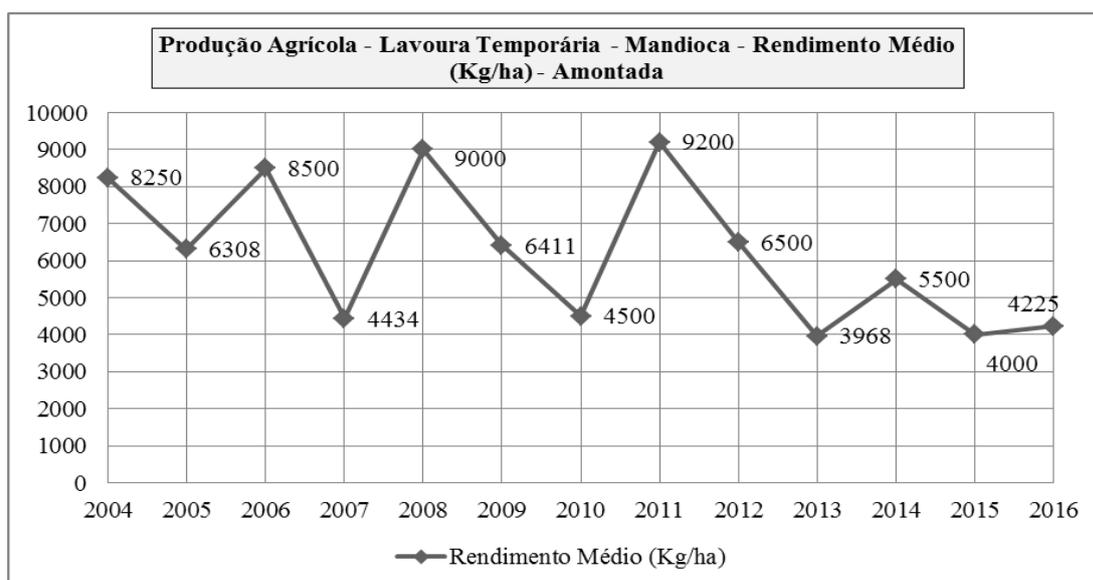
Gráfico 21 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de feijão – Rendimento Médio no município de Miraíma.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

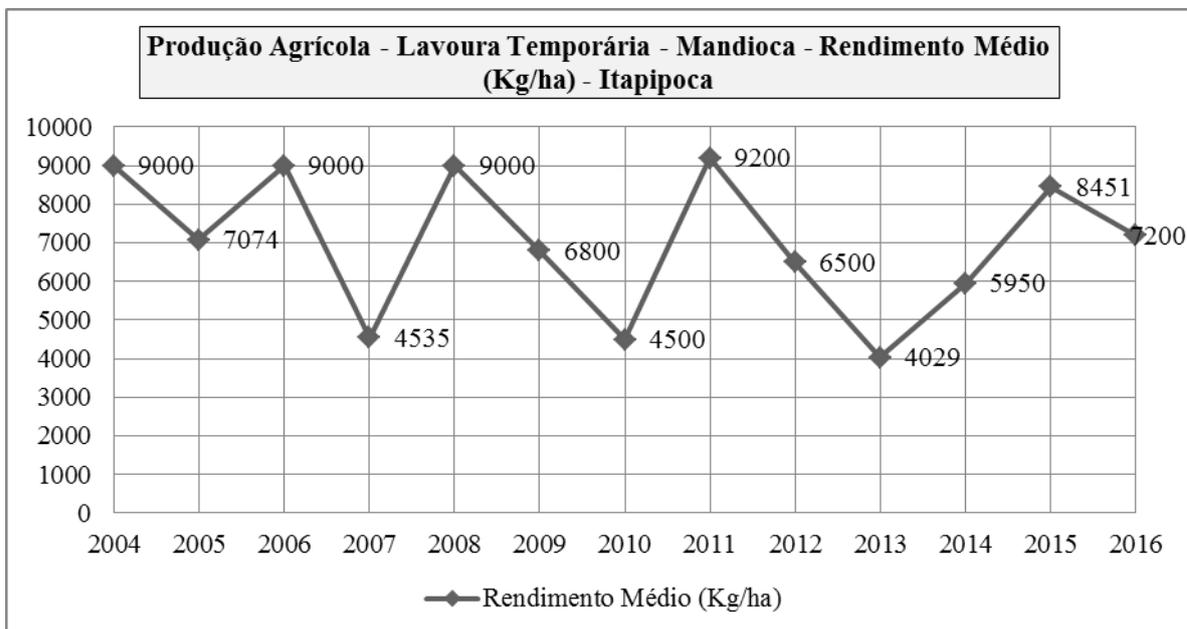
Os gráficos evidenciam que o ano de 2011, foi dentro da série analisada, o melhor rendimento médio de produção da cultura. Nos outros períodos, observam-se oscilações do rendimento alcançado. Essa condição pode está associada ao atraso na semeadura que pode resultar em perdas, ao déficit hídrico e a temperatura do ar (CRUZ *et al.*, 2009?). Os gráficos 22, 23 e 24 apresentam o rendimento médio da cultura da mandioca.

Gráfico 22 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de mandioca – Rendimento Médio no município de Amontada.



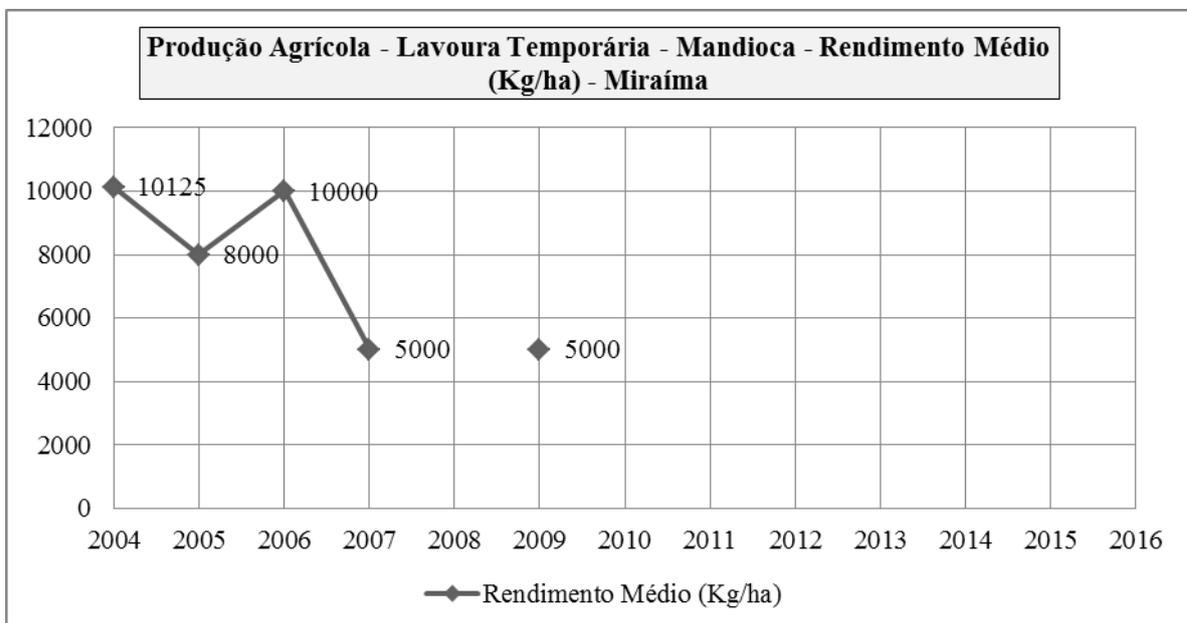
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 23 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de mandioca – Rendimento Médio no município de Itaipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 24 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de mandioca – Rendimento Médio no município de Miraima.



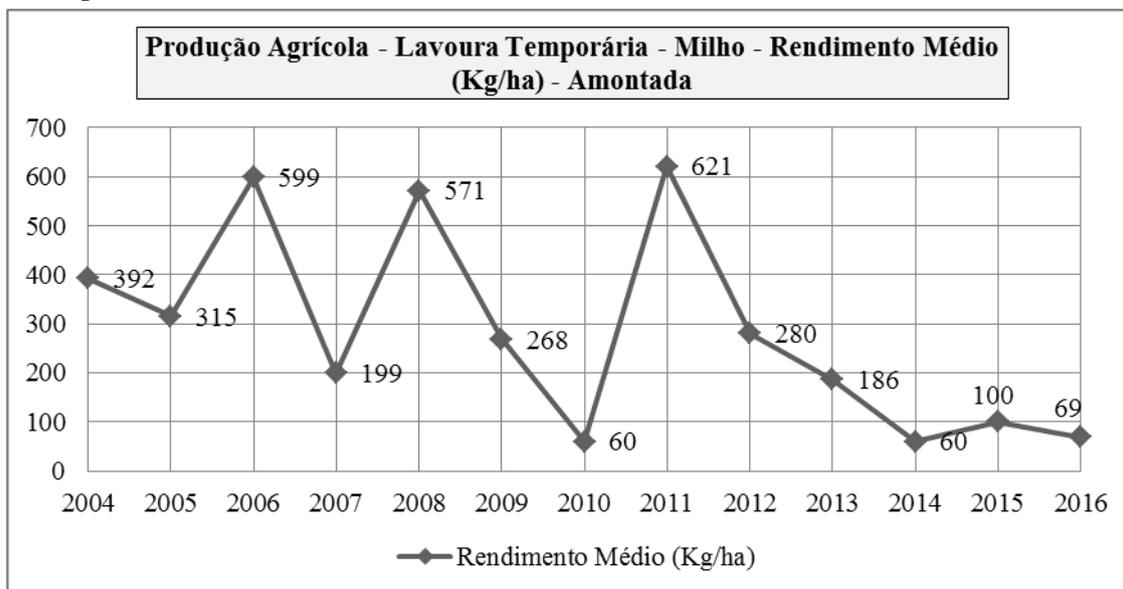
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Para a cultura de mandioca, os gráficos 22 e 23 evidenciam que o rendimento no ano de 2011, foi superior aos outros anos, com 9.200 kg/ha, o rendimento dos outros anos

manteve-se acima dos 4.000 kg/ha. O gráfico 24, que retrata o município de Miraíma, evidencia a inexistência de dados para essa cultura nos anos de 2008 e de 2010 a 2016.

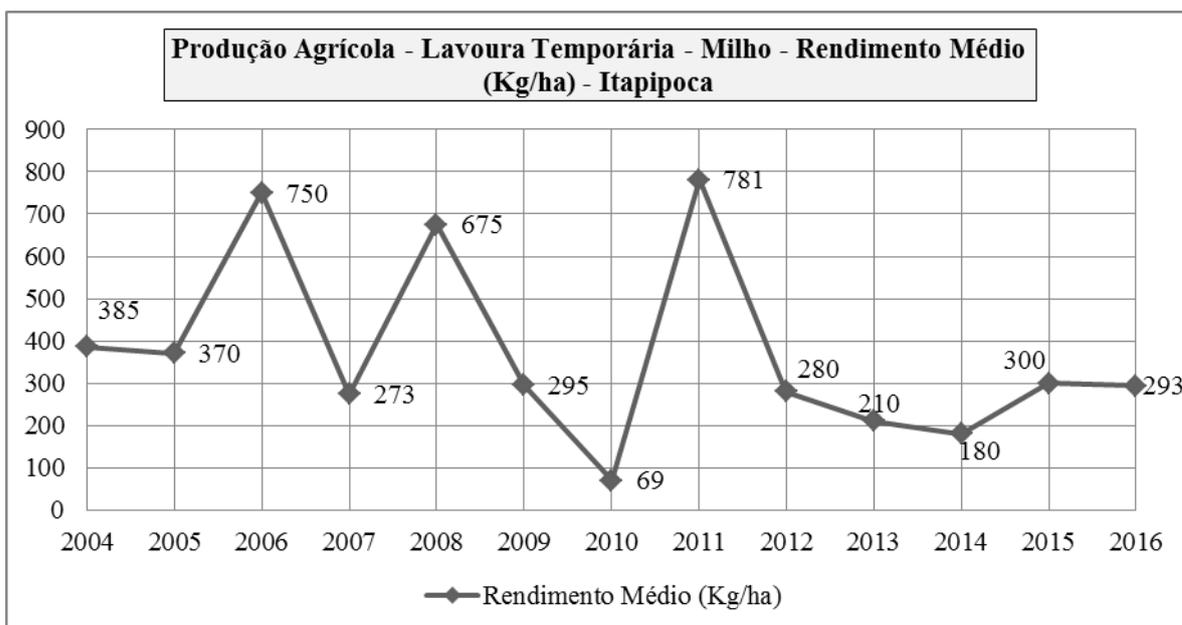
Os gráficos 25, 26 e 27 trazem o rendimento médio da cultura do milho.

Gráfico 25 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de milho – Rendimento Médio no município de Amontada.



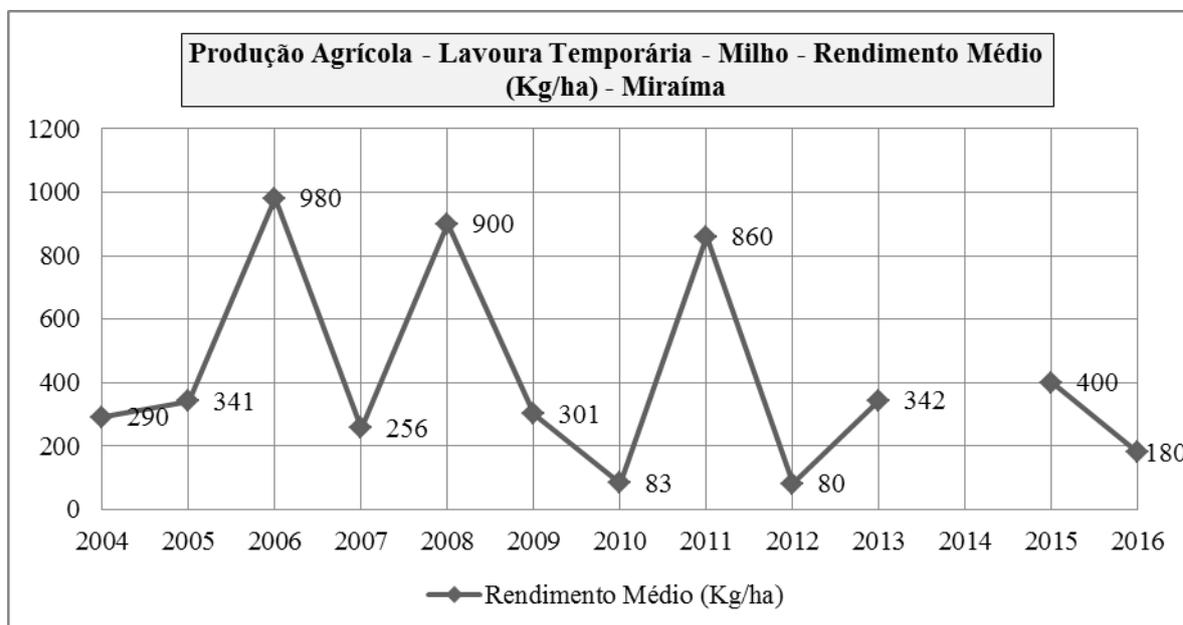
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 26: Produção Agrícola – Lavoura Temporária de milho – Rendimento Médio no município de Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

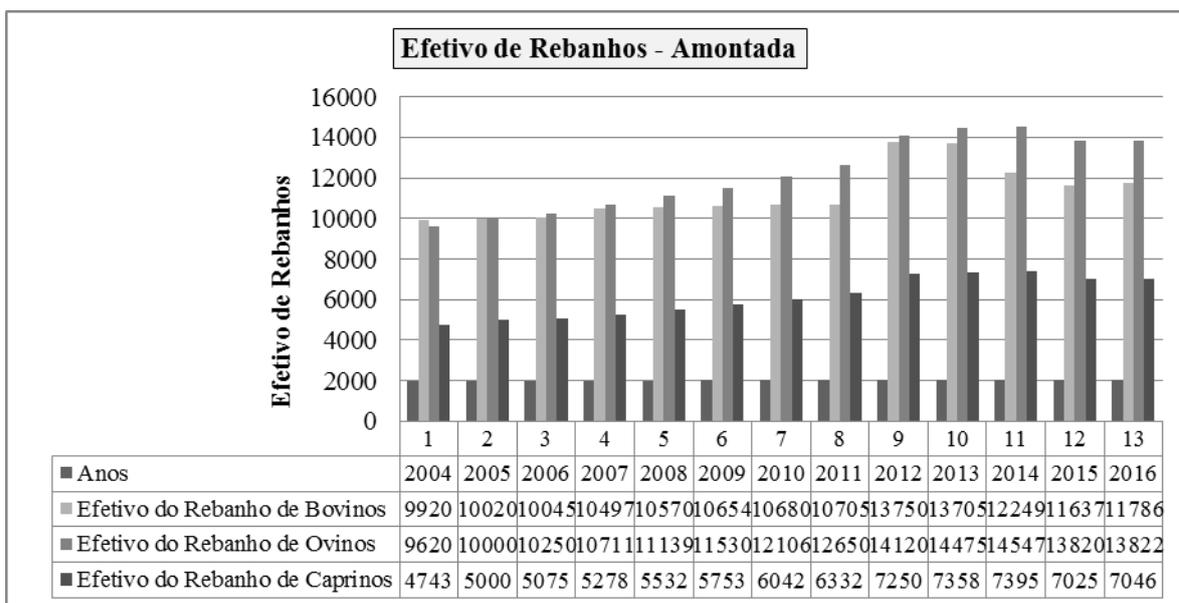
Gráfico 27 - Produção Agrícola – Lavoura Temporária de milho – Rendimento Médio no município de Miraíma.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

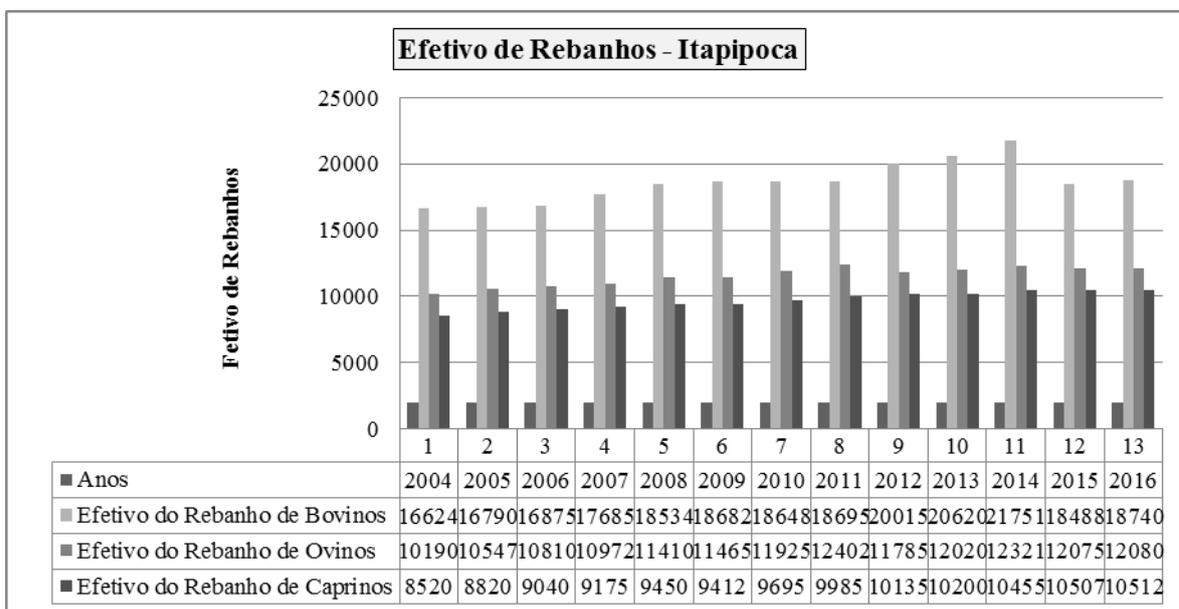
O ano de 2011 continua se destacando como o ano de maior rendimento médio da produção de lavouras temporárias selecionadas para demonstrar o potencial agrícola na região. No entanto, a partir de 2012, a cultura do milho tem uma queda significativa de rendimento nos municípios, sendo Amontada o que evidenciou o pior rendimento com 60 kg/ha. Esse contexto pode está associado a deficiência hídrica na região, pela falta de chuvas e umidade do solo. Os gráficos 28, 29 e 30 evidenciam o efetivo de rebanhos para os municípios que se inserem no contexto da bacia.

