



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

GEYZIANE LIMA DE CASTRO

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSIDIOS
AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL**

Fortaleza
2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

GEYZIANE LIMA DE CASTRO

MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSIDIOS
AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – PROP GEO/UECE, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Geografia. Área de concentração: Análise geoambiental e ordenação do território nas regiões semiáridas e litorâneas.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Brito da Cruz

Fortaleza
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Estadual do Ceará
Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho
Bibliotecário Responsável – Francisco Welton Silva Rios – CRB-3 / 919

C355m Castro, Geyziane Lima de
Mapeamento e análise dos sistemas ambientais na sub-bacia hidrográfica do rio Aracoiaba: subsídios ao planejamento territorial / Geyziane Lima de Castro. – 2013.
CD-ROM. 141 f. : il. (algumas color.) ; 4 ¾ pol.

“CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm)”.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia, Fortaleza, 2013.

Área de Concentração: Análise geoambiental e ordenamento de territórios de regiões semiáridos e litorâneas.

Orientação: Profa. Dra. Maria Lúcia Brito da Cruz.

1. Mapeamento – Aracoiaba (CE). 2. Planejamento ambiental – Aracoiaba (CE). 3. Sistemas ambientais – Aracoiaba (CE). 4. Sub-bacia hidrográfica – Aracoiaba (CE). Título.

CDD: 910



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UECE-ProPGeo



FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome da Dissertação: "MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSIDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL".

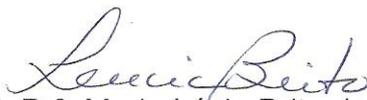
Data da Defesa: 31/01/2013

Nome da Autora: Geyziane Lima de Castro

Nome da Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Brito da Cruz

Trabalho apresentado ao Programa de Pós Graduação em Geografia – CCT/UECE, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenamento de Territórios de Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

BANCA:


Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Brito da Cruz
Universidade Estadual do Ceará – UECE


Prof. Dr. Lutiane Queiroz de Almeida
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - URFN


Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Aos meus pais Fátima e Luiz Carlos pelo amor, carinho e dedicação em todos os momentos da minha vida.

A minha irmã Gleyciane pelo incentivo e apoio.

E ao meu amor, Ítalo, pelo companheirismo e compreensão na minha caminhada geográfica.

AGRADECIMENTOS

Redigir os agradecimentos significa perceber a conclusão dessa etapa de vida, que foi construída por muitas mãos, por muitas conversas, orientações e pensamentos positivos. São para essas pessoas que torceram e que estiveram ao meu lado que dedico meus sinceros agradecimentos.

Agradeço primeiro a Deus por me permitir chegar até aqui com saúde e desfrutar desse momento com as pessoas que mais amo.

Agradeço aos meus pais Fatima Castro e Luiz Carlos, pelo amor incondicional, pelo apoio, pelo respeito a minha escolha profissional e pela a oportunidade de conviver com eles, meus maiores ídolos.

Agradeço ao meu amor, Ítalo Brandão, que sempre esteve ao meu lado durante a minha vida profissional, pelo companheirismo, pela compreensão nos momentos ausentes, pela grande ajuda em todas as etapas deste trabalho e por todo seu amor dedicado a mim.

Agradeço a minha irmã Gleyciane Castro e ao meu cunhado Weydson Castro pelo carinho, apoio e pelos momentos de descontração juntos.

Agradeço a minha vó Rosalba, aos meus tios, tias, primos e primas pela torcida e pela contagem regressiva para o término deste trabalho.

Agradeço a minhas madrinhas Conceição e Raimunda, pelas orações e pela torcida.

Agradeço a minha orientadora Professora Lúcia Brito, pelas oportunidades, pelas conversas, pelas orientações, pelos momentos de descontração, e principalmente agradeço por ela ser uma estimuladora de sonhos e por abrir portas quando todas as outras estão fechadas. É uma honra tê-la como orientadora.

Agradeço ao Professor Marcos Nogueira, a oportunidade de tê-lo na minha banca, pelas contribuições a minha pesquisa, pelo exemplo de exímio pesquisador, pela ética com que trata a Ciência e a Sociedade e pela paciência de repassar sua gama de conhecimentos a todos nós.

Agradeço ao Professor Lutiane, pelas preciosas contribuições, estímulos e amizade. É uma satisfação tê-lo em minha banca.

Agradeço aos colegas de mestrado, pelos momentos vividos juntos, Aline Braúna, Joselito Teles, Raimundo, Mariana, Gustavo, Abner, Victa, Eudes, Felipe, Sharon e Djailson.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento e do Laboratório de Geografia Física, em especial, Andrea Crispim, Iaponan Cardins, Elias, Luciana e Layanne.

Agradeço aos meus grandes amigos, conselheiros, co-orientadores, que tiveram paciência comigo, Leila (Francisca Leiliane), Aline Braúna e Joselito Teles, vocês acreditaram em mim quando até eu duvidava. Juntos, somos mais fortes!

Agradeço a Dona Júlia pela paciência e atenção com que trata a todos na coordenação do PROP GEO.

Agradeço aos amigos da FUNCEME que apoiaram a construção deste trabalho com a disponibilização de todos os dados existentes sobre a área de estudo, especialmente, Margareth, Neuma, Messias, Sônia, Manuel Rodrigues, Ana, Zilnice, Aldemisa e aos bolsistas e ex- bolsistas, Sérgio Rocha (bolsista e grande amigo), Rony Iglecio, Rosa Maranhão, Valdete Lira e Regivânia.

Agradeço a Andressa Hellen (Cabeçona) e toda sua família pelo apoio desde os tempos de escola.

Agradeço a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa que possibilitou a realização desse estudo.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão dessa pesquisa.

RESUMO

A necessidade de conhecer melhor as características naturais do ambiente é fundamental para a melhor organização do espaço, tendo em vista a melhoria da qualidade de vida da população. Sob este aspecto a presente pesquisa visa mapear e analisar os sistemas ambientais existentes na sub-bacia do rio Aracoiaba na busca de subsidiar o planejamento territorial, utilizando a bacia hidrográfica como categoria de análise. A sub-bacia em estudo apresenta uma significativa importância no contexto do semiárido cearense, tendo em vista abrigar um brejo de altitude, que concentra nascentes fluviais importantes para o abastecimento da região metropolitana de Fortaleza. A sub-bacia tem aproximadamente 604 km² que representa 4% da bacia Metropolitana e 11% da bacia do Choró. O estudo na sub-bacia se justifica pelo fato desta abrigar ambientes distintos em potencialidades, limitações e em tipos de uso. A metodologia sistêmica foi utilizada para a delimitação e análise dos sistemas ambientais de forma integrada, e de modo complementar, utilizou-se a ecodinâmica de Tricart, adaptada por Souza (2000) para analisar os graus de vulnerabilidade dos sistemas ambientais da sub-bacia. Os impactos constatados foram desmatamento indiscriminado, queimadas, poluição dos solos e dos recursos hídricos, agravamento de processos erosivos, empobrecimento da biodiversidade, dentre outros. Além dos impactos verificou-se ineficiente mobilização do poder público na tentativa de minimizar os processos de degradação existentes nas unidades ambientais. Contudo, após a delimitação dos sistemas ambientais, definiram-se os graus de vulnerabilidade do ambiente na busca de alcançar a sustentabilidade e subsidiar o planejamento territorial para a sub-bacia do Aracoiaba.

Palavras-chave: Mapeamento, Sistemas Ambientais, Sub-bacia hidrográfica, Vulnerabilidade Ambiental e Planejamento Territorial.