Gráfico 28 - Pecuária – Efetivo de Rebanhos de Bovinos, Ovinos e Caprinos em Amontada.



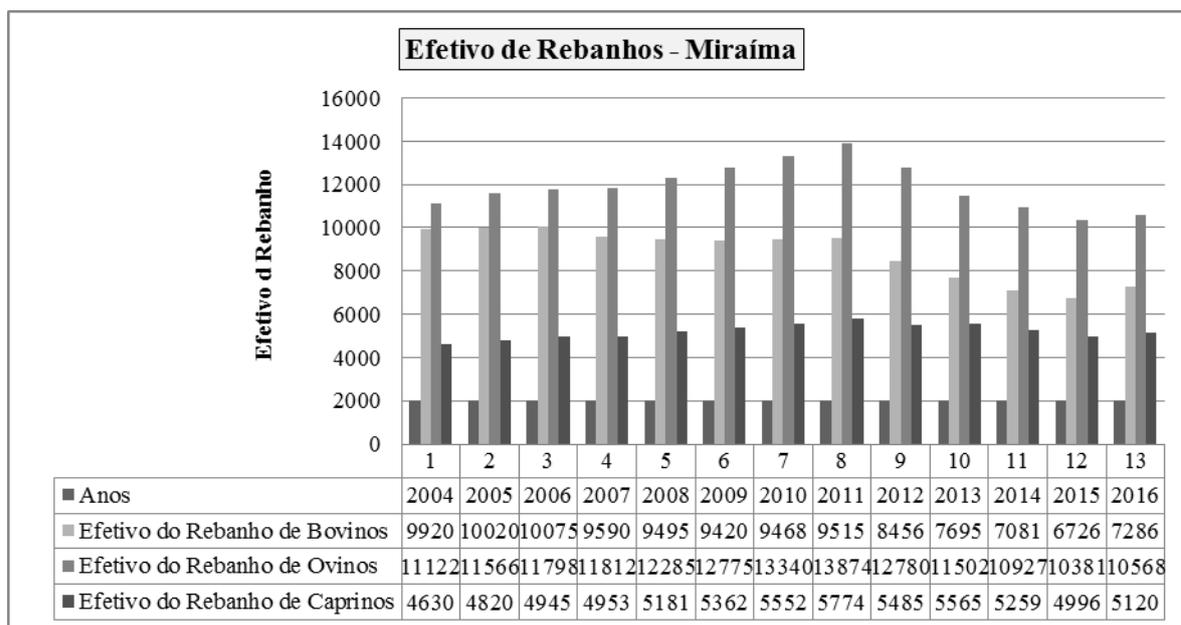
Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 29 - Pecuária – Efetivo de Rebanhos de Bovinos, Ovinos e Caprinos em Itapipoca.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Gráfico 30 - Pecuária – Efetivo de Rebanhos de Bovinos, Ovinos e Caprinos em Miraíma.



Fonte: IBGE (2017), organizado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Ao longo dos anos analisados, o efetivo de rebanho bovino sempre se manteve superior aos de ovinos e caprinos, no entanto, ao longo da série observada, o efetivo de ovinos e caprinos cresceu na área, destacando-se: em Amontada o ano de 2014, com 14.547 cabeças e 7.395 cabeças respectivamente; em Itapipoca também destaca-se o ano de 2014 com 12.321 cabeças de ovinos e 10.512 cabeças de caprino em 2016; e em Miraíma 2011 aparece como o ano em que os efetivos de ovinos e caprinos também cresceram 13.874 cabeças e 5.774 cabeças respectivamente.

Esse crescimento do efetivo de ovinos e caprinos quando comparado com o efetivo de bovinos, é resultado de uma política de convivência com o ambiente semiárido, caracterizado pela irregularidade e baixos índices pluviométricos e o cenário de seca que se configura nos sertões do Cruxati.

O produtor sertanejo vem compreendendo que o desenvolvimento da ovinocultura e da caprinocultura são mais adaptáveis às condições severas impostas pelo clima semiárido e sua escassez hídrica. A criação de bovinos perdeu espaço, tornando-se oneroso para o pequeno e médio produtor (carne e leiteiro) manter o rebanho, devido ao período de seca que passa a região.

A prática da caprinocultura e da ovinocultura na região carece de melhorias para que venha a se tornar uma atividade alavancadora do desenvolvimento. Também se faz necessário transformar o modo com que essas culturas se relacionam com o ambiente onde

são desenvolvidas, visto que a criação de base extensiva e ligada a vegetação da Caatinga, impulsiona os problemas associados à degradação da cobertura vegetal e do solo, pois essas atividades não desenvolveram o hábito de cultivar forragem e muito menos de conservar o excedente produzido no período das chuvas. De acordo com Simplício *et al.* (2003), nos anos mais secos esses rebanhos são mais adaptados a semiaridez e ainda promovem a geração de emprego e renda aos pequenos e médios produtores.

Importante salientar que o impacto causado pela agropecuária na região da bacia do Cruxati, vem promovendo: o desgaste e redução da fertilidade dos solos, acompanhado de processos erosivos; poluição da água e do solo pelo uso inadequado de defensivos agrícolas, desmatamento para a expansão de áreas de pastagens e consequente perda da biodiversidade da Caatinga, configuração de áreas desertificadas, etc.

Dessa forma, o desenvolvimento dessas atividades devem ser repensadas de modo a conciliar a preservação ambiental com o desenvolvimento socioeconômico. Tratando dessa questão, Wüst *et al.* (2015) chama atenção para a integração lavoura-pecuária para garantir o processo de desenvolvimento sustentável dessas atividades e a preservação da natureza. Sobre isso, Kluthcouski *et al.* (2000), ressalta que para garantir essa sustentabilidade, os benefícios da integração lavoura-pecuária são: a) agronômicos - por meio da recuperação e manutenção das características produtivas do solo; b) econômicos - pela diversificação de oferta e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e com qualidade superior; c) ecológicos - por meio da redução da erosão e da biota nociva às espécies cultivadas, com a consequente redução da necessidade de defensivos agrícolas; e d) sociais - pela diluição da renda, já que as atividades pecuárias e agrícolas concentram e distribuem renda, respectivamente. Compreende-se também que essa integração promove uma maior geração de tributos, de empregos diretos e indiretos, além de estabelecer a fixação do homem no campo.

As análises das culturas de lavouras temporárias e de pecuária para os municípios que estão inseridos no contexto da bacia hidrográfica do rio Cruxati, demonstram o potencial de impactos que essas atividades podem ocasionar sobre o ambiente. Dessa forma, baseando-se na classificação proposta para a Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Uso Agropecuário (DPSEUA) para os períodos de 1985, 2001 e 2015. E com base no mapa 08, que a área de estudo ao longo do período analisado, enquadra-se nas seguintes classes de exposição observadas na tabela 10.

Tabela 10 - Classes de Exposição da Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Use Agropecuário (DPSEUA) - 1985, 2001 e 2015.

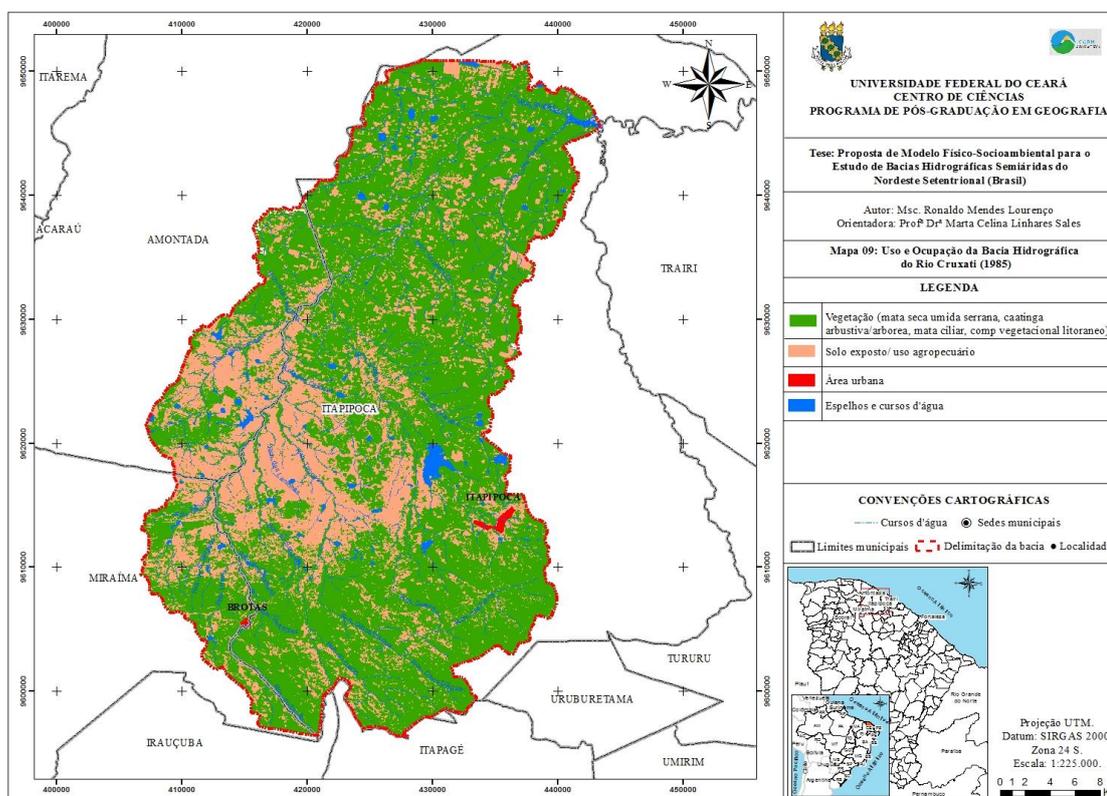
Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Use Agropecuário (DPSEUA) para os períodos de 1985, 2001 e 2015		
2015		
Ano	Solos Expostos (%)	Classes de Exposição
1985	27,42	Baixa
2001	52,83	Moderada
2015	60,19	Alta

Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

O ano de 2015 evidencia a classe de maior exposição de solos expostos nos anos analisados, seguindo os anos de 2001 e de 1985 com classe de exposição da dinâmica regressiva de conservação baixa.

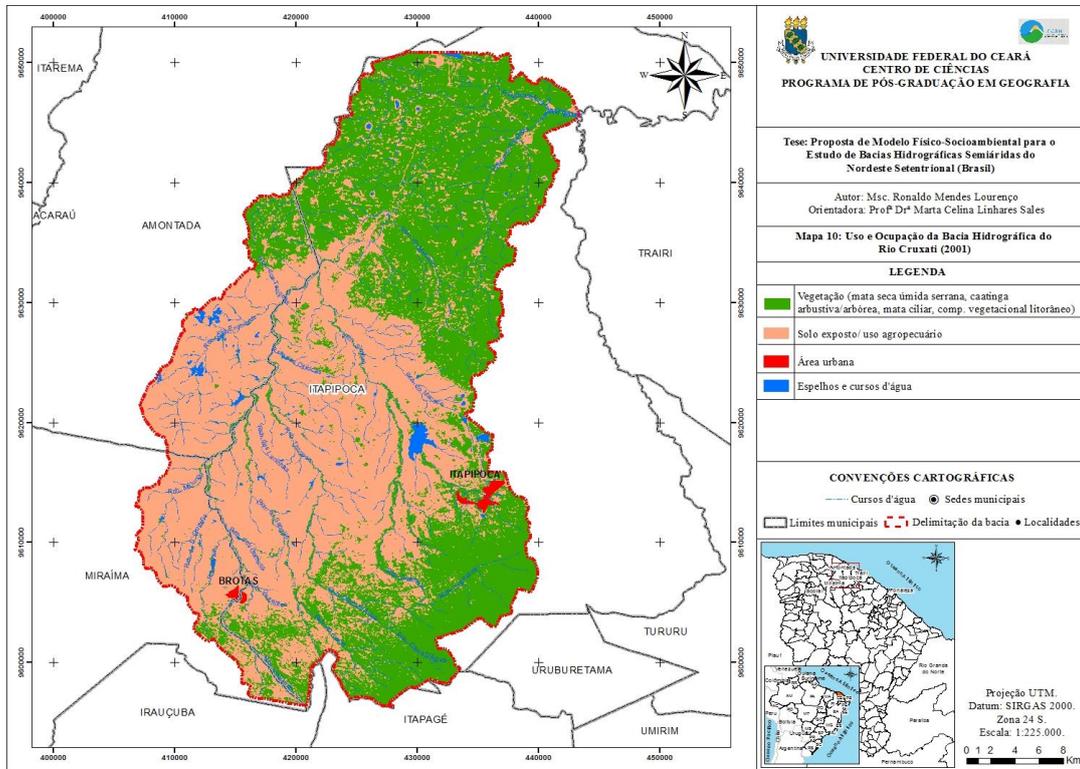
Os mapas 09, 10 e 11 demonstram a dinâmica de uso e ocupação na área de estudo, nos períodos 1985, 2001 e 2015.

Mapa 09 – Uso e Ocupação da Bacia hidrográfica do rio Cruxati (1985).



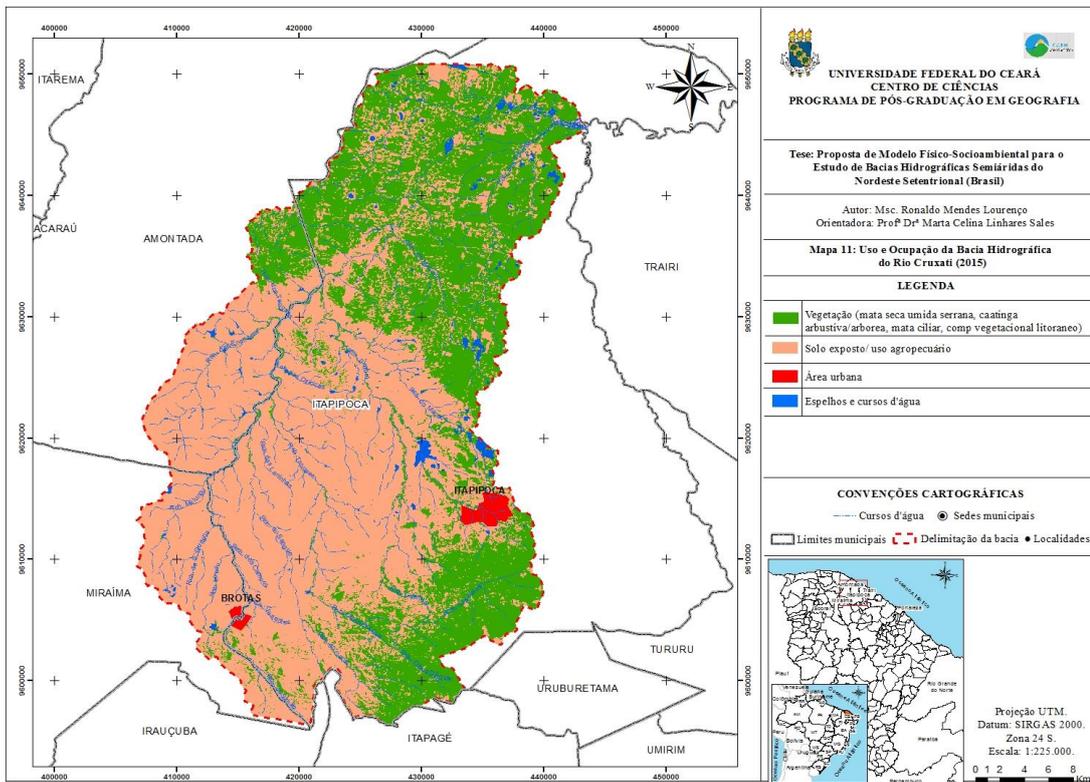
Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

Mapa 10 – Uso e Ocupação da Bacia hidrográfica do rio Cruxati (2001).



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

Mapa 11 – Uso e Ocupação da Bacia hidrográfica do rio Cruxati (2015).



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço, 2017.

### 6.1.3 Severidade Climática (SC)

Para a determinação da Severidade Climática (SC) da região da bacia, foi necessário obter informações sobre a precipitação (P) com média mensal da área e dados das temperaturas médias mensais ao longo da série histórica analisada de 28 anos, de 1988 a 2016. Os dados pluviométricos foram obtidos a partir das séries históricas disponibilizadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) em seu site.

Devido aos dados evidenciarem falhas encontradas nas séries históricas dos postos pluviométricos próximos ou inseridos na área de estudo, foram considerados dez postos, compreendendo o período de 28 anos. Os postos escolhidos foram: a) Posto pluviométrico de Amontada; b) Posto pluviométrico de Itapipoca c) Posto pluviométrico de Miraíma; e d) Posto pluviométrico de Uruburetama; e) Posto pluviométrico de Itapajé; f) Posto pluviométrico de Irauçuba; g) Posto pluviométrico de Tururu; h) Posto pluviométrico de Morrinhos; i) Posto pluviométrico de Trairi; e j) Posto pluviométrico de Itarema.

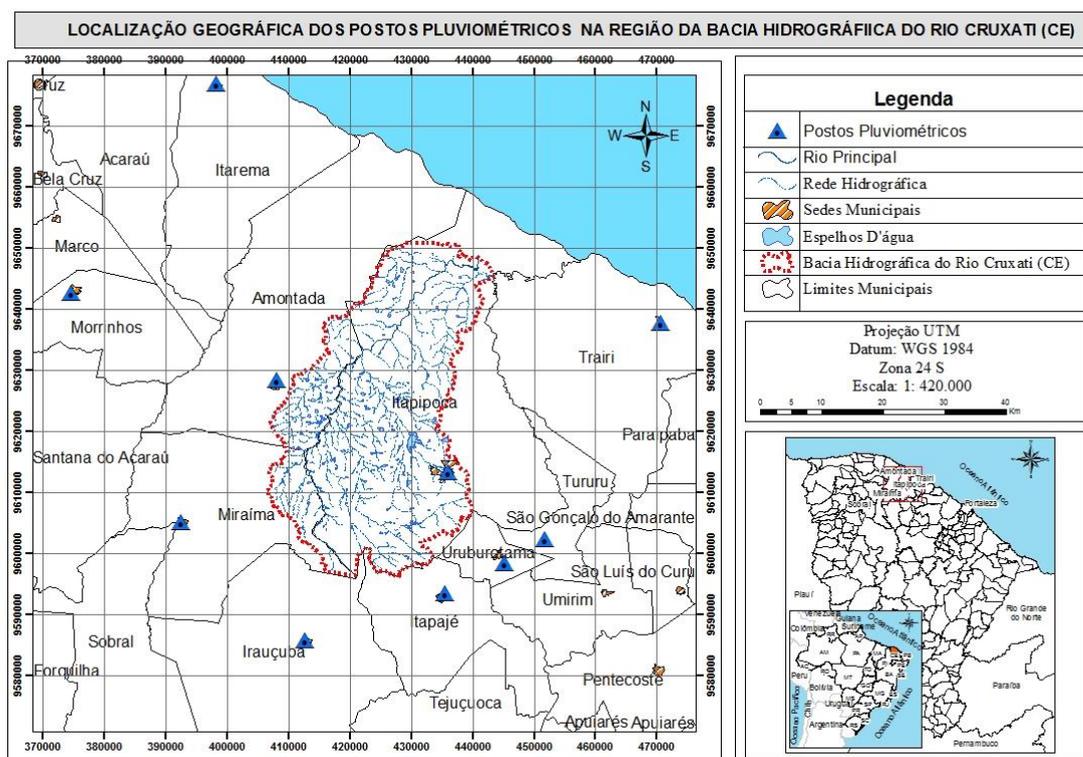
A adoção, desses quatro postos pluviométricos na pesquisa, ocorreu devido à necessidade de se ter no mínimo três postos com dados para a efetivação das análises da erosividade e da estimativa da severidade climática (os quais são mensurados a partir de informações das precipitações), sendo a espacialização das informações geradas por métodos de triangulação, que no caso desta pesquisa utilizamos o por *krigagem*, que consiste em um conjunto de técnicas de geoestatística de interpolação de dados, por meio do programa *Surfer 8*. Entende-se que essencial seria a análise de um período de 30 anos, considerada uma normal climatológica que se constitui através das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). A seguir a tabela 11 evidencia a localização dos postos pluviométricos e a figura 12 mostra a localização dos postos no médio curso. A tabela 12 mostra o registro das precipitações do período escolhido.

Tabela 11 - Postos pluviométricos selecionados para o estudo.

Postos Pluviométricos	Município	Coordenadas UTM
Amontada	Amontada (CE)	408145 E / 9628450 N
Itapipoca	Itapipoca (CE)	435955 E / 9613310 N
Miraíma	Miraíma (CE)	392534 E / 9605158 N
Uruburetama	Uruburetama (CE)	445207 E / 9598457 N
Itapajé	Itapajé (CE)	435437 E / 9593468 N
Irauçuba	Irauçuba (CE)	412640 E / 9585709 N
Tururu	Tururu (CE)	451702 E / 9602311 N
Morrinhos	Morrinhos (CE)	374536 E / 9642665 N
Trairi	Trairi (CE)	470547 E / 9637846 N
Itarema	Itarema (CE)	398190 E / 9677088 N

Fonte: FUNCEME (2017).

Figura 12 - Localização geográfica dos postos pluviométricos.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Na correção das falhas apresentadas por alguns postos (ausência de dados mensais), realizou-se as devidas correções utilizando o método de ponderação regional de Tucci (1993). Os dados incompletos foram corrigidos pelo uso da média ponderada da precipitação mensal dos postos localizados próximos aos que apresentavam ausência de informações. Importante salientar que os postos utilizados como referência para as correções

devem estar na mesma região climatológica aos postos a serem feitas as retificações, em que 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**.

Tabela 12 – Precipitação Média Mensal entre os Anos de 1988 a 2016.

Postos Pluviométricos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Amontada	85,8	112,4	182,2	186	76,4	23,6	11,23	0,7	0,4	0,6	0	5,8
Itapipoca	146,9	176,6	281,2	265	122,7	53,9	23,8	6,4	2,7	1,3	2,7	27,6
Miraíma	96,5	102,9	186,5	196	93,7	22,8	10	1,5	2,2	0,8	1,9	9,5
Uruburetama	123,5	164,1	255,5	248,9	129,3	57	34,2	6,5	0,7	0,5	1	16,9
Itapajé	101,6	126,5	193,7	214,1	115,1	58,2	30,5	5,5	0,7	1,9	2,5	21,6
Irauçuba	61,5	60,9	116,7	107,3	54,2	21,5	8	0,1	0	0,1	0	7,3
Tururu	95,8	133,7	230,7	209,1	90,3	47,7	13,8	3,3	1	0	0,5	11,3
Morrinhos	100	122	191,9	192,8	99,4	39	17,7	2,6	3	2,6	0,8	19,7
Trairi	130,9	140,1	288,7	307,5	174	95	45	10,8	1,7	1,5	2,4	22,2
Itarema	111,4	171,1	293,9	310,4	144,3	69,8	29,6	5,9	13,1	9,2	12,1	28,7

Fonte: Funceme (2017), organizado pelo autor, Ronaldo mendes Lourenço (2017).

A partir dos dados de precipitação foram estimados para a área de estudos os componentes do balanço hídrico da região de estudo. Lima e Santos (2009) observam que o balanço hídrico como unidade de gerenciamento, oportuniza classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e de necessidade hídrica no solo, favorecendo também no gerenciamento integrado dos recursos hídricos

Os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica é a precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Foram utilizadas temperaturas médias mensais estimadas pelo programa *CRIATEMP* (OLIVEIRA & SALES, comunicação pessoal), em que foi possível estipular os valores de temperatura média mensal, em graus Celsius (°C). A equação manipulada pelo programa foi do tipo:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + b_1X_2 + c_1X_3 + a_2X_1^2 + b_2X_1X_2 + c_2X_1X_3 + a_3X_1^3 + b_3X_1^2X_2 + c_3X_1^2X_3 + a_4X_1X_2^2 + b_4X_1X_2X_3 + c_4X_1X_3^2 + a_5X_2^3 + b_5X_2^2X_3 + c_5X_2X_3^2 + a_6X_3^3 + b_6X_3^2X_1 + c_6X_3^2X_2 + a_7X_3^3 + b_7X_3^2X_1 + c_7X_3^2X_2$$

Onde:

**Y** é o valor da temperatura

**X1** é a latitude em graus

**X2** é a longitude em graus

**X3** é a altitude em metros

**a0, a, b, c, a1, b1, c1, a2, b2, c2** são os parâmetros estimados pelo método dos mínimos quadrados. Essa equação de regressão múltipla para a estimativa das temperaturas médias mensais foi proposta por Cavalcanti e Silva (1994) para os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. As temperaturas mensais estimadas dos postos estão sintetizadas na tabela 13.

Tabela 13 - Temperatura Média Mensal da Série Histórica dos Postos Pluviométricos.

Postos Pluviométricos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Amontada	26,7	26,6	26	25	26	26,1	25,7	26,3	26,3	26,4	26,5	26,7
Itapipoca	26,9	26,7	26,1	26	26,1	26,1	25,7	26,4	26,4	26,5	26,7	26,8
Miraíma	27,2	26,9	26,2	26	26,3	26,4	26,2	26,9	27	27,1	27,3	27,3
Uruburetama	25,2	25	24,5	24,4	24,5	24,4	23,9	24,5	24,7	24,6	24,8	25
Itapajé	25,7	25,4	24,9	24,8	24,9	24,8	24,4	25	25,2	25,2	25,4	25,6
Irauçuba	26,5	26,1	25,5	25,4	25,6	25,5	25,3	26	26,2	26,2	26,3	26,5
Tururu	27	26,8	26,2	26	26,2	26,1	25,8	26,4	26,5	26,6	26,8	26,9
Morrinhos	27,1	26,9	26,3	26,1	26,3	26,5	26,2	26,8	26,8	26,9	27	27,1
Trairi	27,3	27,3	26,8	26,5	26,6	26,6	26	26,5	26,5	26,6	26,9	27
Itarema	26,8	26,9	26,4	26,2	26,3	26,5	25,9	26,4	26,2	26,3	26,5	26,7

Fonte: Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

A partir da obtenção dos dados de precipitação e temperatura, calculou-se a evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), baseando-se no método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) no programa *BHVSER* (OLIVEIRA & SALES, comunicação pessoal).

A tabela 14 traz a síntese dos resultados do balanço hídrico dos dados de precipitação e temperatura média das séries históricas, apresentando os respectivos valores de evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), excedente hídrico (EXC) e déficit hídrico (DEF).

Tabela 14 - Síntese dos Resultados do Balanço Hídrico para cada Posto Pluviométrico

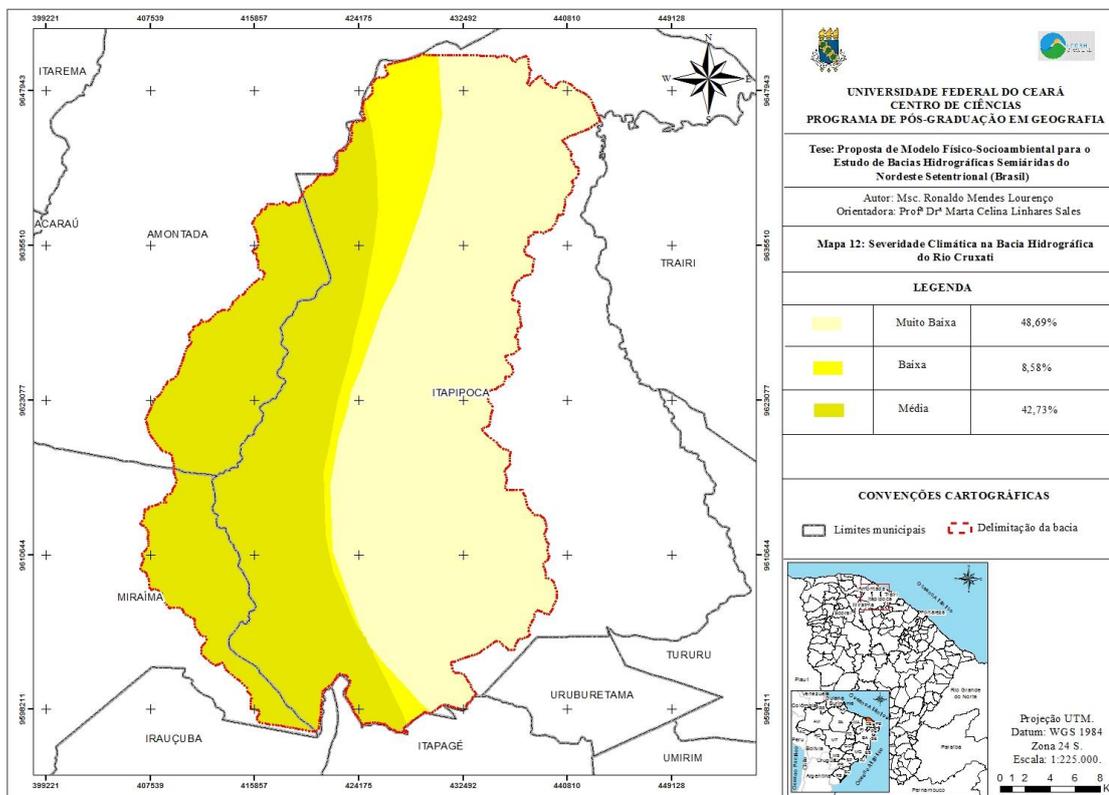
Postos	Precipitação (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Mirafima	699	1647	699	0	948
Amontada	670	1575	670	0	905
Itapipoca	1401	1594	1166	513	428
Uruburetama	1002	1301	981	229	320
Itapajé	835	1371	835	81	473
Irauçuba	419	1510	419	0	1091
Tururu	808	1608	781	27	827
Morrinhos	786	1648	786	0	862
Trairi	1174	1675	1174	181	488
Itarema	1099	1609	1042	209	567

Fonte: Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017),

O cálculo do Balanço Hídrico possibilita compreender o comportamento do regime hídrico anual da bacia hidrográfica do rio Cruxatiu, 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 bastante utilizado pelos bons resultados que apresenta e constituindo-se como um dos métodos mais aceitos (SALES, 2003).

A partir desses dados, a Severidade Climática (SC) da bacia hidrográfica do rio Cruxati se deu a partir da relação entre o índice efetivo de umidade (Im) e o número de meses secos (Ms). O produto da relação entre esses dois índices resultou na severidade climática. As classes de SC encontradas na área de estudo foram muito baixa, baixa e média severidade. Elas foram estimadas com nos intervalos encontrados na área de influência dos postos pluviométricos selecionados para o desenvolvimento desse indicador. O mapa 12 apresenta a espacialização destas classes de severidade climática. A tabela 15 evidencia os índices pelo método de Thornthwaite e Mather (1957).

Mapa 12 – Severidade Climática na bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Tabela 15 - Índices obtidos pelo método de Thornthwaite e Mather (1957).

Postos Pluviométricos	Índice de Umidade (Iu)	Índice de Aridez (Ia)	Índice de aridez (Ia) UNEP	Índice Efetivo de Umidade (Im)	Número de Meses Secos (Ms)
Amontada	0.0	57.5	0.43	-57.5	9
Itapipoca	32.2	26.9	0.88	5.3	5
Miraíma	0.0	57.6	0.42	-57,6	9
Uruburetama	17.6	24.6	0.77	-7.0	5
Itapajé	5.9	34.5	0.61	-28.6	6
Irauçuba	0.0	72.3	0.28	-72.3	12
Tururu	1.7	51.4	0.50	-49.8	10
Morrinhos	0.0	52.3	0.48	-52.3	9
Trairi	10.8	29.1	0.70	-18.3	7
Itarema	13.0	35.2	0.68	-22.2	7

Fonte: Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

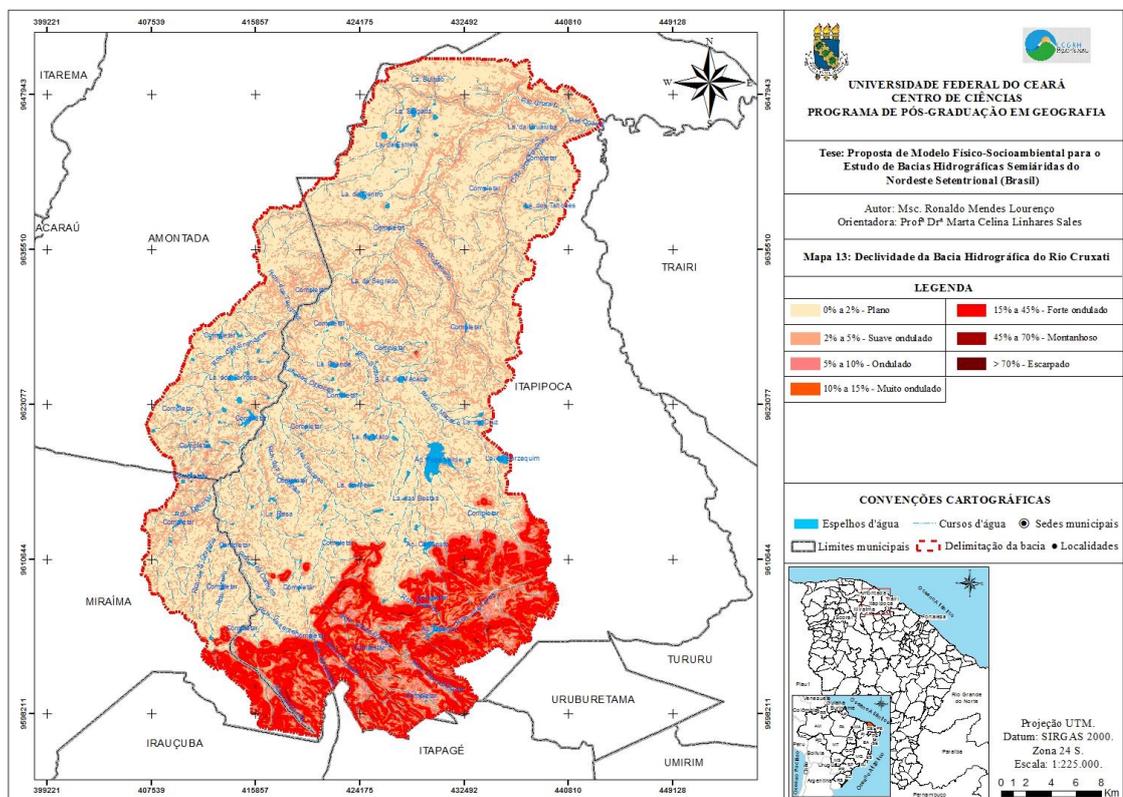
Observa-se que 48,69% da região da bacia está sob influência de uma severidade climática muito baixa, 8,58% está sobre influência de severidade baixa e 42,73% sobre influência de severidade média.

### 6.1.4 Declividade Média (DM)

Na determinação da declividade média da bacia foi elaborado o mapa de classes de relevo para a região de estudo. A classificação dos tipos de relevo e declividade está baseada na proposta de Lepsh *et al.* (1991).

O mapa 13 evidencia que na área de estudo prevalecem as classes de relevo plano e suave ondulado, demonstrando também a menor cobertura das classes ondulado, muito ondulado e forte ondulado nas áreas de maior altitude, localizadas na Serra de Uruburetama.

Mapa 13 – Declividade da bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

As áreas de menor declividade com classes de relevo plano (0 a 2%), suave ondulado (2 a 5%) e ondulado (5 a 10%), nas unidades geomorfológicas da depressão sertaneja e das planícies fluviais, há a predominância dos processos de acumulação que ocorrem junto à rede de drenagem. Nas classes de maior declividade onde há a ocorrência de relevo muito ondulado (10 a 15%) e forte ondulado (15 a 45%) estão sujeitas a intensificação dos processos erosivos, devido à regressão da cobertura vegetal já analisada anteriormente. Nas áreas localizadas nessas classes de relevo, os indicadores erosividade das chuvas e

erodibilidade dos solos, atuam sobre os solos expostos e intensificam as condições físico-ambientais impostas pelo uso e manejo inadequado dos recursos naturais, desencadeando processos como: a perda de nutrientes dos horizontes superficiais do solo, a mobilização de partículas, a ablação dos solos, etc.

#### 6.1.5 Erosividade das chuvas (R)

O cálculo da erosividade da chuva (R) na região da bacia foi realizado com base nos dados de precipitação mensal dos postos pluviométricos selecionados para a realização do estudo. A partir dos dados de precipitações médias mensais anuais foi calculado o potencial erosivo da chuva para o período de 1988 a 2016. A tabela 16 detalha os valores de erosividade referentes aos postos pluviométricos.

Tabela 16 - Erosividade da Chuva (R) mensal e anual referente aos postos pluviométricos.