ABSTRACT

The need to better understand the characteristics of the natural environment is essential to better organization of space, with a view to improving the quality of life. In this respect the present research aims to map and analyze the environmental systems in the basin of the river in search of subsidizing Aracoiaba territorial planning, using the watershed as a category of analysis. The watershed study shows a significant importance in the context of semiarid Ceará, in order to house a swamp of altitude, which focuses major river springs to supply the metropolitan area of Fortaleza. The basin is approximately 604 km² which represents 4% of the watershed and 11% of metropolitan basin Choró. The study in the sub-basin is justified by the fact that in different host environments strengths, limitations and types of use. A systemic methodology was used for the delineation and analysis of environmental systems in an integrated manner, and in a complementary manner, we used the ecodynamics of Tricart, adapted by Souza (2000) to analyze the degree of vulnerability of environmental systems in the sub-basin. The impacts noted were indiscriminate deforestation, fires, pollution of soil and water resources, worsening erosion, loss of biodiversity, among others. Besides the impacts found to be inefficient mobilization of government in an attempt to minimize the degradation processes in existing environmental units. However, after the delimitation of environmental systems, defined the degree of vulnerability of the environment in the pursuit of achieving sustainability and help plan for the territorial basin Aracoiaba.

Keywords: Mapping, Environmental Systems, Sub-basin, Environmental Vulnerability and Territorial Planning.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 01: Localização da sub-bacia do rio Aracoiba dentro da bacia do rio Choró e da Bacia Metropolitana..... | 33 |
| Figura 02: Parte do Mosaico GeoCover ETM+ Landsat-7 referente a área que cobre a sub-bacia hidrográfica do rio Aracoiba | 35 |
| Figura 03: Imagem hipsométrica colorida referente à área que cobre a sub-bacia hidrográfica do rio Aracoiba..... | 35 |
| Figura 04: Área de interseção da área de estudo com a APA de Baturité | 38 |
| Figura 05: Trajeto percorrido em atividade de campo em 2011 e 2012 | 42 |
| Figuras 06 e 07: Localização da sub-bacia do Aracoiba no estado do Ceará com representação gráfica de sua porcentagem nas bacias Metropolitana e do Choró... | 44 |
| Figura 08: Perfil Longitudinal do rio Aracoiba..... | 56 |
| Figura 09: Depressão Sertaneja no município de Baturité | 56 |
| Figura 10: Agrovila situada numa mancha de Tabuleiro Interior no município de Aracoiba | 57 |
| Figura 11: Planície alveolar com plantação de cana-de-açúcar | 58 |
| Figura 12: Açude Tijuquinha..... | 81 |
| Figura 13: Açude Aracoiba | 81 |
| Figura 14: Pico Alto em Guaramiranga, presença da vegetação plúvio nebulosa | 91 |
| Figura 15: Vegetação Mata Seca no município de Redenção..... | 92 |
| Figura 16: Vegetação Caatinga no município de Baturité | 93 |
| Figura 17: Transporte Escolar legalizado pela prefeitura de Baturité..... | 97 |
| Figura 18: Unidade Básica de Saúde – Luiz Gonzaga Silveira, município de Redenção..... | 101 |
| Figura 19: Porcos soltos no município de Baturité | 104 |
| Figura 20: Construção de Condomínios em Guaramiranga | 106 |
| Figura 21: Esgoto a céu aberto em Baturité..... | 106 |
| Figura 22: Acúmulo de lixo na margem do rio Aracoiba | 107 |

| | |
|--|-----|
| Figura 23: Lixão a céu aberto em Aracoiaba e Redenção..... | 107 |
| Figura 24: Desmatamento para o cultivo..... | 108 |
| Figura 25: Produção de carvão vegetal | 108 |
| Figura 26: Extração de Madeira no município de Aracoiaba e Baturité | 109 |
| Figura 27: Plantação de bananeiras as margens do riacho | 109 |
| Figura 28: Planície Fluvial do rio Aracoiaba a montante e a jusante do açude Aracoiaba | 113 |
| Figura 29: Planície lacustre / área de inundação do Açude Aracoiaba | 113 |
| Figura 30: Plantação de Cajueiro no Tabuleiro argiloso..... | 114 |
| Figura 31: Depressão Dissecada no município de Baturité..... | 115 |
| Figura 32: Crista residual e Serra do Ubirajara (esquerda para direita) | 115 |
| Figura 33: Planície alveolar no município de Aratuba | 116 |
| Figura 34: Platô Central úmido (Guaramiranga)..... | 117 |
| Figura 35: Planície Alveolar no Platô Meridional | 117 |
| Figura 36: Vertente Setentrional..... | 118 |
| Figura 37: Rio Aracoiaba na vertente oriental úmida no município de Guaramiranga (Cachoeira do Perigo) | 119 |
| Figura 38: Vertente Oriental Sub-úmida..... | 119 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 01: Classificação das Paisagens por Bertrand | 27 |
| Quadro 02: Ecodinâmica das paisagens, vulnerabilidade e sustentabilidade ambiental..... | 30 |
| Quadro 03: Litologia da Sub-bacia do Aracoiaba | 59 |
| Quadro 04: Feições Geomorfológicas da sub-bacia do Aracoiaba | 61 |
| Quadro 05: Número de Poços por município | 82 |
| Quadro 06: Classes de solos da sub-bacia do Aracoiaba e suas principais características | 87 |
| Quadro 07: Síntese dos Sistemas Ambientais | 121 |
| Quadro 08: Vulnerabilidade Ambiental nos Sistemas Ambientais na sub-bacia do Aracoiaba | 131 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 01: Trabalhos relacionados à APA de Baturité e a área de estudo | 39 |
| Tabela 02: Representatividade dos municípios pertencentes à sub-bacia do rio Aracoiaba | 46 |
| Tabela 03: Total Anual da Precipitação em Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guramiranga, Redenção e Mulungu (1983 – 2012) | 67 |
| Tabela 04: Média mensal da precipitação (mm) nos municípios de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guramiranga, Redenção e Mulungu no período de 1983 – 2012. | 70 |
| Tabela 05: Temperatura mensal estimada em graus celsius para os municípios de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu..... | 72 |
| Tabela 06: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Aracoiaba, Ceará | 74 |
| Tabela 07: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Aratuba, Ceará | 75 |
| Tabela 08: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Baturité, Ceará | 76 |
| Tabela 09: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Guaramiranga, Ceará..... | 77 |
| Tabela 10: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Mulungu, Ceará | 78 |
| Tabela 11: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Redenção, Ceará | 79 |
| Tabela 12: População residente nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção nos anos 2000 e 2010 | 97 |
| Tabela 13: População com renda mensal de até R\$ 70,00 nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010..... | 100 |
| Tabela 14: Domicílios particulares permanentes, por forma de abastecimento de água, nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010 | 101 |
| Tabela 15: Total de domicílios com algum tipo de esgotamento nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010..... | 102 |
| Tabela 16: Destino dos resíduos sólidos nos domicílios particulares permanentes, nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010 | 103 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 01: Distribuição da precipitação total anual em Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu | 68 |
| Gráfico 02: Distribuição da Média Mensal dos municípios de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu (1983 – 2012) | 71 |
| Gráficos 03, 04, 05, 06, 07 e 08: Temperatura mensal estimada para os municípios de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu | 73 |
| Gráfico 09: Balanço Hídrico do Município de Aracoiaba | 74 |
| Gráfico 10: Balanço Hídrico do Município de Aratuba | 75 |
| Gráfico 11: Balanço Hídrico do Município de Baturité | 76 |
| Gráfico 12: Balanço Hídrico do Município de Guaramiranga | 77 |
| Gráfico 13: Balanço Hídrico do Município de Mulungu | 78 |
| Gráfico 14: Balanço Hídrico do Município de Redenção | 79 |
| Gráfico 15: Aracoiaba - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino .. | 98 |
| Gráfico 16: Aratuba - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino | 98 |
| Gráfico 17: Baturité - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino | 99 |
| Gráfico 18: Guaramiranga - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino | 99 |
| Gráfico 19: Mulungu - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino | 99 |
| Gráfico 20: Redenção - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino | 100 |
| Gráfico 21: Total de domicílios com algum tipo de esgotamento | 102 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|---|-----|
| Mapa 01 – Mapa Básico..... | 47 |
| Mapa 02 – Mapa Hipsométrico..... | 52 |
| Mapa 03 – Mapa de Declividade | 54 |
| Mapa 04 – Mapa Litológico | 60 |
| Mapa 05 – Mapa Geomorfológico | 62 |
| Mapa 06 – Mapa dos Recursos Hídricos | 83 |
| Mapa 07 – Mapa de Solos..... | 89 |
| Mapa 08 – Mapa de Uso e Cobertura Vegetal | 111 |
| Mapa 09 – Mapa dos Sistemas Ambientais | 130 |
| Mapa 10 – Mapa de Vulnerabilidade dos Sistemas Ambientais na Sub-bacia do Aracoíaba | 132 |