Postos	Erosividade mensal (Mj.mm/ha.h)												Erosiv. Anual (Mj.mm/h a.h.ano)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Ju	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Amontada	484	768	1747	1963	397	56	15	0	0	0	0	5	5436
Mirafima	570	637	1754	1909	543	48	12	1	1	0	1	12	5488
Itapipoca	646	5617	1952	1723	475	116	29	3	1	0	1	37	10601
Urubureta ma	639	1061	2204	2107	691	171	72	4	0	0	0	22	6972
Itapajé	536	776	1606	1904	628	206	68	4	0	0	1	38	5767
Irauçuba	408	399	1213	1051	328	67	13	0	0	0	0	11	3489
Tururu	499	882	2230	1885	451	152	18	2	0	0	0	13	6133
Morrinhos	573	775	1833	1903	630	112	29	1	0	0	0	11	5867
Trairi	619	665	2375	2644	1005	359	101	9	0	0	1	31	7809
Itarema	496	1031	2522	2789	768	222	51	2	0	0	0	12	7894

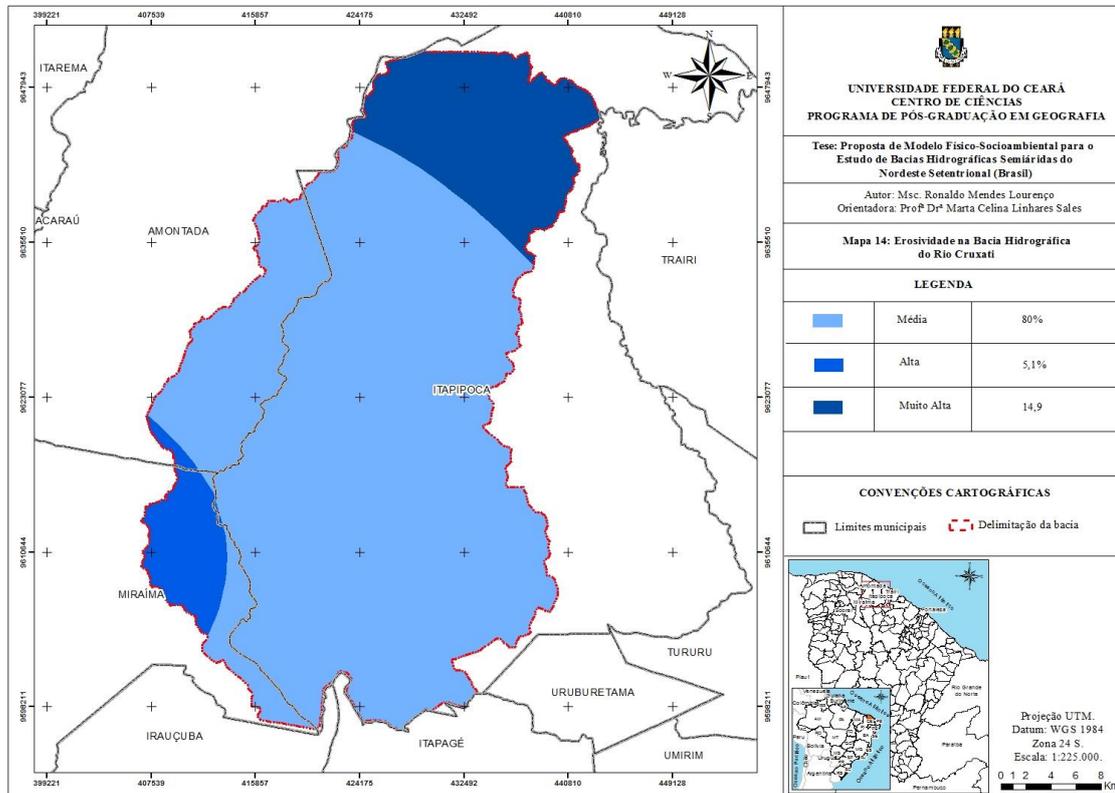
Fonte: Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

A partir da tabela 16, nota-se que os maiores valores de erosividade ocorreram entre os meses de fevereiro a abril, período em que a região evidenciou as maiores taxas pluviométricas. É nesse período, que se observa a maior incidência de desmatamentos e queimadas para o preparo do solo para o plantio de lavouras temporárias, gerando a intensificação do processo de erosão hídrica, já que o solo fica desprotegido de cobertura vegetal.

Com o resultado dos valores de erosividade encontrados na área de estudo, determinou-se com base em Bertoni & Lombardi Neto (1990), as classes de erosividade. Foram identificadas as classes média, alta e muito alta. A espacialização das classes podem

ser observadas no mapa 14. Observa-se que 80% da área da bacia evidenciou ao longo do período analisado uma erosividade média, enquanto 5,1% corresponde a erosividade alta e 14,9% equivale a erosividade muito alta.

Mapa 14 – Erosividade na bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

### 6.1.6 Erodibilidade dos solos (K)

A espacialização dos valores de erodibilidade dos solos está relacionada com as associações de solos encontradas na região da bacia hidrográfica do rio Cruxati, compreendendo que os valores são diretamente dependentes das propriedades presentes em cada tipo de solo. É importante ressaltar que os valores de K foram estimados com base nas classes e associações de solo do Levantamento Exploratório dos Solos do Ceará (JACOMINE, 1973), baseando-se na equação de Romkens *et al.* (1997).

A tabela 17 evidencia as associações de solos encontradas na área de estudo e os valores de erodibilidade para cada uma.

Tabela 17 - Valores de Erodibilidade das associações de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Cruxati.

<b>TIPOS</b>	<b>ASSOCIAÇÕES (CLASSIFICAÇÃO ATUAL)</b>	<b>Erodibilidade (tom.ha.h/ha.mj.mm)</b>
<b>Re25</b>	Associação de Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha	0.023
<b>PL6</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico Típico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico	0.019
<b>PE32</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Eutrófico Arênico + Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abrúptico + Planossolo Háptico Eutrófico Solódico + Laterita Hidromórfica	0.019
<b>PE42</b>	Associação de Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Abrúptico + Neossolo Regolítico Distrófico Fragipânico	0.020
<b>PE6</b>	Associação de Argissolo Vermelho Eutrófico Típico + Argissolo Vermelho Eutrófico Abrúptico + Neossolo Regolítico Eutrófico Léptico + Afloramentos de Rocha	0.026
<b>PL1</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Arênico + Planossolo Nátrico Órtico + Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico Abrúptico	0.036
<b>PL4</b>	Associação de Planossolo Háptico Eutrófico Solódico + Neossolo Litólico Eutrófico Típico + Planossolo Nátrico Órtico	0.040
<b>PV7</b>	Associação de Plintossolo Argilúvico Distrófico espesso + Latossolo Amarelo Distrófico típico + Argissolo Acinzentado Distrocoeso Arênico	0.010

Fonte: Levantamento Exploratório e Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (JACOMINE, 1973).

Fonte: Jacomine (1973), Leite *et. al* (2007), Leite *et. al.* (2007), Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

A partir dos valores de K obtidos pelo cálculo dos perfis das associações, foram estabelecidas as classes de erodibilidade com base em Romkens *et al.* (1986), Shirazi *et al.* (1984) e Romkens *et al.* (1997). Estabelecendo a relação entre os valores de associações de solo com as amplitudes de K, foi determinado o enquadramento das classes e dos índices de K, como evidencia a tabela 18.

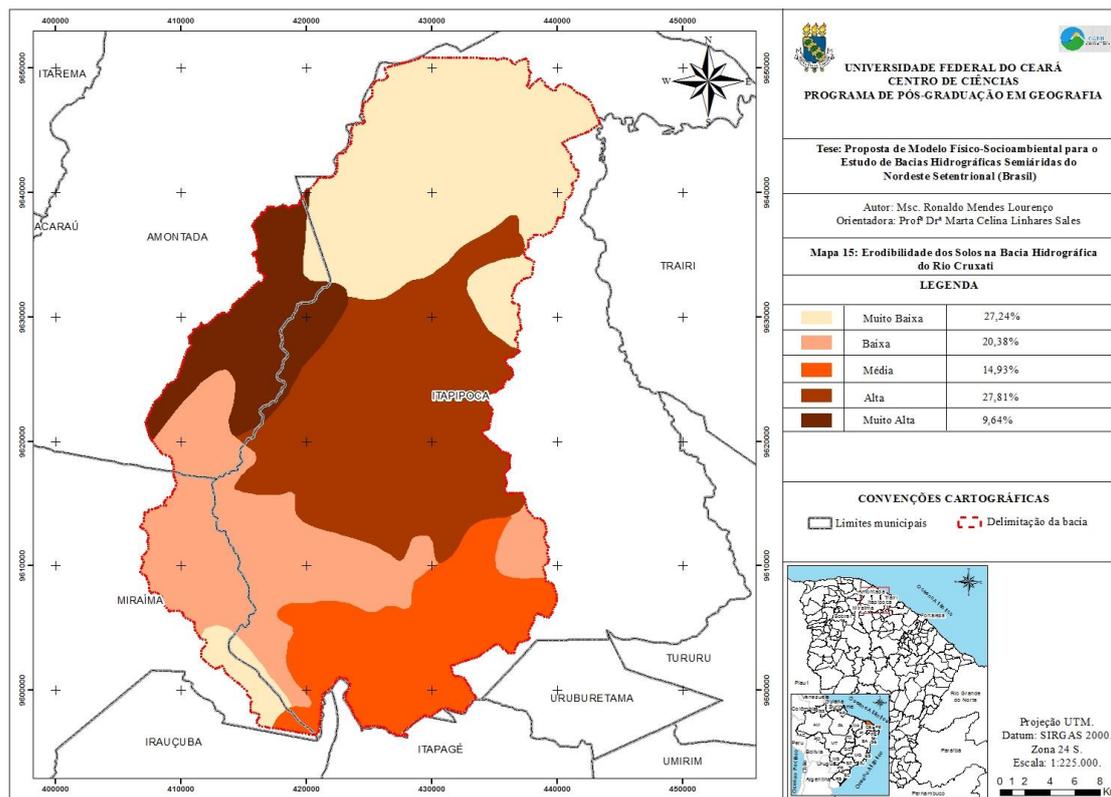
Tabela 18 - Classes de Erodibilidade para as associações de solos.

<b>TIPOS</b>	<b>Classes de Erodibilidade (K)</b>
Re25	Média
PL6	Baixa
PE32	Baixa
PE42	Baixa
PE6	Média
PL1	Alta
PL4	Muito Alta
PV7	Muito Baixa

Fonte: Pesquisa direta, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

As classes de erodibilidade encontradas na região da bacia do Cruxati são: muito baixa (27,24%), baixa (20,38%), média (14,93%), alta (27,81%) e muito alta (9,64%). As associações PL1 e PL4 se destacam como tipos de solos que apresentam um maior grau de K. O mapa 15 mostra a espacialização das classes de Erodibilidade.

Mapa 15 – Erodibilidade dos solos na bacia hidrográfica do rio Cruxati.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

O indicador K representa um entendimento para a susceptibilidade à erosão do solo na região estudada, lembrando que a quantidade de solo que pode ser perdido pelos processos erosivos, em dadas condições, é influenciada não somente pela própria fragilidade natural do próprio solo, mas também pela interação deste com outros fatores determinantes naturais, como também pelos diferentes tipos de uso e manejo realizados.

## 6.2 Projeção dos resultados do Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS) na bacia do Cruxati

### 6.2.1 Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI)

A Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI) busca relacionar o processo de deterioração com o comprometimento da

qualidade dos recursos naturais existentes na região da bacia hidrográfica do rio Cruxati. Trata-se de uma matriz de interação qualitativa produzida a partir dos levantamentos feitos na região do estudo. Associando os componentes ou processos comprometidos (Solos, biomassa, recursos hídricos, relevo, condições bioclimáticas e recuperação ambiental) com a dinâmica regressiva, progressiva, não significativa e de grande interferência social, pôde-se gerar o formato observado na matriz de interação 01.

Frente às problemáticas existentes, o processo de recuperação ambiental se torna pouco significativo, devido à ausência de políticas preservacionistas efetivas de intervenção. Os impactos ambientais locais se expandem cada vez mais, devido à carência de monitoramento e fiscalização por parte do poder público. Defende-se uma maior autonomia dos governos municipais para combater tais problemáticas, regidos e assegurados de infraestrutura e corpo técnico para o enfrentamento de tais questões.

Na região de estudo o impacto sobre os solos, a biomassa e os recursos hídricos são evidentes e configurados. O desencadeamento e o aceleração dos processos/fenômenos negativos que comprometem a qualidade dos recursos naturais e da subsistência das populações tradicionais é uma realidade preocupante e presente.

Desse modo, faz-se emergente a criação de uma política de sustentabilidade econômica, ambiental e social para a região.

Matriz 01 – Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto na Bacia do Rio Cruxati.

MATRIZ QUALITATIVA DE DIÂMICA REGRESSIVA E PROGRESSIVA DE IMPACTO NA BACIA DO RIO CRUXATI																												
Elementos de Interferência		Deterioração Ambiental																										
		Resíduos sólidos depositados em rios e em propriedades	Efluentes domésticos lançados em rios	Comprometimento da qualidade da água	Supressão da cobertura vegetal em nascentes	Supressão das matas ciliares	Resquícios de vegetação primária associada aos cursos d'água	Retirada da cobertura vegetal em área de elevada declividade	Degradação da cobertura vegetal do estrato Caatinga	Perda da biodiversidade	Comprometimento da fertilidade e produtividade do solo	Desencadeamento de processos erosivos em áreas degradadas	Manchas configuradas de desertificação	Ampliação da exposição de afloramentos rochosos	Fator de Erodibilidade dos solos (K) (Sulcos de erosão, ablação dos solos, diminuição da umidade, mobilização de partículas)	Erosividade (R) das chuvas	Assoreamento de canais fluviais	Severidade climática	Dinâmica de uso e ocupação do solo associada à práticas conservacionistas	Existência de Unidades de Conservação (UC's) – APAs e APPs	Efeito do Sobrepastoreio	Práticas agroextrativistas indiscriminadas	Uso de queimadas no preparo do solo e perda da fertilidade natural	Técnicas conservacionistas nas propriedades	Agropecuária itinerante	Artificialização dos canais fluviais	Extrativismo mineral	
<b>SITUAÇÃO</b>	(+) Dinâmica Progressiva de Impacto (-) Dinâmica Regressiva de Impacto (#) Não Significativa (Ω) Grande Interferência Social																											
<b>DESCRIÇÃO</b>	(+) <i>Dinâmica Progressiva de Impacto</i> [Associada ao avanço dos processos de degradação ambiental na área de estudo]	+	+	+	-	+	Ω	+	+Ω	+Ω	+Ω	+	+Ω	-	+	-	#	#	+Ω	+Ω	+Ω	+Ω	#	+	Ω	+		
	(-) <i>Dinâmica Regressiva de Impacto</i> [Associada a redução dos processos de degradação ambiental na área de estudo]	#	#	#	-	Ω	+	Ω	#	+	+	Ω	#	+	#	+	#	#	+Ω	+Ω	+Ω	+Ω	#	Ω	-	Ω		
	(#) <i>Não Significativa</i> [Ausência de melhoria das condições geoambientais]				-	+	-	+	#	#	+		#			+	#		#	+	+	+	#	#	#	Ω		
	(Ω) <i>Grande Interferência Social</i> [Pressão antrópica intensiva sobre os recursos naturais]							#				+								#	+						#	
<b>LEGENDA</b>																												
<b>SOLO</b>	<b>BIOMASSA</b>	<b>RECURSO HÍDRICO</b>					<b>RELEVO</b>					<b>CONDIÇÕES BIOCLIMÁTICAS</b>					<b>RECUPERAÇÃO AMBIENTAL</b>											
Componentes/Processos Comprometidos																												

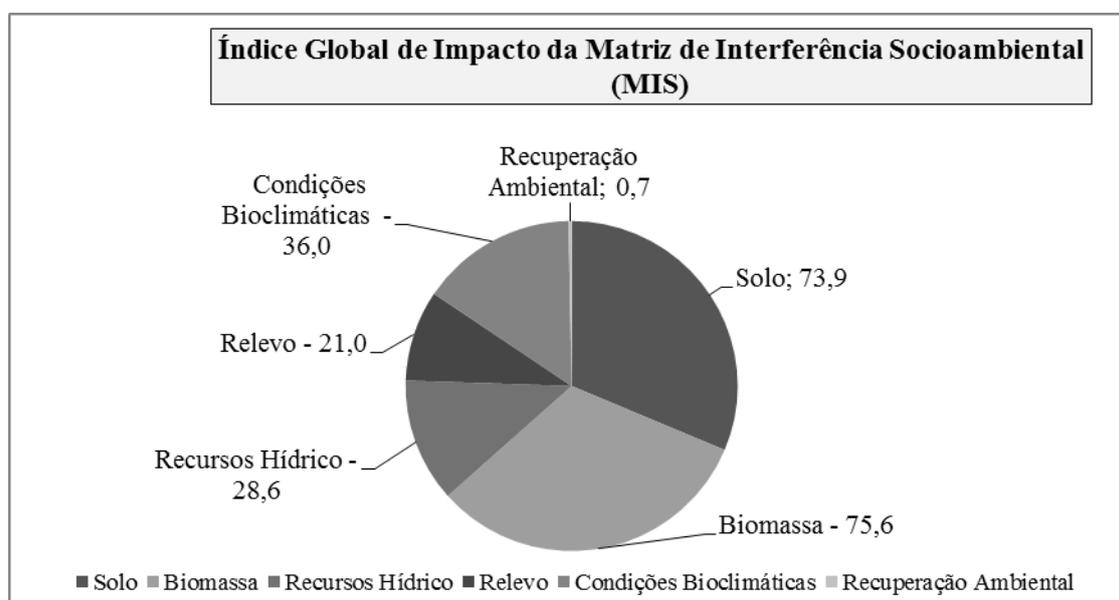
Fonte: Adaptado de Leopold (1971) e Sanchez e Hacking (2012).

### 6.2.2 Matriz de Interferência Socioambiental (MIS).

A Matriz de Interferência Socioambiental (MIS) foi produzida baseando-se nos levantamentos realizados durante os trabalhos técnicos na área de estudo e com base nos diálogos efetivados com o poder público e com a comunidade.

A MIS corresponde a uma matriz de interação de aspecto quali-quantitativo, que a partir da proposta de um índice global de impacto, evidencia a relação entre as condições impactantes (resultantes do contexto encontrado na área) e os fatores/elementos sujeitos a essa ação impactante. Os índices globais de impactos dos elementos sujeitos às ações das condições impactantes são demonstrados no gráfico 31.

Gráfico 31 - Índice Global de Impacto dos elementos sujeitos as condições impactantes.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

O fator/elemento que apresentou o maior índice de global de impacto na área de estudo foi a biomassa com 75,6, seguido do solo 73,9 e das condições bioclimáticas com 36,0. Esse resultado espelha as análises até aqui consideradas, que retratam o avanço dos processos de degradação ambiental com a consequente baixa conservação dos recursos naturais sobre os indicadores físico-ambientais de solo, vegetação e de severidade climática. O índice associado aos recursos hídricos é de 28,6 e ao impacto das condições ao relevo é de 21,0.

A recuperação ambiental para a área de estudo com o seu índice de 0,7 corrobora para os cenários de degradação ambiental existentes na região da bacia do Cruxati, onde a

ineficácia e a inexistência de ações de preservação e de recuperação ambiental são irrisórias e de baixa magnitude e importância, como se observa na matriz de interação 02.

Matriz 02 – Matriz de Interferência Socioambiental (MIS).

MATRIZ DE INTERFERÊNCIA SOCIOAMBIENTAL (MIS)																																					
Fatores/Elementos Sujeitos à Ação	Condições Impactantes																												MÉDIAS		ÍNDICE GLOBAL DE IMPACTO						
	Resíduos sólidos depositados em rios e em propriedades/ Efluentes domésticos lançados em rios	Supressão da cobertura vegetal em nascentes/ Supressão das matas ciliares	Retirada da cobertura vegetal em área de elevada declividade	Degradação da cobertura vegetal do estrato Caatinga/ Perda da biodiversidade	Comprometimento da fertilidade e produtividade do solo	Desencadeamento de processos erosivos em áreas degradadas	Áreas configuradas de desertificação	Ampliação da exposição de afloramentos rochosos	Fator de Erodibilidade dos solos (K) (Sulcos de erosão, ablação dos solos, diminuição da umidade, mobilização de partículas)	Erosividade (R) das chuvas	Assoreamento de canais fluviais	Severidade climática	Práticas agroextrativistas indiscriminadas/ Uso de queimadas no preparo do solo e perda da fertilidade natural	Agropecuária itinerante/ Efeito do Sobrepastoreio	Extrativismo mineral	Existência de Unidades de Conservação (UC's) – APAs e APPs	Dinâmica de uso e ocupação do solo associada às práticas conservacionistas	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M				I	M	I			
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I				M	I	M	I	M	I
Solo	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	1	4	1	4	8,4	8,8	73,9			
<b>Total</b>	7	8	10	9	9	9	10	9	10	9	10	9	10	10	10	10	6	8	9	9	8	9	10	10	10	10	8	8	3	7	3	7					
Biomassa	NI	NI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	2	4	1	4	4	4	8,4	9,0	75,6		
<b>Total</b>	NI	NI	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7	8	9	8	10	10	9	10	9	6	10	5	10	9	10					
Recurso Hídrico	3	4	2	4	4	4	NI	NI	NI	NI	3	4	4	4	NI	NI	3	4	NI	NI	3	4	4	4	NI	NI	3	4	NI	NI	NI	NI	5,2	5,5	28,6		
<b>Total</b>	9	9	8	10	10	10	NI	NI	NI	NI	9	9	10	9	NI	NI	8	9	NI	NI	9	9	10	9	NI	NI	8	10	NI	NI	7	9	NI	NI			
Relevo	NI	NI	3	4	3	4	NI	NI	NI	NI	3	4	NI	NI	3	4	3	4	3	4	NI	NI	NI	NI	NI	NI	3	4	NI	NI	2	4	1	4	4,2	5,0	21,0
<b>Total</b>	NI	NI	9	10	9	10	NI	NI	NI	NI	9	10	NI	NI	9	9	9	10	9	9	NI	NI	NI	NI	NI	NI	7	9	NI	NI	6	9	4	10			
Condições Bioclimáticas	NI	NI	4	4	NI	NI	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	2	4	NI	NI	3	4	4	4	3	4	NI	NI	NI	NI	NI	NI	6,0	6,0	36,0
<b>Total</b>	NI	NI	10	10	NI	NI	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	10	7	8	NI	NI	9	9	10	10	9	9	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI			
Recuperação Ambiental	NS	NS	1	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NI	NI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2	4	NS	NS	0,7	1,0	0,7	
<b>Total</b>	NS	NS	5	8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NI	NI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	7	10	NS	NS				

**Magnitude [M] [I] Importância**  
 Extensão (1 a 4) >[ ]| ]< Ação (1 a 4)  
 Permanência (1 a 3)>[ ]| ]< Ignição (1 a 3)  
 Intensidade (1 a 3)>[ ]| ]< Criticidade (1 a 3)  
 Soma Magnitude >[ ]| ]< Soma Importância  
 NI = Não impactante  
 NS = Não significativa

Fonte: Adaptado de Leopold (1971, Oliveira e Moura (2009), Silva e Moraes (2012), Kurtz *et al.*(2002), Mota e Aquino (2002), Richieri (2006) e Schneider *et al.* (2011).

### 6.2.3 Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA)

No processo de construção da Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA) foram observados quais são ou seriam os fatores ou elementos dinamizadores que impulsionariam a ocorrência do atributo “Magnitude” e que promovem ou promoveriam impactos positivos ou negativos na região de estudo. Na construção desse atributo, questionou-se o seguinte:

- i) Qual é a magnitude da dinâmica esperada dos elementos dinamizadores?;
- ii) Qual é a magnitude das potencialidades ideais para o desenvolvimento da dinâmica socioeconômica/agropecuária e agroextrativista?;
- iii) Qual é a magnitude das limitações observadas para o desenvolvimento local e regional?

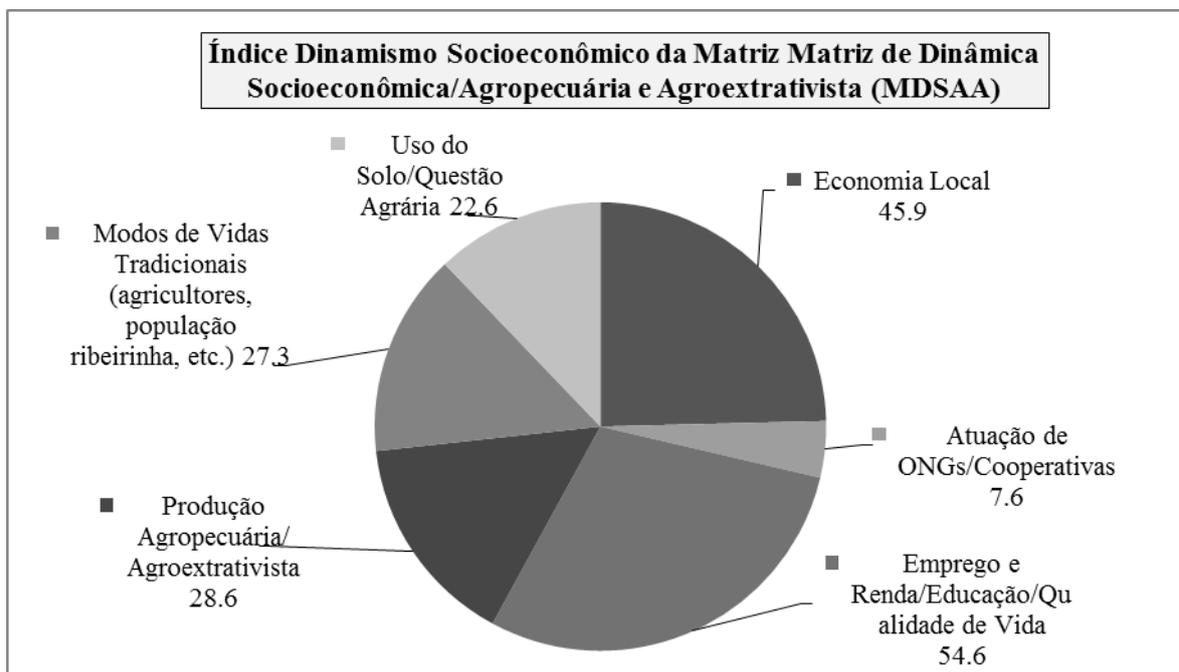
Elaborando o atributo “Possibilidade” as indagações que motivaram a produção foram baseadas nas seguintes questões:

- i) Quais são as possibilidades existentes para a realização de ações para promover o desenvolvimento das atividades socioeconômicas/agropecuárias e agroextrativista na região.
- ii) Quais são as possibilidades do efeito esperado ou gerado para o desenvolvimento socioeconômico?
- iii) Quais são as possibilidades de sustentabilidade socioeconômica frente às ações motivadoras?

Partindo desses questionamentos, A MDSAA corresponde a uma matriz de interação de aspecto quali-quantitativo, que a partir da proposta de um índice de dinamismo socioeconômico, evidencia a relação entre as ações motivadoras (resultantes do contexto encontrado na área) e os fatores/elementos dinamizadores a essas ações. A matriz de interação 03 apresenta os resultados dessa associação.

Os índices de dinamismo socioeconômico dos fatores/elementos dinamizadores sujeitos as ações motivadoras são demonstrados no gráfico 32.

Gráfico 32 - Índice de Dinamismo Socioeconômico associado aos fatores/elementos dinamizadores.

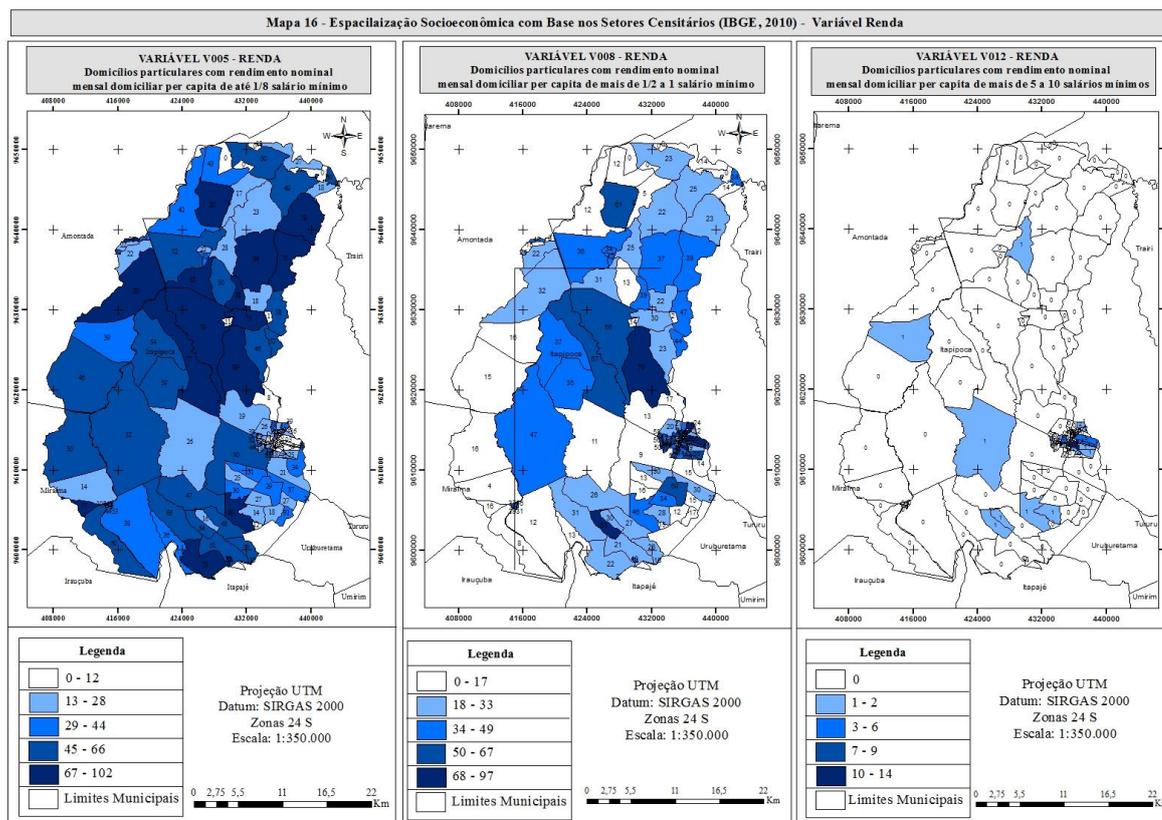


Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

O fator/elemento que apresentou o maior índice de dinamismo socioeconômico para a região de estudo está associado à geração de emprego, renda, acesso a educação e qualidade de vida da população, evidenciando um índice de 54,6. Esse contexto se configura pelas melhorias dos indicadores sociais na região, caracterizada pelo acesso a programas de redistribuição de renda como o “Bolsa Família”, que reduziu os quadros de pobreza e indigência. No entanto, as condições de pobreza ainda permanecem na região de estudo, o mapa16 traz a espacialização da variável renda por domicílios particulares permanentes com rendimento médio nominal mensal domiciliar per capita de 1/8 de salário mínimo, de 1/2 a 1 salário mínimo e de 5 a 10 salários mínimos. Essa informação foi extraída do banco de dados por setores censitários do IBGE (2010).

Grande parcela dos domicílios localizados na região de estudo evidenciam uma condição de renda per capita de 1/8 de salário mínimo. Isso contribui para o entendimento da pressão exercida sobre os recursos naturais, haja vista que devido às baixas condições de renda, a população acaba recorrendo com maior intensidade aos recursos da natureza disponíveis para garantir a sua sustentabilidade. É o caso dos agricultores de subsistência, pescadores, agroextrativistas, pequenos e médios produtores rurais, etc.

Mapa 16 – Espacialização socioeconômica com base nos setores censitários – Variável Renda.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Existe a ausência de uma política efetiva de inclusão social e de oportunidade de geração de renda na região. Esse contexto é perceptível em muitos municípios que se localizam no semiárido, onde parte da população está empregada ou em serviços públicos ofertados pelas prefeituras ou em atividades ligadas ao setor terciário. A outra parte da população na zona rural movimenta o comércio local com a renda obtida por programas sociais ou pela subsistência gerada pelas práticas agrosilvopastoris.

Outro aspecto importante está associado ao aumento das taxas de escolarização de jovens entre 6 a 14 anos nos municípios que compõem a região de estudo: Amontada com 97%; Itapipoca com 97,9%; e Miraíma com 98,6% (IBGE, 2010). Além do incentivo promovido pelo governo do Estado com a expansão de acesso ao ensino médio. A rede estadual na região apresenta com 43 escolas, sendo 1 Centro de Educação de Jovens e Adultos, 9 Escolas Profissionalizantes, 1 Escola do Campo, 1 Escola Indígena, 1 Escola de Tempo Integral e 30 Escolas Regulares (SEDUC, 2016).

Compreende-se que quanto maior é o acesso à educação e a políticas de emprego e geração de renda, melhores são as condições para garantir a sustentabilidade socioeconômica e a justiça social.

O segundo elemento que evidenciou o maior impacto foi a economia local com 45,9, seguido da produção agropecuária/agroextrativista com 28,6, os modos de vidas tradicionais com 27,3, o uso do solo/questão agrária com 22,6 e a atuação das ONGs/cooperativas com 7,6 de influência. A matriz de interação 03 demonstra os resultados.

Matriz 03 – Matriz de dinâmica socioeconômica/agropecuária e agroextrativista (MDSAA).

MATRIZ DE DINÂMICA SOCIOECONÔMICA/AGROPECUÁRIA E AGROEXTRATIVISTA (MDSAA)																																					
Fatores/Elementos Dinamizadores	Ações Motivadoras																												MÉDIAS		ÍNDICE DE DINAMISMO SOCIOECONÔMICO						
	Desorganização dos sistemas econômicos associados à degradação ambiental		Base econômica local diversificada		Oportunidade de trabalho e ação de cooperativas e ONGs no setor primário, secundário e terciário		Política municipal de incentivos para o desenvolvimento econômico local		Acesso a programas de redistribuição de renda		Programas de capacitação profissional/ ensino/obrigação técnica e superior		Atividades socioeconômicas incompatíveis com a capacidade de suporte dos ambientes		Taxa de desemprego significativa e inchaço de fluxos populacionais por questões socioeconômicas		Situação da população em condições de pobreza e de possível esgotamento de recursos naturais		Programas de assistência ao pequeno e médio produtor		Presença de assentamentos de reforma agrária e situação econômica dinâmica		Práticas Agroextrativistas associadas à sustentabilidade das populações locais		Áreas pluviais de culturas temporárias/desvio de arborboles/vermutismo		Alteração no modo de vida da população Local/Novos circuitos produtivos e novos arranjos socioeconômicos e culturais					Assistência técnica e financeira ao pequeno e médio produtor rural na região		Incentivo ao desenvolvimento da agricultura familiar e geração		Demanda de serviços urbanos e infraestrutura favorável para o desenvolvimento socioeconômico local	
	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P				M	P	M	P	M	P
Economia Local	3	4	2	4	1	4	1	4	3	4	1	4	3	4	2	4	2	4	1	4	3	4	3	4	3	4	1	4	1	4	2	4	2	4			
<b>Total</b>	7	7	6	9	5	8	5	8	7	8	4	9	7	7	6	7	6	6	6	9	5	8	6	7	7	9	4	9	4	9	6	10	5	9			
Atuação de ONGs/Cooperativas	NI	NI	1	4	2	4	1	4	1	4	1	4	NS	NS	NS	NS	1	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
<b>Total</b>	NI	NI	2	2	2	3	2	3	1	3	2	3	NS	NS	NS	NS	3	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
Emprego e Renda/Educação/Qualidade de Vida	3	4	2	4	2	4	1	4	3	4	2	4	1	4	1	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	1	4	2	4	2	4	2	4			
<b>Total</b>	6	8	6	10	6	9	5	10	6	9	5	10	5	7	5	6	6	9	5	10	5	10	6	9	6	7	6	10	7	9	6	9	5	8			
Produção Agropecuária/Agroextrativista	4	4	1	4	NS	NS	1	4	NS	NS	2	4	4	4	2	4	NS	NS	1	4	1	4	3	4	3	4	NS	NS	1	4	2	4	2	4			
<b>Total</b>	8	7	5	8	NS	NS	5	8	NS	NS	6	9	8	8	5	6	NS	NS	5	9	4	10	5	10	7	9	NS	NS	4	9	6	9	6	8			
Modos de Vida Tradicionais (agricultores, população ribeirinha, etc.)	1	4	NS	NS	NS	NS	NI	NI	3	4	1	4	3	4	2	4	2	4	1	4	1	4	2	4	3	4	1	4	1	4	2	4	NS	NS			
<b>Total</b>	5	6	NS	NS	NS	NS	NI	NI	6	8	5	10	7	7	6	6	6	7	5	9	4	10	6	10	7	9	4	10	4	9	6	9	NS	NS			
Uso do Solo/Questão Agrária	4	4	2	4	NI	NI	2	4	NS	NS	NI	NI	3	4	NS	NS	2	4	1	4	1	4	2	4	4	4	NS	NS	1	4	2	4	NS	NS			
<b>Total</b>	9	7	6	10	NI	NI	5	10	NS	NS	NI	NI	7	8	NS	NS	6	7	5	10	4	10	6	10	8	9	NS	NS	4	9	6	9	NS	NS			

**Magnitude [M] [I] Possibilidade**  
 Dinâmica (1 a 4) >[ ] [ ] < Ação (1 a 4)  
 Potencialidades (1 a 3) >[ ] [ ] < Ignição (1 a 3)  
 Limitações (1 a 3) >[ ] [ ] < Sustentabilidade Socioeconômica (1 a 3)  
 Soma Magnitude >[ ] [ ] < Soma Importância  
 NI = Não Impactante  
 NS = Não Significativa

Fonte: Baseado em Leopold (1971, Oliveira e Moura (2009), Silva e Moraes (2012), Kurtz et al (2002), Mota e Aquino (2002), Richieri (2006) e Schneider et al. (2011).