CARTA IMAGEM

| | |
|----------------------|----|
| Carta Imagem 01..... | 48 |
|----------------------|----|

LISTA DE SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental

BNB – Banco do Nordeste do Brasil

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COGERH - Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GPS – Global Position System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPECE – Instituto de Pesquisas do Ceará

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT - Land Remote Sensing Satélite

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PDR – Plano de Desenvolvimento Regional

UECE – Universidade Estadual do Ceará

SAD 69 - South American Datum 69

SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente

SBCS – Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

UC – Unidades de Conservação

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE QUADROS..... | xi |
| LISTA DE TABELAS | xii |
| LISTA DE GRÁFICOS | xiii |
| LISTA DE MAPAS E CARTA IMAGEM | xiv |
| LISTA DE SIGLAS..... | xv |
| | |
| INTRODUÇÃO | 18 |
| | |
| 1. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 21 |
| 1.1. Estudos Ambientais na Geografia | 21 |
| 1.2. Geografia Física e abordagem Geossistêmica..... | 24 |
| 1.3. Bacia Hidrográfica: Contribuições de estudos realizados | 30 |
| 1.4. Suporte Metodológico..... | 33 |
| 1.4.1. Geotecnologias auxiliando o planejamento territorial | 33 |
| 1.4.2. Procedimentos Técnico-Operacionais..... | 35 |
| | |
| 2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA DA SUB-BACIA DO RIO ARACOIABA | 43 |
| 2.1. Localização e caracterização da paisagem..... | 43 |
| 2.2. Aspectos geológicos-geomorfológicos | 48 |
| 2.3. Aspectos climato-hidrológicos | 62 |
| 2.4. Solos e vegetação..... | 83 |
| | |
| 3. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E SOCIOECONÔMICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA | 93 |
| 3.1. Contextualização Histórica | 93 |

| | |
|---|------------|
| 3.2. Aspectos Socioeconômicos..... | 94 |
| 4. USO/OCUPAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS NA SUB-BACIA DO ARACOIABA | 104 |
| 4.1. Urbano..... | 104 |
| 4.2. Agroecossistemas..... | 106 |
| 5. COMPARTIMENTAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO..... | 111 |
| 5.1. Compartimentação dos Sistemas Ambientais | 111 |
| 5.2. Subsídios ao Planejamento Territorial da sub-bacia do Aracoiaba | 130 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 132 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 134 |

INTRODUÇÃO

As mudanças evidenciadas pelas alterações na dinâmica natural dos sistemas ambientais se apresentam como um desafio para a sustentabilidade do homem no planeta. Dessa forma, segundo Gonçalves (1995) os problemas socioambientais possuem uma relação estreita com os processos sócio-históricos de uso, ocupação e exploração da terra em escala global. Logo, a reflexão sobre o ambiente exige, portanto, como pré-condição a eleição de novos paradigmas que, no mínimo, sejam capazes de não tornar o Homem e a Natureza como pólos excludentes.

Nesse contexto de compreensão dessa dinâmica ambiental utilizou-se a bacia hidrográfica como categoria de análise dos processos e fluxos de energia existentes na área de estudo.

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos em uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas (GUERRA E CUNHA, 1995). No Brasil sob efeito da Lei Federal N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997, bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação das políticas gerenciais dos recursos hídricos de forma integrada (Estado, comunidades e usuários) e participativa.

O termo sub-bacia se relaciona numa ordem hierárquica menor com a bacia hidrográfica, no caso da área de estudo, a sub-bacia do rio Aracoiaba, objeto de estudo desta pesquisa, faz parte da bacia hidrográfica do rio Choró. A sub-bacia do Aracoiaba apresenta uma área de 604 km², localiza-se nos municípios de Acarape, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Redenção. Suas nascentes localizam-se na vertente oriental do Maciço de Baturité, nos municípios de Guaramiranga e Mulungu e sua desembocadura acontece no rio Choró.

Não há um estudo sobre a referida bacia em nível de detalhe, demonstrando a necessidade de informações sobre os sistemas ambientais, os recursos hídricos, os graus de vulnerabilidade das diferentes unidades ambientais, e dos impactos ambientais existentes, além dos aspectos sociais, econômicos que determinam o processo de produção do espaço no local.

Há também necessidade de análises e avaliações sobre impactos ambientais causados pelos tipos inadequados de uso da terra na sub-bacia, juntamente com estudos integrados do ambiente, destacando suas potencialidades, considerando promover a manutenção da dinâmica ambiental e conservação da bacia.

Nessa perspectiva, utilizando a sub-bacia hidrográfica como unidade de estudo, através da abordagem geossistêmica, a qual possibilita de forma integrada avaliar as ações humanas sobre o ambiente, atrelada à gestão e planejamento do território, podem-se observar os elementos que compõem a natureza derivados dos impactos verificados no local. O planejamento territorial pode subsidiar a tomada de decisão quanto ao ordenamento territorial, dos recursos e dos serviços ambientais.

A análise dos componentes físico-naturais tanto em sua totalidade quanto em suas especificidades possibilitou a compartimentação dos sistemas ambientais proporcionando a delimitação e espacialização das potencialidades e delimitações de cada sistema.

Tendo em vista o modo de vida das populações que integram a área da sub-bacia estarem muito ligados aos recursos naturais oferecidos pelo ambiente, de modo que, a sobrevivência de muitos depende da exploração e utilização do meio natural. Logo, a proposição da conservação e preservação, bem como, uso racional dos sistemas ambientais justifica a necessidade do estudo proposto.

O objetivo principal do trabalho é analisar através dos estudos integrados os componentes da natureza, os sistemas ambientais, os tipos de uso e ocupação e a vulnerabilidade das diferentes sistemas ambientais na sub-bacia hidrográfica do rio Aracoiaba, na escala de estudo de 1:50.000 e na de representação de 1: 120.000, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento com a finalidade de subsidiar o planejamento territorial. Para alcançar a proposição do objeto de estudo, foram priorizados especificamente o levantamento dos aspectos ambientais da área, a contextualização dos fatores históricos e socioeconômicos que justificaram sua ocupação, a identificação dos principais impactos, a caracterização dos sistemas ambientais, a avaliação dos graus de vulnerabilidade dentro da sub-bacia e o lançamento de propostas que visam subsidiar o planejamento territorial.

A estruturação da pesquisa vai seguir a ordem dos capítulos descritos abaixo.

No capítulo 1 elaborou-se uma revisão de literatura e explanou-se sobre a metodologia que foi utilizada na pesquisa assim como os conceitos de estudos ambientais, sistemas ambientais, geossistema, análise integrada, bacia hidrográfica, vulnerabilidade, ecodinâmica, e planejamento territorial, além dos procedimentos operacionais.

No capítulo 2 realizou-se a caracterização físico-geográfica da sub-bacia do Aracoiaba, sua localização, os componentes geológico-geomorfológico, climato-hidrológicos, e de solos e vegetação, proporcionando uma visão detalhada e integrada dos componentes ambientais.

No capítulo 3 buscou-se fazer um apanhado histórico e socioeconômico na sub-bacia, identificando os fatores pertinentes a população, educação, renda, saúde, e

saneamento básico (abastecimento, esgotamento e coleta) dos municípios inseridos na área de estudo.

No capítulo 4, foram identificados os tipos de uso e ocupação, na sub-bacia, além dos impactos gerados por estes usos.

O capítulo 5 resultou na delimitação dos sistemas ambientais, desenvolvidos a partir da caracterização físico-geográfica realizada no capítulo 2 e na elaboração dos graus de vulnerabilidade existentes na sub-bacia do rio Aracoiaba.

No capítulo 6 destacaram-se considerações sobre a realização da pesquisa e seus resultados na busca de subsidiar o planejamento territorial.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

A Geografia no seu papel integrador é uma das ciências que nos permite fazer um diálogo entre a natureza e a sociedade através da análise de seus componentes. A constante busca de compreensão e representação das relações existentes no meio fez com que utilizássemos a sub-bacia do rio Aracoiaba como objeto de análise na compreensão dessa base integradora que visa subsidiar o planejamento territorial.

A partir do momento em que a Geografia despertou para os estudos ambientais, os mesmos se converteram em um campo amplamente utilizado. Tais repercussões podem ser observadas, nos últimos anos, através de numerosos trabalhos que utilizam as diretrizes do Planejamento Físico-Territorial visando o diagnóstico da organização sócio-espacial (ZACHARIAS, 2006, p.27).

Para efetuar a proposta de subsidiar o planejamento territorial, a presente pesquisa adotou a abordagem holístico-sistêmica, capaz de analisar de forma integrada a relação entre os componentes ambientais e socioeconômicos que compõem a sub-bacia do rio Aracoiaba.

O enfoque sistêmico constitui instrumento indispensável na análise das inter-relações de causa e efeito, definindo a sensibilidade e resistência dos ambientes em face do uso e da ocupação. Além de viabilizar uma seleção de manejos que se ajustem as condições de exploração, preservação, conservação e/ou recuperação dos recursos naturais (IICA, 2010, p.45).

SOUZA (2000) ressalta os níveis da abordagem geossistêmica:

[..] são divididos em três etapas: analítica: realização do diagnóstico geoambiental em função dos seus aspectos geocológicos e socioeconômicos; sintética: caracterização dos sistemas de uso e ocupação do solo; dialética: confrontação das potencialidades e limitações das unidades ambientais com as organizações estabelecidas pela sociedade e os problemas resultantes da ocupação e apropriação dos recursos naturais, tendo em vista a realização de um esboço de zoneamento geoambiental (SOUZA, 2000, p.10).

1.1. Estudos Ambientais na Geografia

A abordagem da temática ambiental pela Geografia no século XIX tratava o meio ambiente apenas como a descrição do quadro natural do planeta compreendida pelo relevo, clima, vegetação, hidrografia, fauna e flora dissociadamente do homem ou de qualquer sociedade humana. (MENDONÇA, 2001, p.22)

Essas características no início da produção científica da Geografia refletem a concepção positivista da realidade. Na época a caracterização detalhada das formas físicas

dos lugares procurava explicações para a dinâmica do ambiente através do empirismo que era bastante forte, desenvolvido através de trabalhos de campo.

Springer (2008) afirma que se admitia que somente através da observação e experimentação, se poderia chegar a contribuições relevantes para a ciência geográfica. Pode-se ponderar que o positivismo influenciou o pensamento geográfico, desde sua sistematização até meados do século XX.

De acordo com a história da ciência geográfica, a Geografia sempre propôs desde sua origem o estudo do meio ambiente. Mesmo que este estudo fosse inicialmente apenas à descrição da natureza. A partir de Kant a Geografia encontra um ponto em comum de pensar a natureza e de pensar o homem. Daí que surge no século XIX, Humboldt e Ritter.

Humboldt era naturalista e fazia expedições exploratórias de observação científica. Já Ritter era geógrafo de formação e teve papel importante no desenvolvimento da ciência geográfica. Ele partiu da noção do recorte paisagístico que materializa a arrumação da superfície terrestre numa ordem de classificação taxonômica o que propicia ao geógrafo organizar sua descrição. Ritter elevou a Geografia descritiva à ciência através do método descrito por Moreira, 2010:

O processo consiste em comparar as paisagens duas a duas e daí extrair os traços comuns e os singulares de cada uma, para assim inferir a ordem geral de classificação e a específica de individualidade, produzindo o mapa dos recortes nessa significação (MOREIRA, 2012, p. 15).

Com a criação desse método comparativo Ritter encenava uma visão holística entre a base inorgânica e o homem. No entanto, na segunda metade do século XIX a Ciência passa por uma nova fase, acreditava-se que sem o parâmetro matemático uma ciência rigorosa não se sustentaria. A solução aparente seria utilizar a matemática como base científica para estudos da natureza e sociologia-antropologia como base para o estudo científico do homem. Nasceram as Ciências Naturais e as Ciências Humanas.

Na Geografia essa divisão também acontece com o nascimento da Geografia Física e da Geografia Humana. A partir daí os estudos ambientais dentro da Geografia passaram a ser abordados pelo campo da Geografia Física.

Esta dualidade física-humana que se desloca da teoria neokantiana para o plano interno da Geografia traz, entretanto, uma solução capenga para o problema da modelização. O modelito matemático da Física clássica parece se encaixar sob medida nas ações das geografias físicas setoriais, mas o modelito institucional da Sociologia-Antropologia não encontra um mesmo sucesso de aplicação nas geografias humanas setoriais. Daí a sensação de que a Geografia Física é uma parte da Geografia mais bem resolvida que a Geografia Humana (MOREIRA, 2010, p.17).

Na evolução do pensamento geográfico surge à geografia alemã com seu representante Ratzel, fundador da análise geopolítica e da descrição dos lugares, onde o natural e o humano se apresentavam dissociados, ele explicava o determinismo dos lugares sobre os homens.

Contrapondo-se a geografia alemã, a geografia francesa propõe a corrente possibilista, com a análise regional (La Blache) acentuando a separação entre os elementos físicos-naturais e humano-sociais, mas, com ênfase ao ramo humano-social.

A dualidade do pensamento geográfico já estava evidente. A Geografia Física e a Geografia Humana já existiam. Aproveitando-se disso, de Martonne aprofunda sua abordagem dos elementos naturais das paisagens ratificando que a geografia física é a parte da geografia que se ocupa do tratamento dos aspectos naturais/físicos. E ao aprofundar seus estudos ele dividiu a geografia física em sub-ramos que são: a geomorfologia, a climatologia e a biogeografia.

A geomorfologia tendo como campo de análise as formas do relevo terrestre e como base a geologia. A climatologia tendo como campo de análise os climas existentes no planeta, e como base a meteorologia. A Biogeografia tendo como campo de análise a vida animal e vegetal do planeta, além de abordar as águas superficiais continentais e oceânicas tendo como base a biologia e a hidrografia.

A partir da divisão destes sub-ramos na Geografia Física, os estudos realizados se detinham apenas a caracterização dos elementos ambientais da paisagem separadamente, sem que eles se inter-relacionassem. Mendonça (2001) concorda ao dizer que:

É como se esses elementos ambientais fossem gavetas incomunicáveis entre si, é como se a vegetação, clima, relevo e formações líquidas não interagissem na elaboração das diferentes paisagens do planeta. (MENDONÇA, 2001, p. 23)

A Geografia Física passa alguns anos com essa análise fragmentada da paisagem até que surge a proposta de A. Penk e A. Chorley de uma abordagem na perspectiva dinâmica da paisagem, dando uma noção de dinamismo e ciclicidade nos estudos de Geomorfologia, apesar de ainda não incluir o homem como agente transformador da paisagem.