#### 6.2.4 Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP)

No processo de construção da Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP) foram observados quais seriam os instrumentos ou agentes de sustentabilidade que ao serem relacionados com as medidas e as interações esperadas para a área de estudo, gerariam o melhor índice de amplitude socioambiental, ou seja, que melhor agiriam na promoção da conservação, gestão e planejamento socioambiental na região da bacia hidrográfica do rio Cruxati. Dessa maneira, na construção do atributo “Magnitude” questionou-se o seguinte:

- i) Qual é a magnitude no processo de descentralização da gestão que leva a integração dos processos de monitoramento e recuperação ambiental envolvendo todos os agentes sociais?;
- ii) Qual é a magnitude do suporte estrutural que os municípios tem como condições reais para o desenvolvimento de uma política ambiental efetiva a nível municipal/regional?;
- iii) Qual é a magnitude do grau de sustentabilidade ambiental para a ação dos agentes públicos e sociais na promoção da gestão participativa, da sustentabilidade ambiental e da justiça social?;

No atributo “Importância” os questionamentos foram baseados nas seguintes questões:

- i) Qual a importância da ação de monitoramento estabelecida pelos agentes do poder público/social na preservação e conservação dos geoambientes?
- ii) Qual a importância de instrumentos que promovam a construção de planos, programas e projetos intersetoriais, regionais, locais e específicos de desenvolvimento dos municípios?
- iii) Qual a autonomia dos município no processo de municipalização da gestão ambiental?

A partir disso, A MSGP corresponde a uma matriz de interação de aspecto qualitativo, que a partir da proposta de um índice de amplitude socioambiental, evidencia a relação entre as medidas e as interações esperadas (resultantes do contexto encontrado na área) e os instrumentos/agentes de sustentabilidade. A matriz de interação 04 apresenta os resultados dessa associação.

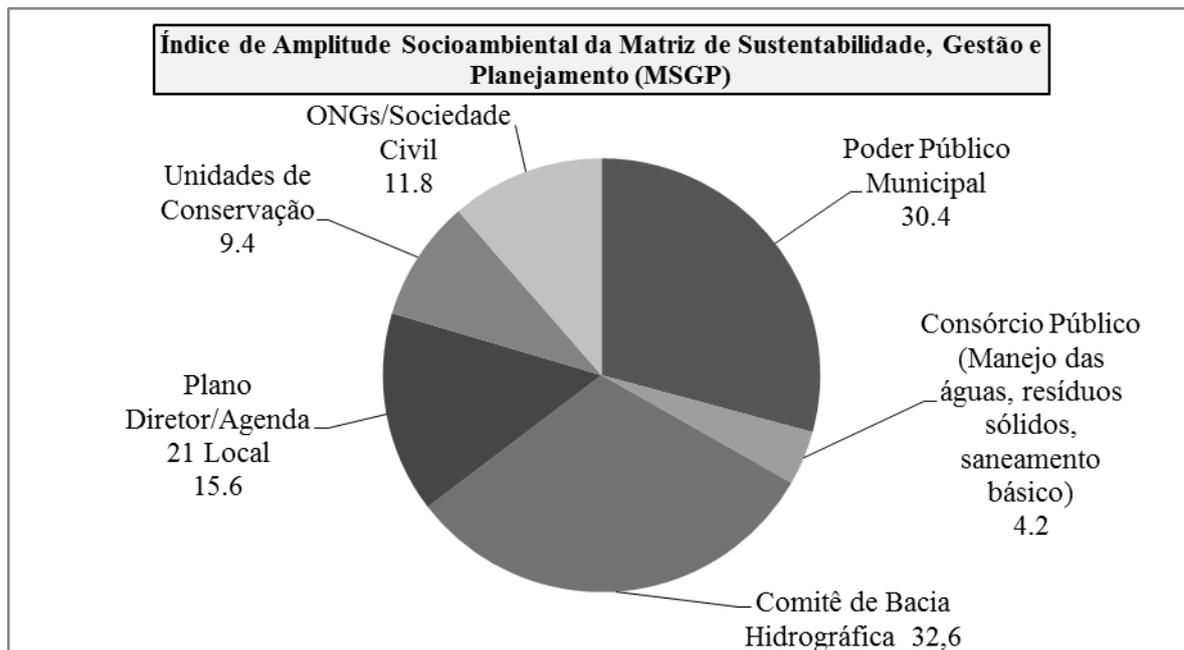
Os índices de amplitude socioambiental são demonstrados no gráfico 33.

Matriz 04 – Matriz de sustentabilidade, gestão e planejamento (MDGP).

MATRIZ DE SUSTENTABILIDADE, GESTÃO E PLANEJAMENTO (MSPG)																																									
Instrumentos/Agêncs de Sustentabilidade	Medidas e Interações Esperadas																																				MÉDIAS		ÍNDICE DE AMPLITUDE SOCIOAMBIENTAL		
	Atuação de monitoramento ambiental		Elaboração de planos de recuperação de áreas degradadas/desertificadas		Elaboração de planos, programas e projetos microlocais, regionais, locais e especiais de desenvolvimento dos municípios		Colaboração no planejamento e execução de atividades de promoção da educação ambiental		Gerenciamento integrado dos recursos hídricos (Monitoramento permanente, educação sanitária, participação da comunidade, etc.)		Inclusão de setores sociais em processos participativos de gestão pública		Integração institucional necessária para o gerenciamento do desenvolvimento sustentável		Promoção de acesso à informação por meio eletrônico sobre os projetos, programas e ações de recuperação ambiental		Implementação das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos		Estratificação, capacitação técnica e gerencial por parte dos municípios em seus órgãos públicos		Apliação de recursos a partir do fundo municipal de meio ambiente para reverter os casos de degradação		Gestão ambiental descentralizada com todos os agentes, em especial os municípios, que são o nível mais próximo das problemáticas		Promover a implementação da Agenda 21 local na questão ambiental dos municípios		Melhoria do processo decisório que leve em consideração a visão de planejamento ambiental (Descentralização e articulação)		Interações entre os setores ambientais e a política econômica, política energética e a política de ordenamento espacial		Plano diretor como definição de toda a política de desenvolvimento, abrangendo todo o território municipal e não apenas a área urbana		Criação de áreas de conservação ambiental e preservação das existentes		M	I					
Poder Público Municipal	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	4,0	7,6	30,4		
	2	2	1	2	2	2	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
Total	4	4	3	8	4	8	7	8	3	8	5	8	3	7	3	8	3	7	6	8	3	7	3	8	3	8	6	8	6	8	3	8	3	8	3	8					
	NS	NS	NI	NI	1	2	NI	NI	1	2	NS	NI	1	2	NS	NS	1	2	NS	NI	NI	1	1	NS	NS	1	2	NS	NS	1	2	NS	NS	1	2	NS	NS	1,3	3,2	4,2	
Consortio Público (Manejo das águas, resíduos sólidos, saneamento básico)	NS	NS	NI	NI	1	3	NI	NI	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS	1	3	NS	NI	NI	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS				
	NS	NS	NI	NI	1	3	NI	NI	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS	1	3	NS	NI	NI	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS	1	3	NS	NS				
Comitê de Bacia Hidrográfica	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	1	2	3	2	NI	NI	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	NI	NI	4,8	6,8	32,6	
	2	3	1	3	2	3	2	2	2	3	3	3	3	2	3	1	3	2	3	NI	NI	2	3	1	3	2	3	2	3	1	3	1	3	NI	NI	NI	NI				
Total	6	8	3	8	6	8	6	6	5	8	8	8	8	6	8	3	7	7	8	NI	NI	6	8	3	8	6	8	6	8	3	8	3	8	NI	NI						
	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	NS	NS	1	2	NS	NS	1	2	NS	NS	NS	NS	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	NI	NI	2,6	6,0	15,6
Plano Diretor/Agenda 21 Local	1	3	1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	NS	NS	1	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	3	NS	NS	NS	NS	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3			
	1	3	1	3	2	3	1	3	1	3	NS	NS	1	2	NS	NS	1	2	NS	NS	NS	NS	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3			
Total	3	8	3	8	6	8	4	8	4	8	NS	NS	3	7	NS	NS	3	7	NS	NS	NS	NS	3	8	3	8	3	8	3	8	3	8	3	8	3	8	3	8			
	1	2	2	2	1	2	2	1	2	NI	NI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	2	Q	NS	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2,0	4,7	9,4
Unidades de Conservação	1	3	1	3	1	3	3	3	1	3	NI	NI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
	1	3	1	3	1	3	3	3	1	3	NI	NI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
Total	3	8	3	8	3	8	8	8	3	8	NI	NI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	2,4	4,9	11,8	
ONGs/Sociedade Civil	1	3	1	1	1	1	3	3	1	3	1	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
	2	3	1	3	1	3	3	3	1	3	1	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
Total	5	8	3	6	3	5	8	8	3	8	3	8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			

Fonte: Adaptado de Leopold (1971), Oliveira e Moura (2009), Silva e Moraes (2012), Kurtz et al. (2002), Mota e Aquino (2002), Richieri (2006) e Schneider et al. (2011).

Gráfico 33 - Índice de Amplitude Socioambiental associado aos instrumentos/agentes de sustentabilidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Os resultados do índice de amplitude socioambiental demonstram que o instrumento/agente de melhor estruturação e de ação na região de estudo é o comitê de bacia hidrográfica com um índice de 32,6. Em seguida surge o poder público municipal como um agente de promoção da sustentabilidade com 30,4 e o plano diretor e a agenda 21 local 15,6, mesmo apresentando um distanciamento entre as propostas e a implementação nos municípios.

A Agenda 21 Local é um instrumento de planejamento de políticas públicas que engloba a sociedade civil e o governo em um processo amplo e participativo de discussão sobre as problemáticas ambientais, sociais e econômicos locais, possibilitando o debate sobre as soluções para esses problemas por meio da identificação e implementação de ações concretas que visem o desenvolvimento sustentável local. No entanto, dos municípios inseridos no contexto da bacia, apenas Itapipoca iniciou a fase de elaboração desse instrumento com a mobilização e a sensibilização da comunidade. Amontada e Miráima ainda não efetivaram o processo de elaboração. Contexto esse, que está associado às discontinuidades geradas pelas mudanças de gestão da máquina pública municipal, que muitas vezes não dão continuidade as ações iniciadas pelas gestões públicas anteriores.

O plano diretor também representa um instrumento de gestão e planejamento ambiental, mas para, além disso, ele surge como definidor de toda a política de

desenvolvimento, abrangendo todo o território municipal e não apenas a área urbana. Amontada e Itapipoca apresentam o plano diretor elaborado. O município de Miraíma não possui, porém encontra-se em fase de elaboração.

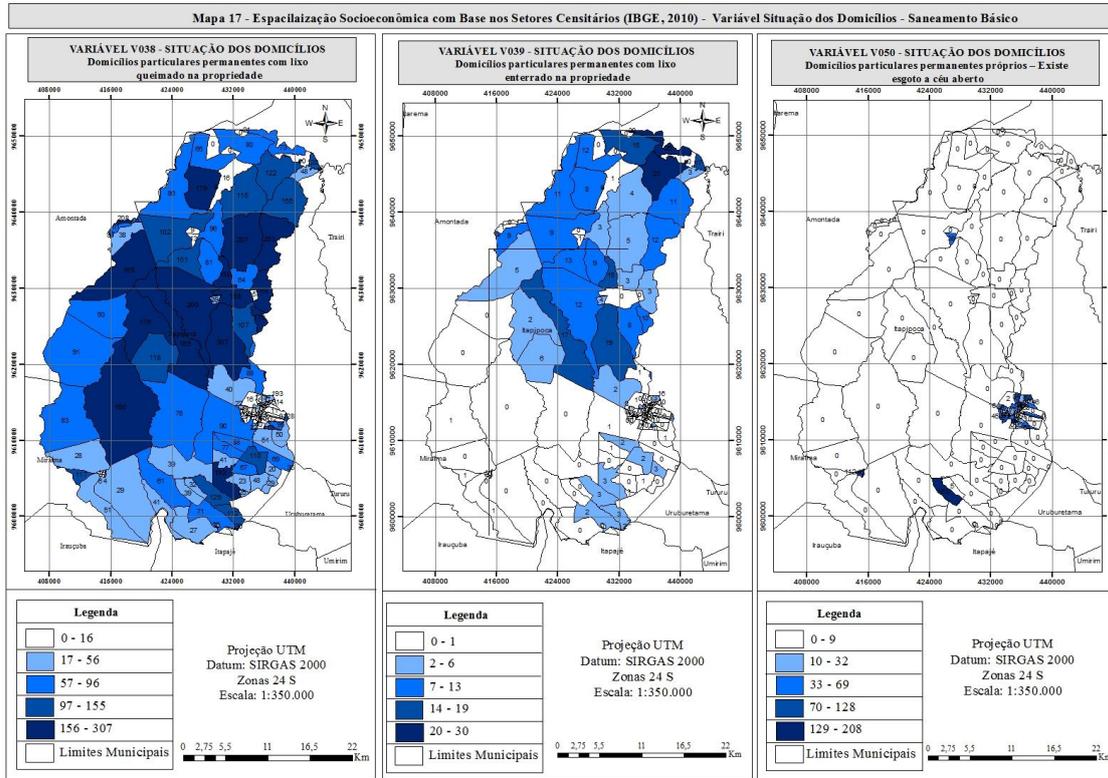
O papel das ONGs e da sociedade surge com um índice de 11,8, seguindo a importância que possuem as unidades de conservação 9,4 e os consórcios públicos com 4,2. Destaca-se a importância da participação popular nos processos de gestão e planejamento, pois os interesses municipais devem traduzir os anseios de todo cidadão sobre o desenvolvimento municipal.

Os consórcios municipais ou intermunicipais públicos surgem como um instrumento que deve ser elaborado entre os municípios da região da bacia do rio Cruxati. Diversos são os desafios para a gestão e o planejamento em bacia hidrográficas semiáridas, que evidenciam usos múltiplos e inúmeras problemáticas socioambientais. Nesse sentido, os consórcios promovem a integração e o compartilhamento de responsabilidades entre os municípios envolvidos no enfrentamento de questões associadas à degradação ambiental, ao saneamento básico, a disposição de resíduos sólidos, ao manejo das águas e do solo, etc. Além de solucionar de maneira participativa e com os recursos financeiros que cada um dispõe. Os mapas 17 e 18 demonstram a situação do saneamento básico (disposição de lixo, esgoto e abastecimento de água) na região de estudo.

A falta de uma política comum de enfrentamento das problemáticas ambientais, a partir da construção de consórcios intermunicipais que visem resolver a questão da disposição de lixo, do tratamento de esgoto e do abastecimento de água ainda é um dos desafios para a sustentabilidade dos municípios localizados no semiárido. O mapa 17 demonstra essa realidade mostrando a elevada concentração de domicílios particulares permanentes com lixo queimado e enterrados nas propriedades. A inexistência do tratamento de água e esgoto no contexto rural também é uma realidade evidenciada pelo mapa 18, demonstrando que grande parte dos domicílios são abastecidos por águas de nascentes, cisternas ou poços existentes nas propriedades.

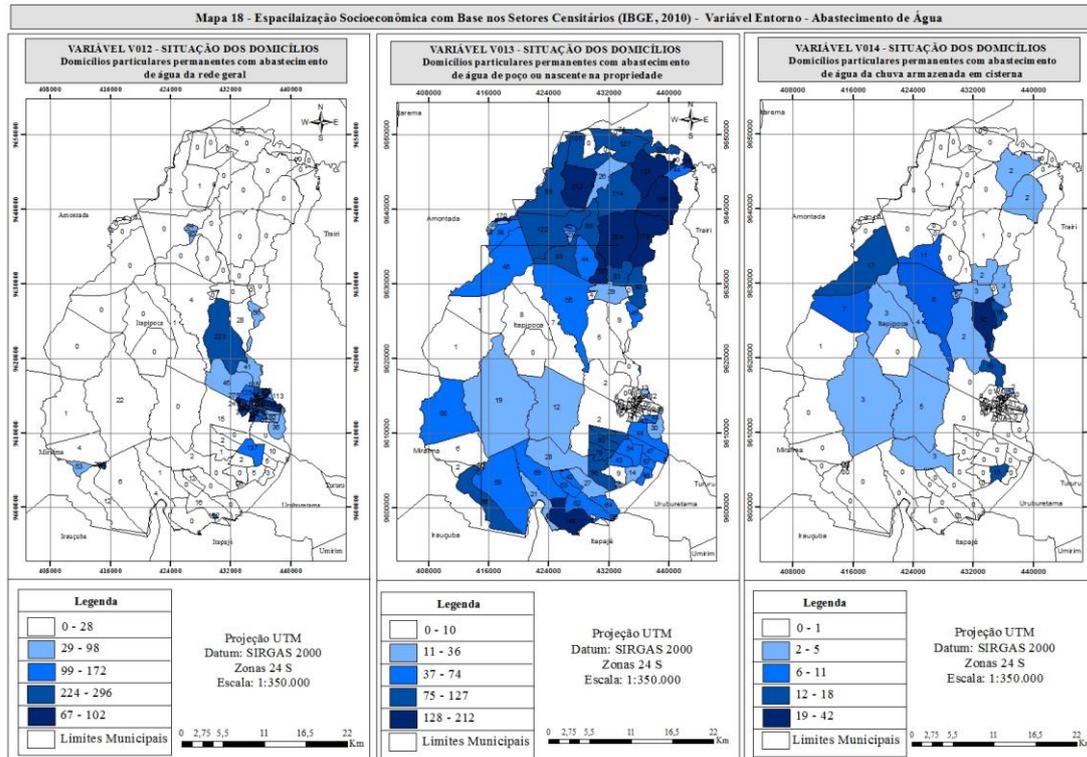
As matrizes interativas 01, 02, 03 e 04 demonstram a relação entre os resultados encontrados no Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA) demonstrados qualitativamente nas matrizes com a integração dos fatores associados na interferência das dinâmicas socioeconômicas e socioambientais.

Mapa 17 – Espacialização socioeconômica com base nos setores censitários – saneamento básico.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

Mapa 18 – Espacialização socioeconômica com base nos setores censitários – abastecimento de água.



Fonte: Elaborado pelo autor, Ronaldo Mendes Lourenço (2017).

## 7 CONCLUSÃO

A formulação e aplicação da “Proposta de Modelo Físico-Socioambiental para o Estudo de bacias Hidrográficas Semiáridas do Nordeste Setentrional”, tornou-se viável com a criação do Estado de Degradação Físico-Ambiental (EDFA) e do Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS).

Os indicadores que compõem o EDFA (Dinâmica Regressiva da Cobertura Vegetal para os períodos de 1985, 2001 e 2015; Dinâmica Progressiva de Solos Expostos/Usos Agropecuário para os períodos de 1985, 2001 e 2015; Severidade Climática (SC); Declividade Média (DM); Erosividade das Chuvas (R); e Erodibilidade dos Solos (K)) demonstraram o impacto potencial que a ação humana vem promovendo na região da bacia hidrográfica do rio Cruxati, como também o grau de pressão que cada indicador naturalmente exerce sobre os recursos naturais.