Essa abordagem positivista perdurou na Geografia Física até metade do século XX quando se tratava da natureza apenas em elementos como a Geomorfologia, Climatologia, Vegetação, Pedologia e Recursos Hídricos, dando um enfoque de entendimento da paisagem a partir do descrito, sem levar em consideração que tais elementos estão interligados, e com certo grau de complexidade.

Constata-se que a ciência Geográfica desde sua origem sempre apreciou o estudo dos elementos ambientais, mesmo que estes estudos não integrassem o homem como agente modificador da paisagem, contudo, situar-se nesse contexto histórico se faz necessário para a melhor compreensão do processo de evolução metodológico no campo da Geografia Física.

1.2. Geografia Física e abordagem Geossistêmica

Para o estudo da sub-bacia hidrográfica do rio Aracoíaba fundamentar-se-á na análise geossistêmica com base na Teoria Geral dos Sistemas – TGS proposta por Bertalanfy em 1950, tendo em vista que a complexidade na área de atuação da Geografia Física nas análises dos sistemas ambientais e na interpretação de modelados do espaço geográfico nos remete a um estudo sistêmico onde se aborda os subsistemas naturais e os componentes socioeconômicos objetivando a análise integrada dos elementos que constituem os geossistemas.

Sistemas são conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade (BERTALANFY, 1975).

Bertalanffy desenvolveu a TGS baseado na Segunda Lei da Termodinâmica que trata da distribuição de energia e de conceitos biológicos, essa teoria afirma ser um instrumento capaz de fornecer modelos, estruturas, respostas, princípios e leis a serem utilizados nos mais diversos campos científicos.

Tricart (1977) define que um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua, e como consequência o sistema apresenta propriedades diferentes da soma de seus componentes.

O entendimento sistêmico com base no conceito de totalidade e organização efetiva-se na compreensão dos elementos envolvidos em um sistema verificando as relações entre esses mesmos elementos num todo. A noção das conexões e das relações é necessária para o entendimento das partes e para subsidiar uma análise integrada.

Christofoletti (2000) ratifica a necessidade dessa análise integrada dos sistemas quando afirma que:

A abordagem holística sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de aninhamento. Simultânea e interativamente há necessidade de focalizar os subconjuntos e partes componentes em cada uma delas, a fim de melhor conhecê-las. (CHRISTOFOLETTI, 2000, p.01)

Dentro da lógica sistêmica, percebe-se que um sistema corresponde a uma ordenação específica de elementos dispostos, que se encontram em constante dinâmica de fluxos de energias que possibilitam seu reordenamento.

No início dos anos 60 o russo Sotchava desenvolve o conceito de Geossistema inserindo nele a ação antrópica, baseado na Teoria Geral dos Sistemas.

“A aplicação da teoria dos sistemas aos estudos geográficos serviu para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo desta ciência, além de propiciar oportunidade para reconsiderações críticas de muito dos seus conceitos” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.XI).

A teoria geossistêmica surge em função da necessidade da Geografia lidar com os princípios de interdisciplinaridade, síntese, com abordagem multiescalar e com a dinâmica fundamentalmente incluindo-se prognoses a respeito dessa última (RODRIGUES, 2001).

As inter-relações existentes no interior dos geossistemas são ou mais importantes que a paisagem. Pois o geossistema é uma sucessão de estados que evoluem no tempo e no espaço.

Apesar de ter seu berço na escola russa a teoria geossistêmica foi difundida pela escola francesa através de Bertrand no final dos anos 60. Essa demora na disseminação do conhecimento da escola russa para o resto do mundo se deu principalmente devido a barreiras culturais e políticas.

Ao estudar os geossistemas, faz-se necessário levar em conta os subsistemas naturais e todas as influências dos fatores sociais e econômicos que neles repercutem. Para Bertrand a sociedade integra a natureza, o que falta é uma melhor compreensão do conteúdo dessa integração (SUERTEGARAY, 2002).

Cassetti (1995) considera que o conhecimento sistemático dos subsistemas deve envolver questões relativas à atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, tendo o homem como agente responsável pela organização do espaço produtivo social.

Bertrand difunde a teoria geossistêmica no mundo ocidental e desenvolve com propriedade a noção de paisagem, além de dar uma conotação mais precisa no conceito de geossistema estabelecendo uma tipologia espaço-temporal compatível com escala socioeconômica e enfocando fatores biogeográficos (NASCIMENTO e SAMPAIO, 2004/2005, p. 169).

O conceito de paisagem utilizado por Bertrand é essencial para a compreensão do conceito geossistêmico:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. A dialética tipo-

indivíduo é próprio fundamento do método de pesquisa (BERTRAND, 1972, p. 141)

Bertrand estabelece um sistema taxonômico em função da escala caracterizando-os em duas grandes unidades: superiores e inferiores. Dentro das unidades superiores as unidades ambientais estabelecidas foram: zona, domínio e região, e dentro das unidades inferiores: geossistema, geofácies e geótopo. Na figura 01 ele define que o geossistema é a interação dinâmica entre potencial ecológico (geomorfologia + clima + hidrologia), exploração biológica (vegetação + solo + fauna) e a ação antrópica.

Essa classificação das paisagens de Bertrand é realizada através da escala de perspectiva espaço-temporal de Cailleux e Tricart que se relaciona com as unidades da paisagem. No quadro 01 vemos a aplicação da hierarquização da paisagem realizada por Bertrand.

Quadro 01: Classificação das Paisagens por Bertrand.

| Unidade da paisagem | Escala têmporo-espacial (A. Cailleux & J. Tricart) | Unidade Ambiental configurada | Elementos fundamentais |
|---------------------|--|---|-----------------------------|
| Zona | G: grandeza G.I + de 1.000.000 Km ² | Intertropical | Climáticos e estruturais |
| Domínio | G.II 100.000 a 1000.000 Km ² | Das Caatingas Semi-áridas | |
| Região natural | G.III-IV 1000 a 100000 Km ² | Depressão Sertaneja | |
| Geossistema | G.IV-V “+10 a 1 Km ² ” | Maciço Residual e Depressão Sertaneja de Baturité | Biogeográficos e antrópicos |
| Geofácies | G. VI | Vertente Oriental do Maciço de Baturité | |
| Geótopo | G. VII | Encostas ou outros elementos bem particulares. | |

Fonte: Adaptado de Nascimento e Sampaio, 2004/2005; Santos, 2006 a partir de Bertrand, 1972;

As categorias de unidades da paisagem utilizadas neste estudo para a análise e delimitação dos sistemas ambientais foram os geossistemas, as geofácies e o geótopo, que se encontram na categoria de unidades inferiores.

Nascimento e Sampaio (2004/2005) ressaltam que:

as unidades inferiores são trabalhadas numa escala socioeconômica, ou seja, onde é bem nítida a intervenção social. Nesta escala se encontra a maior parte dos fenômenos da paisagem e é onde evoluem as combinações dialéticas da paisagem as mais interessantes ao geógrafo. Em seus níveis superiores só importam o relevo, o clima e as grandes massas vegetais. Contudo, os geossistemas constituem uma boa base aos estudos geográficos por estarem numa escala compatível à humana. (NASCIMENTO E SAMPAIO, 2004/2005, pag. 171).

A questão da homogeneidade e heterogeneidade da paisagem em função da escala em que é feita a análise, ressalta a importância da utilização da ordem de grandeza para o tamanho do recorte da paisagem auxiliando a compreensão da dinâmica no ambiente em estudo. Em busca da definição dessa heterogeneidade dentro da sub-bacia do Aracoiaba, buscou-se trabalhar na escala de 1: 50.000, que não é uma escala de grande detalhe, nem uma escala homogeneizadora.

Moreira (2010) esclarece homogeneidade e heterogeneidade dentro da paisagem:

São, pois, dois princípios básicos da constituição da paisagem que identifica o tipo de meio geográfico. Pelo princípio da homogeneidade, a paisagem é uma unidade do diverso vista a partir dos elementos comuns e observáveis na sua fisionomia e evidenciáveis nas fotografias aéreas, sendo necessário “não somente identificar essa dinâmica, definir a sua estrutura, mas conhecer o seu grau de coesão, e assim chegar à originalidade da combinação de seus elementos compósitos e ao grau de coesão”. Já pelo princípio da heterogeneidade a paisagem é uma combinação de mais de um indivíduo, reunindo nessa diversidade distintos elementos que a uma escala grande (área pequena) são presentes e visíveis e a uma escala pequena (área grande) são invisíveis e desaparecem, homogeneizando-se na generalidade. A heterogeneidade prevalece na escala grande e a homogeneidade, na escala pequena, a heterogeneidade tendo existência empírica e a homogeneidade sendo “sempre fruto duma certa abstração”. (MOREIRA, 2010, p.122)

Souza (2000) afirma que a definição do geossistema como objeto formal de estudo da Geografia Física permite justificá-la como esfera independente dos estudos que a compõem setorizadamente, pois o geossistema acentua o complexo geográfico e a dinâmica do conjunto geoambiental. Souza (op. cit.) acrescenta:

Por sua variação interna e por sua estrutura, o geossistema não apresenta, necessariamente, uma homogeneidade fisionômica. Via de regra ele é formado por paisagens diferentes que, em geral, constituem os estágios da evolução do geossistema. (SOUZA, 2000, p.6)

Dentro do processo evolutivo da análise geoambiental surgiu à necessidade de avaliar o grau de vulnerabilidade de cada geossistema. Nessa perspectiva, em 1977, Tricart lança um conceito o qual utilizaremos na presente pesquisa que é a Ecodinâmica e as condições de sustentabilidade e vulnerabilidade do ambiente. Esse conceito desenvolvido

por Tricart dá real possibilidade do tratamento do meio ambiente de forma integrada pela Geografia Física.

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de *sistema*, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. (TRICART, 1977, p.32)

Tricart tem como ponto inicial de partida a Geomorfologia - passa a ser um elemento fundamental para delimitação dos geossistemas devido às feições e modelados do relevo serem mais facilmente identificados e delimitados, - ele agrega também a Climatologia, a Hidrologia, a Geologia e a Biogeografia para realizar uma integralização no sentido de chegar a um conceito mais completo e integrado do meio ambiente.

Através do balanço entre morfogênese e pedogênese, Tricart estabelece três meios ecodinâmicos: estáveis, *intergrades* e fortemente instáveis.

Os ambientes estáveis se caracterizam pela predominância dos processos pedogenéticos em relação aos morfogenéticos. Possuem uma estabilidade morfogenética, uma vegetação bem desenvolvida tendendo ao clímax, evitando os processos erosivos, além de uma dissecação moderada, ocasionando um equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.

Os ambientes *intergrades* ou de transição tendem a estabilidade ou instabilidade o que vai diferir é o balanço pedogenético e morfogenético do ambiente, caso os processos pedogenéticos (processo de formação de solos) prevaleça este ambiente tende a estabilidade, caso prevaleça os processos morfogenéticos o ambiente tende a instabilidade. Nesta classe ecodinâmica o equilíbrio entre potencial ecológico e exploração biológica pode ser facilmente alterado, passando do estágio de transição com tendências a estabilidade a um estágio de transição com tendências a instabilidade, podendo ainda se configurar a uma classe de um ambiente fortemente instável.

Os ambientes instáveis têm predominância dos processos morfogenéticos o que ocasiona rupturas do equilíbrio ecodinâmico comprometendo a exploração biológica podendo exaurir a capacidade produtiva dos recursos naturais. O comprometimento destes recursos pode chegar à irreversibilidade rompendo com o equilíbrio ecológico impossibilitando a manutenção da exploração biológica.

Souza (2000) acrescenta que através dos meios estáveis, de transição, e fortemente instáveis, pode-se viabilizar a possibilidade de avaliar as condições de sustentabilidade dos geossistemas, sendo que esta sustentabilidade atual e futura parte de uma concepção eminentemente dinâmica.

O quadro 02 apresentado abaixo é adaptado de Santos (2006), Souza (2000) e de Tricart (1977), representa uma síntese das classes ecodinâmicas: o balanço morfogênese e pedogênese, a vulnerabilidade ambiental e a sustentabilidade ambiental.

Quadro 02: Ecodinâmica das paisagens, vulnerabilidade e sustentabilidade ambiental.

| Ecodinâmica dos Ambientes | Condições de Balanço entre Morfogênese e Pedogênese | Vulnerabilidade Ambiental | Sustentabilidade Ambiental |
|--|---|-------------------------------------|--|
| Ambientes Estáveis | Apresentam fraco potencial erosivo decorrente da estabilidade morfogenética, favorecendo a pedogênese; a cobertura vegetal protege bem os solos contra os efeitos morfogenéticos e de dissecação e erosão moderada, pois está pouco degradada. | Vulnerabilidade Nula ou muito baixa | Sustentabilidade Alta: boa capacidade produtiva dos recursos naturais e com limitações mitigáveis com o uso de técnicas simples. Potencial hídrico satisfatório considerando o escoamento fluvial; potencial hídrico superficial e subterrâneo com boa quantidade de água acumulada. Clima úmido; chuvas bem distribuídas. Solos moderadamente profundos com média a alta fertilidade natural, pouco susceptíveis à erosão devido à conservação vegetal. |
| Ambientes de Transição ou <i>Intergrades</i> | Há ação simultânea dos processos morfo e pedogenéticos; a dinâmica atual do ambiente pode tender a uma ou outra condição de estabilidade: quando a morfogênese domina há tendências a instabilidade, quando da predominância da pedogênese, há tendências à estabilidade. | Vulnerabilidade Moderada | Sustentabilidade Moderada: razoável capacidade produtiva dos recursos naturais, incluindo condições satisfatórias dos recursos hídricos e possibilidades de uso das reservas paisagísticas. Clima subúmido a semi-árido. Chuvas moderadas e distribuição tempo-espacial regular. Moderado potencial edafoclimático, bom estado de conservação pela vegetação primária ou pela sucessão ecológica com tendência a fitoestabilização/clímax. |
| Ambientes Instáveis | A deterioração ambiental é evidente e a capacidade produtiva dos recursos naturais está comprometida devido à intensa atividade do potencial erosivo que diminui a densidade vegetacional, formando processos morfogenéticos mais atuantes, provocando a ablação dos solos; a morfogênese predomina fortemente, ocasionando rupturas do equilíbrio ecodinâmico; os recursos paisagísticos estão comprometidos ou severamente comprometidos. | Vulnerabilidade Alta ou muito Forte | Sustentabilidade Baixa a muito Baixa - sérios problemas quanto à capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis, degradação ambiental evidente ou irreversível onde a sustentabilidade é muito baixa apresentando: baixo potencial de recursos hídricos; irregularidade climática; deficiência hídrica anual; solos rasos, muito erodidos, com afloramentos rochosos e baixa fertilidade natural. |

Fonte: Adaptado de Tricart (1977), Souza (2000) e Santos (2006).

Essas classes ecodinâmicas serviram de base para a presente pesquisa, na busca da compreensão da dinâmica que ocorre dentro dos sistemas ambientais na sub-bacia do rio Aracoiaba atualmente, através da análise dos sistemas ambientais e dos tipos de uso.

Observa-se que a influência dos geógrafos franceses se fez muito marcante no pensamento geográfico brasileiro, sendo que dentro desta nova perspectiva do tratamento do objeto de estudo da Geografia, através da Geografia Física, destacam-se três importantes nomes, quais sejam: Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, Aziz Nacib Ab'Saber e Orlando Valverde (MENDONÇA, 2001).