Observando os resultados apresentados pelo Estado de Pressão Socioeconômica e Socioambiental (EPSS) formado pelas matrizes interativas quali-quantitativas (Matriz Qualitativa de Dinâmica Regressiva e Progressiva de Impacto (MQDRPI); Matriz de Interferência Socioambiental (MIS); Matriz de Dinâmica Socioeconômica/Agropecuária e Agroextrativista (MDSAA); e Matriz de Sustentabilidade, Gestão e Planejamento (MSGP)), compreende-se a inter-relação dos indicadores físico-ambientais com as características socioeconômicas da região de estudo.

De modo interativo, as matrizes proporcionaram o cruzamento das informações geradas pelo EDFA com os elementos existentes do EPSS. A geração dos índices nas matrizes interativas permitiram a visualização dos elementos que possuem maior expressividade dentro dos cenários analisados. Também foi possível confirmar que a área de estudo enfrenta problemáticas que ocasionam os cenários de degradação ambiental no âmbito da bacia.

Reforçamos a ideia de que a estruturação técnica e a adoção de uma agenda ambiental pelos municípios pode ser efetiva para o enfrentamento de problemas no âmbito local e regional. A elaboração de instrumentos como a Agenda 21 Local, representa um passo importante para a mobilização popular. O planejamento e o ordenamento das atividades socioeconômicas na esfera municipal perpassam o plano das diretrizes e propostas que podem garantir a sustentabilidade econômica, o enfrentamento da degradação ambiental e a promoção da justiça social.

Destacando o contexto das bacias hidrográficas e, particularmente, o da bacia piloto deste estudo, é importante entender que a gestão ambiental deve ser pensada no contexto global da bacia, e não apenas no contexto municipal. Nesse sentido, a gestão dos recursos naturais e o ordenamento das práticas socioeconômicas aliadas à promoção da cidadania em nível municipal e regional da bacia hidrográfica do rio Cruxati, deve perpassar as seguintes possibilidades:

- Promover o disciplinamento dos usos e das práticas de exploração dos recursos naturais, com a finalidade de garantir a conservação e a qualidade ambiental por meio de:
  - ✓ Criação de um conselho local de bacia, que promova reuniões e palestras aos agricultores e a sociedade sobre a convivência sustentável com o semiárido;
  - ✓ Estimular a diversificação das práticas agrícolas, através de técnicas de permacultura e agroflorestais que se mostrem adequadas ao modelo de produção familiar;
  - ✓ Realização de cursos para produtores sobre o manejo e uso do solo, e reflorestamento de áreas degradadas com espécies nativas;
  - ✓ Conselhos distritais no âmbito da bacia que visem promover cursos e palestras que reforcem a importância de práticas sustentáveis;
  - ✓ Desenvolvimento de parcerias estratégicas de monitoramento ambiental e de capacitação com Universidades e ONGs;
  - ✓ Priorizar a participação das comunidades locais, conselheiros e lideranças em instituições como os comitês de bacia, conselhos municipais de meio ambiente, etc.
  - ✓ Educação ambiental contextualizada nas escolas como instrumento de conhecimento das potencialidades e limitações do ambiente semiárido;
  - ✓ Criação de Unidades de Conservação (UC) municipais, na categoria de unidades de proteção integral em setores da bacia que evidenciam nível elevado de deterioração.
  - ✓ Promoção de uma política de incentivos a geração de renda com produtores e cooperativas locais;
  - ✓ Incentivar o desenvolvimento da agricultura familiar, com disponibilidade de recursos financeiros e apoio técnico por parte das prefeituras (banco de sementes, disponibilidades de máquinas, etc.);

É fundamental dentro desse contexto, inserir as populações que se situam em condições de maior vulnerabilidade e fragilidade socioeconômica e socioambiental, nos instrumentos de gestão participativos, legitimando a promoção e a ampliação da democracia e justiça social. O estabelecimento de uma política ambiental destinada a sustentabilidade no contexto local das bacias hidrográficas semiáridas, perpassa pela estruturação e organização da gestão e do planejamento ambiental em âmbito municipal e de caráter contínuo.

A municipalização da gestão ambiental é uma questão emergente e necessária para o enfrentamento efetivo dos quadros de degradação ambiental e de execução de uma política ambiental efetiva e participativa.

A hipótese levantada sobre a complexidade das problemáticas de degradação ambiental no contexto das bacias hidrográficas semiáridas, que estariam associadas à ineficiência de políticas de desenvolvimento socioeconômico e da não efetivação da municipalização da gestão ambiental, se concretiza a partir dos resultados observados.

Conclui-se, portanto, que a efetivação desse estudo constitui-se um exercício de cunho metodológico e intelectual. Vivenciar e refletir sobre as questões socioeconômicas e socioambientais que se configuram no ambiente semiárido, nos leva ao entendimento das potencialidades ambientais, econômicas, sociais e culturais que dão identidade a região, mas também nos faz confrontar com a inércia e ineficácia do poder público como agente promotor e regulador das políticas públicas de conservação e recuperação dos recursos naturais e de desenvolvimento social.

Essa conjuntura demonstra um presente em crise, que deve ser superado pelo processo de engajamento popular participativo na tomada de decisões e pela formação de uma consciência coletiva de equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social com a sustentabilidade ambiental.

## REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALBUQUERQUE, A. W. *et al.* Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). **R. Bras. Ci. Solo**, [s.l.]. 2001.
- ALMEIDA, J. R. *et al.* **Política e Planejamento Ambiental**. Ed. Thex: Rio de Janeiro, 2005.
- ALMEIDA, J. R. *et al.* **Planejamento ambiental**. Rio de Janeiro: Thex Editora/Biblioteca Estácio de Sá, 1993.
- ANDRADE, E. *et al.* **Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta para o uso adequado do capital natural**. Fortaleza: 2010. Fortaleza: UFC, 2010. 408 p.
- ANDRADE, Carlos Roberto Monteiro de; ZAIAT, Marcelo. Engenharia, natureza e recursos naturais. In: **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**[S.l: s.n.], 2013.
- AQUINO, C. S. M. de. *et al.* Variações Ambientais, Econômicas e Sociais em Áreas com Risco de Desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí. **Revista de Geografia**, Pernambuco, V. 31, n. 2, p. 36-49, 2014.
- AQUINO, C. S. M. de.; VALLADARES, G. S. Geografia, Geotecnologias e Planejamento Ambiental. **Geografia**, Londrina, v. 22, n.1, p. 117-138, 2013.
- 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.
- ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Revista franco-brasileira de geografia**, [s.l.]. n. 3, p. 1-21. 2008.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Rev. Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.
- AWASTHI ,K. D. *et al.* Land-use change in two nepalese watersheds: gis and geomorphometric analysis. **Land degrad. Develop**, [s.l.]. p. 495–513. 2002
- BAIARDI, A.; MENDES, J. Agricultura familiar no Semi-árido: fatalidade de exclusão ou recurso para o desenvolvimento sustentável? **Socioeconomia**, [s.l.]. v. 8, n. 1, p. 28-41, novembro. 2007.
- BARACUHY, José G. de V. *et al.* Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande,, vol.7, n.1, pp.159-164, 2003.

BARBIRATO, G. M. *et al.* **Clima e Cidade**: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió: EDUFAL, 2007.

BAROUDY, A.A. El. Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt. **Catena**, [s.l.]. 2011

BARROS, S. H. A.. **Estudo dos solos da região metropolitana de Fortaleza para aplicação na Engenharia Rodoviária**. 2005. 186 f. Dissertação de Mestrado. Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, São Paulo. 2005.

BARROW, C. J. **River Basin Development Planning and Management**. A Critical Review. *World Development*: 1 (26): 171-186, 1998.

BARRY, R. G. Modelos em Meteorologia e Climatologia. *In*: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Orgs.). **Modelos Físicos e de Informação em Geografia**. Tradutor: Arnaldo Viriato de Medeiros, revisores técnicos: Antonio Olívio Ceron e Antonio Christofolletti, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos: São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. **Introdução ao sensoriamento remoto e processamento de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2005.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BELTRAME, M. **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC: instrumento para o plano**. p. 274-370, 1995.

BERTALANFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1977, 351p.

BERTOL, I.. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981 – 2009. **Pesq. Agropec. Bras, Brasília**, [s.l.]. v. 29, n. 9, p. 1453 – 1458, 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. **Révue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1971.

BLACK, P.E. **Watershed hidrology**. New York, 1996.

BOARD, C. Os Mapas como Modelos. *In*: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Orgs.). **Modelos Físicos e de Informação em Geografia**. Tradutor: Arnaldo Viriato de Medeiros,

revisores técnicos: Antonio Olívio Ceron e Antonio Christofolletti, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos: São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

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, 2012.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686p.

BRAGA, A. de P. G. et al.. **Projeto Fortaleza. Relatório Final**. Recife – Pernambuco. DNPM/CPRM, 1981. 339 p.

BUAINAIN, A. M. et al. **Peculiaridades regionais da agricultura familiar brasileira**. *In:* SOUZA FILHO, H. M.; BATALHA, M. O. (ORGS). *In:* Gestão Integrada da Agricultura Familiar. São Carlos: EdUFSCar, 2005. 359 p.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, [s.l.]. v.5, n.5, p. 1-12, maio. 2009.

BROWN, E. H. A Geografia Física, seu conteúdo e suas relações. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.35, n.254, p. 14-21, jul./set. 1977.

BUARQUE, S. C. **Metodologia de planejamento do desenvolvimento local e municipal Sustentável**. Projeto de Cooperação Técnica INCRA/IICA PCT – INCRA/IICA, Brasília, 1999.

BURSZTYN, M. A.; BURSZTYN, M. Desenvolvimento sustentável: biografia de um conceito. *In:* NASCIMENTO, E. P. do.; VIANA, J. N. S (Orgs.). **Economia, Meio Ambiente e Comunicação**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

BURSZTYN, M. A.; BURSZTYN, M.. Gestão Ambiental no Brasil: arcabouço institucional e instrumentos. *In:* NASCIMENTO, E. P. do.; VIANA, J. N. S (Orgs.). **Economia, Meio Ambiente e Comunicação**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

CABRAL, L. J. R. S de. et al. Erosividade das Chuvas em Parte do Alto Curso do Rio Banabuiu - Sertão Central do Ceará. **Revista Equador**, Piauí, v.3, nº 2, p. 51-61, 2014.

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. Conceituação de Microbacias. *In:* LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água**: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: Ed. RiMA, 2006. 226p.

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

CARVALHO, Gleuba Maria Borges de Souza. **Geotecnologias Aplicadas na Análise da Vulnerabilidade à Erosão. Bacias dos Rios Aracatiaçu e Aracatimirim (CE)**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2000.

CARVALHO, R. G. de. **Análise de Sistemas Ambientais Aplicada ao Planejamento: estudo em macro e mesoescala na região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN/Brasil.** 2011. 237 f. Tese (Doutorado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de.; KELTING, Fátima Maria Soares.; SILVA, Edson Vicente da. Indicadores Socioeconômicos e Gestão Ambiental nos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 23 (1): 143-159, abr. 2011.

CARVALHO, S. M.. **O Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC como subsídio à gestão ambiental da bacia do rio Quebra-Perna, Ponta Grossa – PR.** 2004. 334 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Geografia), Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2004.

CASQUILHO, José. Ecologia, modelos e impactos: critérios para uma ética do uso (agroflorestal) do solo. **Revista Florestal**, [s.l.]. v. 7, 1994. p. 3-20.

CASTRO, D. M. **Gestão Ambiental: aspectos técnico-científico e político-institucionais. Caso Região dos Lagos, RJ.** 1995. 256 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1995

CAVALCANTE, A. M. B.. Paisagens insulares no semiárido do estado do Ceará. **Revista de Geografia**, Pernambuco, v. 29, n. 3, 2012.

CAVALCANTI, A.P.; SILVA, E.V.; RUA, A; RODRIGUEZ, J.M.M.. **Desenvolvimento Sustentável e Planejamento: bases teóricas e conceituais.** Editora da Universidade Federal de Piauí. Teresina. Brasil, 1997, 251 p.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. *In*: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, 2, 1994, Belo Horizonte, **Anais...SBM**, p.154-157. 1994.

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.

CEDEPLAR & FIOCRUZ. 2008. **Migrações, mudanças climáticas, saúde segurança Pública: cenários para o Nordeste brasileiro, 2000-2050.** Relatório de Pesquisa, Belo Horizonte, CEDEPLAR/FIOCRUZ 2008, 775 p.

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

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. **Modelos Físicos e de Informação em Geografia.** Tradutor: Arnaldo Viriato de Medeiros, revisores técnicos: Antonio Olívio Ceron e Antonio Christofolletti, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos: São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. Modelos, Paradigmas e a Nova Geografia. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Orgs.). **Modelos Físicos e de Informação em Geografia**. Tradutor: Arnaldo Viriato de Medeiros, revisores técnicos: Antonio Olívio Ceron e Antonio Christofolletti, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos: São Paulo, 1975.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971.

CHORLEY, R. J. HAGGETT, P. **Modelos físicos e de informação em Geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1975. 260p

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

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

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

CIRILO, José Almir. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estud. Av.**, [s.l.]. vol.22, n.63, 2008, pp.61-82.

CLAUDINO-SALES, V.. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. **Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 16, p. 125-145, 2004.

CPRM – Serviço geológico do Brasil. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Escala 1:500.000, Ceará. CPRM, 2003.

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.

COLANGELO, A. C. Metodologia em Geografia Física: ciência, tecnologia e geomorfologia experimental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 11, 1997.

COLTRINARI, L. Geomorfologia e mudanças globais: algumas considerações. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 11, 1997.

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

CRISPIM, A. B.. **Sistemas ambientais e vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti - Ce: subsídios ao Ordenamento territorial**. 2011. 234 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

CRISPIM, A. B.; MAGALHAES, C. C. ; NOBRE, M. C. Q. Estado, Políticas Públicas e Secas na História do Ceará. In: Aurineida Maria Cunha; Irma Martins Moroni Silveira. (Org.). **Expressões da Questão Social no Ceará**. Fortaleza: EdUECE, 2013, v. 1, p. 127-180.

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.

DENARDIM, J. E. **Terraceamento em Plantio Direto**. Comunicado Técnico Online. Embrapa, 1999.

DILL, P. R. J. **Gestão Ambiental em Bacias Hidrográficas**. 2007. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DOLLFUS, O. **O Espaço Geográfico**. São Paulo: Difel. 1975.

EASTMAN, R. **TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling software**. Worcester: ClarkLabs, 2016.

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

FARIAS, J. F. **Zoneamento geocológico como subsídio para o planejamento ambiental no âmbito municipal**. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2012. 195 f. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FARIAS, Juliana Felipe. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Palmeira-Ceará/Brasil**. 2015. 223 f. Tese (Doutorado em geografia)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015.

FAUSTINO, J.; JIMÉNEZ, F. **Experiencias internacionales de los organismos de cuencas: programas focuencas II**, Turrialba - Costa Rica: CATIE, 2005. p. 76.

FERNANDES, A. **Temas Fitogeográficos**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.

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**. [s.l.] V. 1. Nº. 1, 2005.

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.

FILHO, Britaldo Silveira Soares; GARCIA, Ricardo Alexandrino; SAWYER, Diana Oya. **Índices de pressão antrópica dos municípios da Amazônia brasileira para estimativa da dinâmica ambiental**. III Encontro Nacional sobre Migrações. Encontro Transdisciplinar sobre Espaço e População. ABEP. Campinas, São Paulo, 2003.

FISCHER, G., Markowski, M., & Antione, J. **Multiple criteria land use analysis**, Working Paper WP-96-006, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1996.

FRANCO, R. M. Principais problemas ambientais municipais e perspectivas de solução. In: PHILIPPI JR et al. (Orgs.). **Municípios e Meio Ambiente: perspectivas para a**

municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999.

FREITAS FILHO, M. R. de.; AMARAL, S.; SOARES, Z. M. L. Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú-CE, Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril, 1996, INPE, p. 151-156.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Projeto Mundaú: Estudo Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú. 1996.** Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/projetos/concluidos/projeto-mundau>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016. p. 59-68

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Sistemas atmosféricos atuantes no Ceará.** Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/saiba-mais/sistemas-atmosfericos-atuantes-sobre-o-nordeste>. Acesso em: 05 de janeiro de 2017. p. 01-05

GALETI, Paulo Anestar. **Conservação do solo: reflorestamento.** 2ª ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

GARCEZ, L. N. **Hidrologia.** São Paulo, Edusp:Edgar Blucher, 1967.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia.** São Paulo. Editora Edgard Blüncher LTDA, 1988.

GARCIA, R. A. *et al.* Metodologias para a criação de indicadores socioambientais em unidades de planejamento em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Mucuri – MG. **Geografias**, Belo Horizonte, 2012.

GASQUES, José Garcia *et al.* Nordeste do Brasil: diagnóstico, cenários e projeções para os anos de 2000 e 2020. In: GOMES, Gustavo Maia et al. (Orgs.). *In: Desenvolvimento Sustentável no Nordeste.* Brasília: IPEA, 1995. Cap. 12, p. 61-118.

GEBREHIWOT, S. G., U. Ilstedt, A. I. Gärdenas, e K. Bishop. Hydrological characterization of watersheds in the Blue Nile Basin, Ethiopia. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s.l.], 2011.

GEORGE, F. H. O Uso de Modelos na Ciência. *In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P.* (Orgs.). **Modelos Físicos e de Informação em Geografia.** Tradutor: Arnaldo Viriato de Medeiros, revisores técnicos: Antonio Olívio Ceron e Antonio Christofolletti, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos: São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física.** São Paulo: Bertrand Brasil, 1992.

GUEDES, G. R. et al. Identificabilidade e estabilidade dos parâmetros no método Grade of Membership (GoM): considerações metodológicas e práticas. **R. bras. Est. Pop.**, Rio de Janeiro, 2010.

GUIMARÃES, Mauro. Educação Ambiental e Gestão para a Sustentabilidade. In: SANTOS, José Eduardo dos. (Orgs.). **A contribuição da educação ambiental à esperança de Pandora**. São Paulo: Rima, 3º ed. 2001; 2003; 2006. p. 183-196.

HAIGH, M. J. Geography and general systems theory. Philosophical homologies and current practice. **Geoforum**, [s.l.], 16 (2): 191-203, 1985.

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; MARIA, I.C. DE; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.C. **A erosão e seu impacto**. p.47-60. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 174p. 2002.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol. Soc. America Bulletin , [s.l.], 56 (3). 1962.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 de novembro de 2012.

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/amontada/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 13 de novembro de 2017.

JACOBI, Pedro. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, 2003.

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).

JARA, C. J. **A sustentabilidade do desenvolvimento local: desafios de um processo em construção**. Brasília: Instituto Intramericano de Cooperação para a Agricultura (IICA): Recife: Secretaria de Planejamento do Estado de Pernambuco, 1998.

JURCA, J.. **Classificações Climáticas: variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático**.1998. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2005.

KLEINPAUL, J. J.. **Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS**. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

KLUTHCOUSKI, J. *et al.* **Integração lavoura - pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

KURTZ; F.C. *et al.* Avaliação de impactos ambientais na ilha das Flores, Porto Alegre (RS). In: I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, **Anais....** Aracaju, 2002.