No contexto local, Souza (1973, 1988, 1996, 2000, 2006, 2009) realiza uma grande contribuição desenvolvendo estudos para o semiárido brasileiro, nos quais adapta, sintetiza e aplica a teoria sistêmica e a ecodinâmica na análise dos ambientes característicos do nordeste brasileiro.

Constata-se que numa sub-bacia como a do rio Aracoiaba, que apresenta uma dinâmica diferenciada do semiárido nordestino, as contribuições da Teoria da Ecodinâmica e a Teoria Geossistêmica proporcionaram uma visão integrada e de síntese da paisagem em estudo.

Portanto, no embasamento teórico-metodológico, a abordagem sistêmica e a visão holística foram utilizadas como base para a delimitação dos sistemas ambientais, tendo em vista, que eles propiciaram um prático estudo do espaço geográfico com a agregação da ação social na interação natural com o potencial ecológico e a exploração biológica. Esse resgate teórico-metodológico é fundamental para compreensão das teorias que subsidiam a pesquisa em Geografia Física atualmente, proporcionando o desenvolvimento dos estudos aplicados na presente pesquisa.

1.3. Bacia Hidrográfica: Contribuições de estudos realizados

As bacias hidrográficas podem ter diferentes tamanhos e relacionam-se hierarquicamente dentro da malha hídrica.

Bacia hidrográfica se caracteriza por uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, que transportam água e sedimentos, sendo limitada espacialmente pelos divisores de água, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado (BOTELHO, 1999; NETTO, 1995). Além do caráter integrador representam também unidades dinâmicas susceptíveis a transformações dos componentes naturais e socioeconômicos.

A bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde o fim dos anos 60. Ela é entendida como célula básica de análise ambiental, pois

permite conhecer e avaliar seus diversos componentes, processos e interações. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental (BOTELHO E SILVA, 2010).

Para entender as inter-relações existentes numa bacia hidrográfica é necessário conhecer suas características morfológicas: sua forma, geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal, drenagem, etc., pois há uma interdependência desses fatores dentro do sistema.

Utilizando-se do pensamento sistêmico, Chorley (1962) apud Guerra e Cunha (1995) afirma que:

A bacia de drenagem, enquanto uma unidade hidrogeomorfológica, constitui um exemplo típico de sistema aberto na medida em que recebe impulsos energéticos das forças climáticas atuantes sobre sua área e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio da água, dos sedimentos e dos solúveis exportados pela bacia no seu ponto de saída. (GUERRA E CUNHA, 1995, p.98)

Essa organização no sistema interno da bacia é que vai influenciar nas relações de entrada e saída de energia.

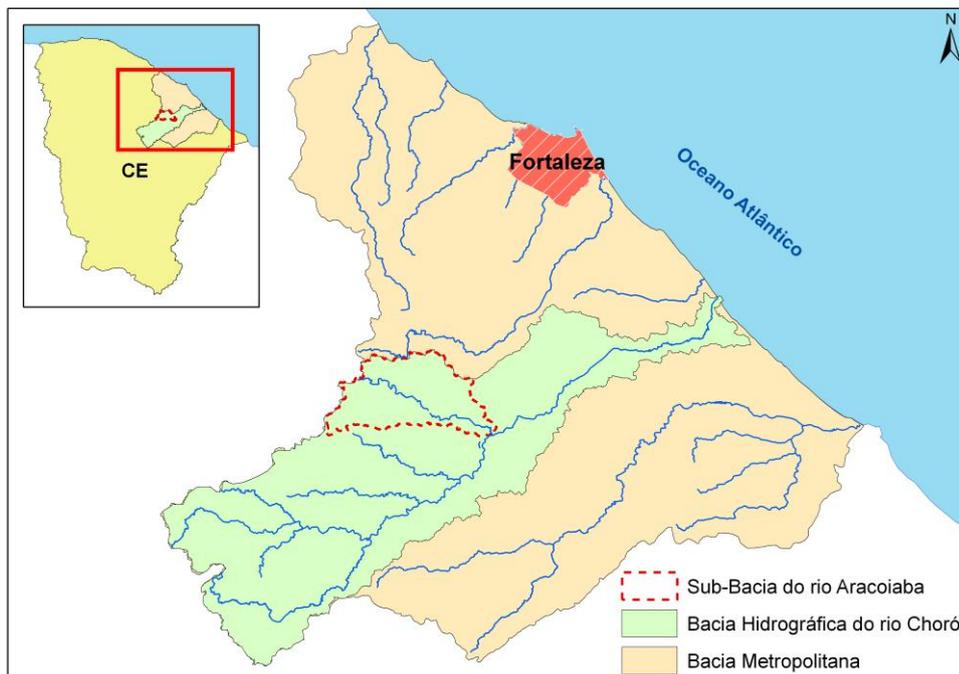
Nas últimas décadas a bacia hidrográfica passa a representar uma unidade ideal de planejamento de uso da terra. Por ter sua delimitação baseada em critérios geomorfológicos, as bacias de drenagem levam vantagens sobre outras unidades de planejamento definidas por outros atributos, cujos traçados dos limites podem ser bastante imprecisos (BOTELHO, 1999).

A bacia de drenagem pode ser desmembrada em um número qualquer de sub-bacias de drenagem, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu canal principal (NETTO, 1995). A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente (Fernandes & Silva, 1994 apud Souza e Fernandes).

Para Botelho e Silva (2010) o termo sub-bacia independe de suas dimensões, pressupõe não só necessariamente sua inserção em outra bacia de tamanho maior, mas seu vínculo com a mesma no estudo considerado.

A unidade de análise da presente pesquisa será a sub-bacia hidrográfica do rio Aracoiaba que faz parte de uma bacia maior, que é a bacia hidrográfica do rio Choró. Na figura 01 podemos visualizar a sub-bacia em estudo.

Figura 01: Localização da sub-bacia do rio Aracoiba dentro da bacia do rio Choró e da Bacia Metropolitana.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de SRH (2009).

De acordo com Ceará (2006), a bacia do rio Choró constitui uma das dezesseis bacias independentes que compõem a bacia Metropolitana do estado do Ceará, sendo umas das que mais contribui para o abastecimento da região juntamente com a bacia do Pacoti e a bacia do Cocó. A bacia Metropolitana abriga o maior centro consumidor de água, que é a região metropolitana de Fortaleza, verifica-se, portanto, a importância desses recursos hídricos para o abastecimento da população e para a realização das atividades socioeconômicas que ocorrem na região.

No estudo da sub-bacia do rio Aracoiba deve-se ressaltar a preocupação com os problemas relacionados com os recursos hídricos e a discussão a cerca da gestão desses recursos, visando à melhoria da qualidade de vida da sociedade.

Os recursos hídricos passam a ter um arranjo institucional claro a partir do decreto 94.076/87 que institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, e da Lei Federal dos Recursos Hídricos (9.433/97) que se baseia na organização da gestão compartilhada do uso da água.

Botelho e Silva (2010) destacam a relevância sobre os organismos criados a partir da Lei Federal dos Recursos Hídricos em 1997, quais são: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os Comitês de Bacias Hidrográficas, as Agências de Água e as organizações civis de recursos hídricos.

O monitoramento dos recursos hídricos por esses organismos junto com os estudos integrados dos elementos ambientais nas bacias hidrográficas constitui-se uma atividade estratégica, que visa possibilitar a criação de uma base de dados permitindo o planejamento territorial e ações necessárias para o gerenciamento eficaz das bacias subsidiando no processo decisório.

1.4. Suporte Metodológico

Além da abordagem geossistêmica proposta por Souza (2000), adotou-se a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade e sustentabilidade ambiental, que também se baseia na abordagem sistêmica e na análise integrada, para contribuir com o planejamento territorial na sub-bacia.