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

LANNA, A. E. L.. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 1995.

LEAL, Antonio Cezar. Gestão das Águas e Planejamento Ambiental na UGRH Paranapanema: estudos e desafios. **Revista GeoNorte**, [s.l.], v. 4, p. 220-238, 2012.

LEITE C. E. S.; MÖBUS, G. Vulnerabilidade Natural à Contaminação dos Aquíferos da Região de Rochas Sedimentares da Bacia do Rio Mundaú/Ceará. **X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. 1998.

LEITE, F. de A. B. LEITE, F. R. B. GOMES, E. C. B. BRAGA, E. L. BARRETO, M. M. S. MOTA, F. O. B. ROMERO, R. E. Solos do Estado do Ceará: atualização taxonômica. Parte II - Terra Roxa Estruturada Similar, Brunizem Avermelhado, Bruno Não Cálcico, Planossolo, Cambissolo, Vertissolo, Solonetz Solodizado, Solonchak Solonétzico, Laterita Hidromórfica, Solo Aluvial, Solo Litólico, Regossolo, Areia Quartzosa. In: **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, Gramado-RS. Anais... Gramado, 2007.

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, 2007.

LEOPOLD, L.B.; et al. A procedure for evaluating environmental impact. Washington: U. S. Geological Survey, 1971.

LEMOS, J. J. S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 3 p. 406-429, 2001.

LEPSCH, 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**. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.

LIMA, E. C.. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas – Ceará**. 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

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.

- LIMA, S.E.M.; SILVA, E.V.; OLIVEIRA, J.G.B. Proposta de Ampliação do Território da APA do Estuário do Rio Mundaú-CE. *In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, Recife, PE, 2008, p. 1-9.
- LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: Ed. RiMA, 2006. 226p.
- LIMA, W. de P. **Princípios de hidrologia vegetal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. p.242.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas Ciliares**. Conservação e recuperação. 2ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.
- LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1986. 242p.
- LIMBERGER, Leila. Abordagem Sistêmica e Complexidade na Geografia. **Geografia**, [s.l.], v. 15, n. 2, 2006.
- LITTLE, P. E. Os desafios da política ambiental no Brasil. *In: LITTLE, P. E. (Org.). Políticas Ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências*. São Paulo: Peirópolis; Brasília, DF: IIEB, 2003.
- 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, p. 189 – 196, 1992.
- LORANDI, R; CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. *In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. (editores). Conceitos de Bacias Hidrográficas*. Ilhéus – BA: Editora da UESC, 2005.
- LOURENÇO, R. M. **Diagnóstico Físico-Conservacionista como aporte para a análise da degradação no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu (CE) – Brasil**. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- MACEDO, M.F. **Avaliação do sistema de monitoramento dos recursos hídricos e da viabilidade técnica, legal e econômica da aplicação da resolução CONAMA 357/2005 para a sub-bacia do ribeirão das Cruzes (Araraquara-SP)**. 2007. 97p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Araraquara, 2007.
- MAGALHAES, G. B. ; SILVA, E. V. ; ZANELLA, M. E. . Análise Geossistêmica: caminho para um entendimento holístico. **GeoPuc**, Rio de Janeiro, v. 5, p. 1-17, 2010.
- MATALLO-JÚNIOR, H. Sociedade e Meio Ambiente: o fenômeno da desertificação como um caso concreto de transdisciplinaridade. *In: PÁDUA, I. M. M de.; MATALLO-JÚNIOR, H*

(Orgs.). **Ciências Sociais, Complexidade e Meio Ambiente: interfaces e desafios**. Campinas, São Paulo: Papirus, 2008.

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.

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.

MENDES, J. S. **Dinâmica das paisagens da APA do estuário do rio Mundaú: evolução espaço-temporal e potencialidades ambientais**. 2012. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MENDONÇA, F. A. **Ciência, Natureza e Sociedade: interações e desafios**. *In: COSTA DE MENEZES, A. V.; SIQUEIRA PINTO, J. E. S.. (Org.)*. Aracaju: NPGeo/UFS, 2000, v. 1, p. 65-72.

MENDONÇA, F. Geografia Socioambiental. **Terra Livre**: São Paulo, 2001.

MENDONÇA, F. Geografia, geografia física e meio ambiente: Uma reflexão a partir da problemática socioambiental urbana. **Revista da ANPEGE**. [s.l.]. v. 5, 2009.

MENDONÇA, J. C. SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.]. v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

MENDONÇA, K. V. de. *et al.* Análise das Causas Socioeconômicas da Pobreza Rural no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza. Volume 41, Nº 03, Julho – Setembro, 2010.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. UnB/CNPQ, 2012.

MILARÉ, É. Instrumentos legais e econômicos aplicáveis aos municípios. *In: PHILIPPI JR, A; MAGLIO, I. C.; COIMBRA, J. A. A.; FRANCO, R. M. (Org.)*. **Municípios e meio ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil**. São Paulo: ANAMMA; MPO, 1999. p. 33-46.

MORAGAS, W. M. **Análise do sistema ambiental do alto rio Claro - Sudoeste de Goiás: Contribuição ao planejamento e gestão**. 2005. 217 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

MORE, R. J. Os Modelos Hidrológicos e a Geografia. *In*: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Orgs.). **Modelos Físicos e de Informação em Geografia**. Tradutor: Arnaldo Viriato de Medeiros, revisores técnicos: Antonio Olívio Ceron e Antonio Christofolletti, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos: São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

MORGAN, M. A. Modelos Experimentais em Geografia. *In*: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Orgs.). **Modelos Físicos e de Informação em Geografia**. Tradutor: Arnaldo Viriato de Medeiros, revisores técnicos: Antonio Olívio Ceron e Antonio Christofolletti, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos: São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

MORIN, Edgar. **A Via para o Futuro da Humanidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

MORIN, Edgar. **Introdução ao Pensamento Complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2011. 120 p.

MORIN, Edgar. **O problema Epistemológico da Complexidade**. 3ª ed. Lisboa: Publicações Europa-América, 2002.

MOTA, S.; AQUINO, M.D. Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais. *In*: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, **Anais SIBESA**, Vitória: 2002.

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. 5.ed. São Paulo, Nobel, 1981. 376p.

MOURA, M.O. **O Clima de Fortaleza sob o Nível do Campo Térmico**. 2008. 319 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, 2008.

MULLER, J. Implantação de sistemas municipais de meio ambiente e diversidade de municípios. *In*: PHILIPPI JR *et al.* (Orgs.). **Municípios e Meio Ambiente**: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999.

MYRRHA, L. J. D.; WAJNMAN, S. Características e Heterogeneidade do Emprego Doméstico no Brasil. **Revista ABET**, [s.l.]. 2007.

NADALETO, C. E. S. **A Superação do Desenvolvimento pelo Dinamismo do Envolvimento Rural**. Editora Unijuí: 2013.

NASCIMENTO, F. R do. *et al.* Diagnóstico Geoambiental da bacia hidrográfica semiárida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 28, n. 1, p. 41-62, 2008.

NASCIMENTO, F. R. do.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**. Sobral. v. 6, n. 1, 2005.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do. **O Fenômeno da Desertificação**. Goiânia: Editora UFG, 2013. 240 p.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Três Lagoas**, Três Lagoas, v. 5, n.7, p. 102-121, 2008.

NEDER, R. T. **Crise Socioambiental**: estado e sociedade civil no Brasil (1982-1998). São Paulo: Annablume: Fapesp, 2002.

NEVES, E. M. S. C. Os municípios e os sistema de governança ambiental brasileiro. *In*: SECRETO, M. V.; CARNEIRO, M. J.; BRUNO, R. (Orgs.). **O campo em debate**: terra, homens e lutas. Rio de Janeiro: Mauad X; Seropédica, RJ: EDUR, 2008.

NOLÊTO, T. M. S. J. **Suscetibilidade geoambiental das terras secas da microrregião de Sobral – CE à desertificação**. 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. São Paulo: Edgar Blücher, 1992. 308p.

NUNES, M. R. *et al.* Gestão Ambiental Municipal: objetivos, instrumentos e agentes. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, [s.l.]. 2012.

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

OLIVEIRA, F. C. DE; MOURA, H. J. T. DE. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados No Ceará. **Pretexto**. Belo Horizonte. v. 10 , n. 4. 2009. p. 79-98

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

PESSOA, Carla Daniele de Sales. Perda de biodiversidade e processo de desertificação no semiárido brasileiro, O caso de Irauçuba-CE. *In*: SAMPAIO, Levi Furtado *et al.* (Orgs.). **Diálogos sobre Sociedade, Natureza e Desenvolvimento**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 99-112.

PHILIPPI JR., Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília F. Alguns Pressupostos da Educação Ambiental. *In*: PHILIPPI JR., Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília F. (Orgs.). **Educação Ambiental**: desenvolvimento de cursos e projetos. 2ª. Ed. São Paulo: Signus Editora, 2002.

PHILIPPI JR.; A; ZULAUF, W. Estruturação dos municípios para a criação e implementação do Sistema de Gestão Ambiental. *In*: PHILIPPI JR *et al.* (Orgs.). **Municípios e Meio Ambiente**: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil. São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999.

PHILIPPI Jr., A.; BRUNA, G. C. Política e gestão ambiental. *In*: PHILIPPI JUNIOR, A., ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Orgs.). **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004. cap. 18, p. 657- 711.

PINHEIRO, L. A. F. V. **Sensoriamento Remoto**. disponível em: <http://pt.shvoong.com/exactsciences/earthsciences/1100035-sensoriamento-remoto/>. Shvoong. Publicado maio de 2007.

QUEIROZ, P. H. B. **Planejamento ambiental aplicado a um setor do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti-CE**. 2010. 207 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

REGO, L. F. G. O uso de sistemas de informações geográficas para o estudo do espaço geográfico. In: RUA, J (Org.). **Paisagem, espaço e sustentabilidades: uma perspectiva multidimensional da Geografia**. Rio de Janeiro: Ed. PUC, 2007.

REIS, M. C. dos. O debate desenvolvimentista e as representações do desenvolvimento local. In: SECRETO, M. V.; CARNEIRO, M. J.; BRUNO, R. (Orgs.). **O campo em debate: terra, homens e lutas**. Rio de Janeiro: Mauad X; Seropédica, RJ: EDUR, 2008.

RICHERI, S. M. M. **Estudo do impacto das mudanças climáticas globais nos mangues tropicais**. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia Mauá, São Caetano do Sul, 2006.

RITTER, K. La organización del espacio en la superficie del globo y su función en el desarrollo histórico. In: MENDOZA, J. G., JIMENEZ, J. M., CANTERO, N. O. (orgs.). El pensamiento geográfico. **Estudio Interpretativo y Antología de Textos** (De Humboldt a las tendencias radicales). Madrid: Alianza Editorial, 1982.

ROCHA, Jorge. Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica para produção de cartografia de Uso e Ocupação do Solo. **Finisterra**, [s.l.]. v. 40, n. 80, 2005.

RODRIGUES, Arlete Moysés. A Abordagem Ambiental Unifica as Geografias?. In: MENDONÇA, Francisco de Assis.; LOWEN-SAHR, Cicilian Luiza.; SILVA, Márcia da. (Orgs.). **Espaço e Tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico**. Curitiba: Associação de Defesa e Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonina (ADEMADAN), 2009. p. 167-180.

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, 1995. Cap. 12, p. 263-302.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da.. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da.; CAVALCANTI, A. P. B.. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2. Ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

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.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente da. **Educação Ambiental e Desenvolvimento sustentável: problemática, tendências e desafios**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 133-137, 1998.

ROMKENS, M. J. M; PRASAD, S. N.; POESEN, J. W. Soil erodibility properties. **Anais of the VIII Congress of the ISSS**. Hamburg, 1987. p. 492-503.

ROMKENS, M. J.M.; YOUNG, R.A.; POESEN, J.W. A; McCOOL, D.C.; EL-SWAIFY, S.A.; BRADFORD, J.M. Soil Erodibility Factor (K). In: RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A; McCOOL, D. K.; YODER, D.C. (Coordinators), **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation, Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: USDA/ARS, Agriculture Handbook n° 703, p. 65 – 100, 1997.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**. [s.l.]. 2005. p. 81-90.

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

RUA, J. et al. Paisagem, espaço e sustentabilidades: uma perspectiva multidimensional da Geografia. In: RUA, J (Org.). **Paisagem, espaço e sustentabilidades: uma perspectiva multidimensional da Geografia**. Rio de Janeiro: Ed. PUC, 2007.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. Dissertação (Mestrado em Geomática). Programa de Pós-Graduação em Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SÁNCHEZ, L. E.; HACKING, T. An approach to linking environmental impact assessment and environmental management systems. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 20, n. 1, p. 25-38, 2002.

SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfo-pedológicos e fito-ecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba – Ceará**. 2003. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de São Paulo, 2000.

SALES, Marta Celina Linhares. Evolução dos Estudos de Desertificação no Nordeste Brasileiro. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 11, pp.115-126, 2002.

SAMPAIO, J. L. F.. **As águas, a seca e o estado**. In: SILVA, José Borzacchiello da. *et al.* (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 211-229.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

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**. [s.l.]. v.4, nº. 3, p.142–149, 2010

SANTOS, Jader de O.; SOUZA, M. J. N. Impactos ambientais e riscos de ocupação na bacia hidrográfica do rio Cocó-Ceará. 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.

SANTOS, Milton. **Por uma Outra Globalização do Pensamento Único à Consciência Universal**. Rio de Janeiro: Editora Record, 2000.

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

SIMPLÍCIO, A. A. *et al.* **A caprinocultura-ovinocultura de corte como alternativa para a geração de emprego e renda**. Sobral: Embrapa Caprinos. 2004. 44 p.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A F. M (Eds). **Conceito de bacias hidrográficas, teoria e aplicação**. Editora da UESC, Ilhéus, 289p. 2002.

SEDUC. Secretaria de Educação do Estado do Ceará. **Avaliação e Acompanhamento educacional**. Disponível em: <https://www.seduc.ce.gov.br/avaliacao-e-acompanhamento-educacional>. Acesso em: 13 de agosto de 2017.

SCHIAVETTI, A. & CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas**. Editora da UESC, 2002.

SCHNEIDER, V.E.; *et al.* **Proposta metodológica para avaliação das ações antrópicas impactantes aplicada a elaboração de planos ambientais municipais**. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2011.

SENA, P. S. **Diálogos na fronteira sócio-ambiental**. Lorena: Stiliano, 1999.

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.

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

SILVA, Edson Vicente da. Interdisciplinaridade e Complexidade no Planejamento e Gestão Territorial. *In: SEABRA, Giovanni. (Org.). Educação Ambiental: conceitos e aplicações.* João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. p. 35-45

SILVA, R. M. A. da. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semiárido. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 18, n. 1/2, p. 361-385, jan./dez. 2003.

SILVA, A. L. E.; MORAES, J. A. R. Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais em uma indústria plástica. *In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção.* Bento Gonçalves. 2012.

SKILLING, H. An operational view. **American Scientist**, n. 52, 388A-396<sup>a</sup>, 1964.

SOTCHAVA, V. B. **Estudos dos Geossistemas: Método em Questão.** IGEO/USP. São Paulo, 1977.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. *In: LIMA, LC.; SOUZA, M. J. N.; MORAES, J. O. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.* Fortaleza: FUNECE, 2000, 268 p.

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. J. N. de. *et al.* Sistemas ambientais e capacidade de suporte na bacia hidrográfica do rio Curu-Ceará. **Revista continentes**, Rio de Janeiro, ano 1, n. 1, 2012.

SOUZA, M. J. N. de.; OLIVEIRA, V. P. V de. Os Enclaves Úmidos e Sub-Úmidos do Semiárido Do Nordeste Brasileiro. **Mercator**, Fortaleza. v. 5, n. 9, nov. 2008.

SOUZA, M. J. N. *et al.*. **Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará.** Fortaleza: FUNCEME, 2009.

STHALLER, A. N. **Systems theory and physical geography.** Physical Geography, 1 (1): 1-27, 1980.

STURGES, H. A. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association.** 1926; 21(153): 65-66.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e interdisciplinaridade: Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. **Geosul**, [s.l.]. v.18, n.35, 2003.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p.11-24, 2º semestre, 2001.

SUERTEGARAY, D.M.A. Ambiência e pensamento complexo: Resignific(ação) da Geografia. *In: Silva, A.D. & Galeno, A. (orgs.). Geografia – Ciência do Complexus. Ensaios Transdisciplinares.* Curitiba: Ed. Sulina/UFPR, p. 181-208, 2004.

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

\_\_\_\_\_. **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., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. Centerton. 1955.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005. 69 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TONELLO, K. C. *et al.* Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, [s.l.]. v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TONIOLO, E. R.; KAZMIERCZAK, M. L. Análise Ambiental da Bacia do Rio Mundaú Para Fins de Recuperação de Áreas Degradadas. **Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 235-246.

TORRES, Maria Betânia Ribeiro. Diferentes Dimensões da Relação Sociedade-Natureza. *In*: SEABRA, Giovanni. (Org.). **Educação Ambiental: conceitos e aplicações**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. p. 47-63

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. 1993. p. 182-193.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. [s.l.]. vol. 7, N.1, jan/mar, 2002.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI - Enfrentando a Escassez**. São Carlos: Rima, IIE, 2ª ed. 2005.

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

VALE, C. C. do. Teoria Geral do Sistema: histórico e correlações com a Geografia e com o estudo da paisagem. **Entre-Lugar**, Dourados, MS, 2012.

VALLE-JÚNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do Rio Uberaba**. 2008. 233 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VAREJÃO -SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. 2. ed. Brasília, DF: INMET, 2001. 532p.

VASCONCELOS, E. A. F. de. **Aspectos Socioeconômicos da Carcinicultura e Caracterização de Água: um estudo investigativo no distrito de Mundaú**. 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 2012.

VERGARA, S. C. O Papel do Município no Atual Contexto Nacional e Internacional. *In*: VERGARA, S. C.; CORRÊA, V. L. de. A. **Propostas para uma gestão pública municipal efetiva**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004.

VESENTINI, J. W.; VLACH, V. **Geografia Crítica**. São Paulo: Ática, 2001.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003.

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

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas Consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem** . Rio Claro, vol. 2 , n.2, julho/dezembro,2007, p. 107

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D.. Predicting rainfall erosion losses. **Agricultural Handbook**, nº 537, Soil Conservation Service. Department of Agriculture, United States. 1978.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Rainfall energy and its relationships to soil loss**. Trans. Am. Geophys. Union, Washington, 39:285-291, 1958.

WÜST, C. *et al.* A Pecuária e sua influência impactante ao meio ambiente. *In*: **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Porto Alegre, 2015.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Geoprocessamento e análise ambiental. Rio de Janeiro, **Revista Brasileira de Geografia**, no. 54, jul-set, 1992. p. 47-61.

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, 2009, p. 191-215.

ZANELLA, M. E. Caracterização climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará.. *In*: José Borzacchiello da Silva; Eustógio Wanderlei Dantas; Tércia Cavalcante. (Org.). **Geografia do Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. 2ª ed. Fortaleza: Ed. Demócrito Rocha, 2007.