Para realizar os objetivos propostos utilizou-se de produtos geocartográficos de Sensoriamento Remoto e SIG's – Sistemas de Informações Geográficas. Eles serviram de ferramentas básicas necessárias para melhor compreensão do ambiente em estudo.

Com isso buscou-se realizar uma caracterização dos elementos ambientais, através da elaboração de planos de informações, propiciando uma base de dados para auxiliar na delimitação dos sistemas ambientais existentes e construir o mapa de vulnerabilidade ambiental, que será fundamental e servirá de base para subsidiar o planejamento territorial.

1.4.1. Geotecnologias auxiliando o planejamento territorial

Os mapas temáticos produzidos para cada parâmetro ambiental, raramente, tornam-se documentos apropriados para utilização por usuários não especialistas tendo em vista a complexidade das informações (BOTELHO, 1999). Isso implica dizer, que apenas a elaboração de mapas temáticos para o conhecimento dos componentes ambientais não é suficiente para efetuar o planejamento.

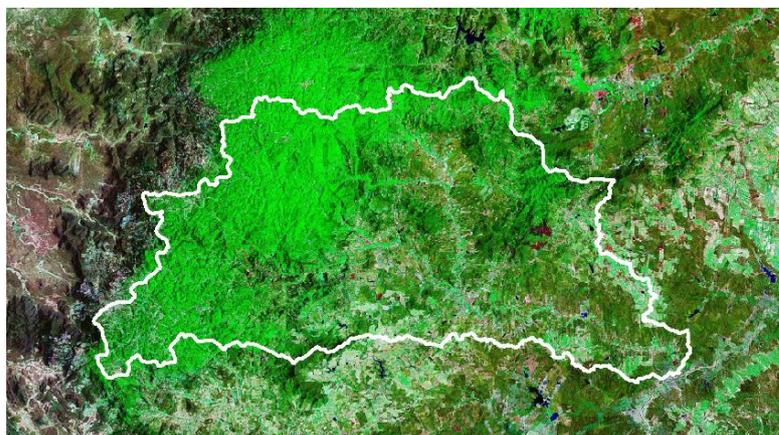
Para auxiliar na análise do ambiente utilizou-se de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, pois elas proporcionam uma apreensão mais próxima do real possibilitando um planejamento mais coerente para a área estudada. O desenvolvimento dessas técnicas de geotecnologias permite o manuseio de um grande volume de informações sobre o meio físico, uso do solo, dados socioeconômicos, possibilitando o estabelecimento de estratégias, para facilitar as tomadas de decisões.

O uso do Geoprocessamento, mais especificamente dos SIG's, são fundamentais na edição dos Planos de Informação e representam um forte aliado devido às varias possibilidades de trabalho que eles proporcionam como: análise atual da área de estudo,

análise espaço-temporal, processamento de mapas, produção de uma base de dados, análise espacial, modelagens com previsão de cenários futuros, etc., tornando seu uso indispensável na obtenção dos resultados a serem alcançados ao longo da pesquisa.

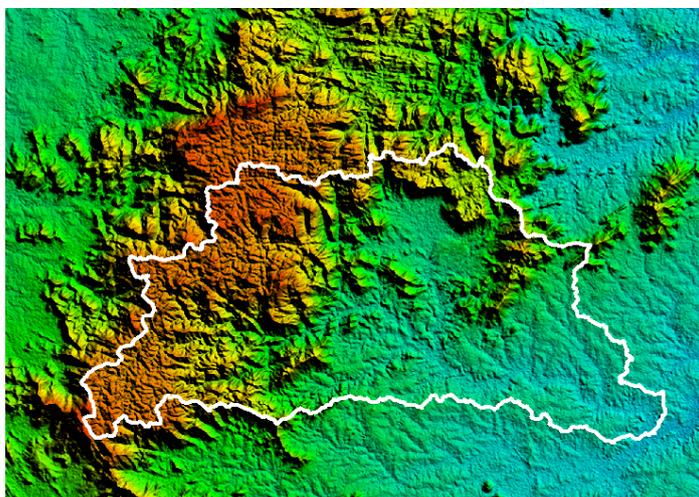
Alguns elementos são fundamentais para a realização do mapeamento através de imagens de satélites nos SIG's, são eles: tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização das imagens. Nas figuras 02 e 03 temos respectivamente o polígono da sub-bacia do rio Aracoíaba com imagem geocover disponibilizada pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e com imagem SRTM disponibilizada pela NASA e refinada pelo TOPODATA/INPE, ambas tem resolução de aproximadamente 30 metros.

Figura 02: Parte do Mosaico GeoCover ETM+ Landsat-7 referente a área que cobre a sub-bacia hidrográfica do rio Aracoíaba.



Fonte: Elaborado pela Autora a partir da GeoCover SB2400 - 2000, NASA.

Figura 03: Imagem hipsométrica colorida referente à área que cobre a sub-bacia hidrográfica do rio Aracoíaba.



Fonte: Elaborado pela autora a partir do Modelo Digital de Elevação do Topodata/INPE.

Através da interpretação desses elementos apresentados nas imagens é possível identificar o relevo, os tipos de uso, o padrão da drenagem, a vegetação e também a homogeneidade e as heterogeneidades contidas no ambiente em estudo.

Nesta perspectiva, tais instrumentos são muito úteis para a análise integrada dos elementos da paisagem na sub-bacia, demonstrado ser um importante componente de planejamento territorial.

Na atualidade, é cada vez mais comum e necessária a aplicação de programas ou projetos de ordenamentos espaciais nos países da região latino-americana frente aos acentuados desequilíbrios territoriais que se experimentam. A aplicação destes instrumentos da política devem buscar as melhores formas de garantir resultados efetivos (YACILA, 2008. p.01 apud CARVALHO E MATIAS, 2008. p.93).

Não diferente de outros países em desenvolvimento, no Brasil, tem havido um substancial e desordenado crescimento de suas cidades, mesmo os pequenos municípios com crescimento populacional pouco representativo, devem traçar diretrizes e metas que visem à organização de seus territórios (CARVALHO e MATIAS, *op cit*).

Acredita-se que o planejamento territorial em bacias hidrográficas possa minimizar a ocorrência de impactos ambientais decorrentes dos tipos de uso. Botelho (1999) afirma que é preciso orientar a ocupação humana a fim de que sejam resguardadas as áreas destinadas à preservação ambiental, tendo em vista a conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade ou fragilidade ambientais e a alta suscetibilidade à erosão e movimento de massa que certas porções da paisagem podem apresentar.

Portanto, entende-se que o planejamento territorial aliado aos produtos geocartográficos, seja um instrumento eficiente, não apenas com a simples função de ordenar áreas homogêneas em zonas com potencial de uso ambiental, mas como instrumento de efetivação das ações no espaço territorial, adotando uma postura preventiva e antepondo-se à postura curativa, que na maioria das vezes é mais onerosa e não é eficiente no combate aos impactos ambientais.

1.4.2. Procedimentos Técnico-Operacionais.

Os procedimentos operacionais são fundamentais para atingir os objetivos traçados na pesquisa e atender a proposta metodológica apresentada. As etapas apresentadas a seguir resultam da análise de material bibliográfico, geocartográfico, pesquisa de campo e aquisição de dados levantados no início e ao longo da realização da pesquisa.

Revisão bibliográfica

A primeira etapa a ser realizada foi à revisão bibliográfica pertinente à área de estudo, verificando se existiam trabalhos, artigos, dissertações, teses ou relatórios técnicos sobre a área. Não foram encontradas teses ou dissertações específicas da área em estudo. Em contrapartida, utilizou-se como material de apoio, outros estudos que abrangem escalas regionais, estaduais e locais.

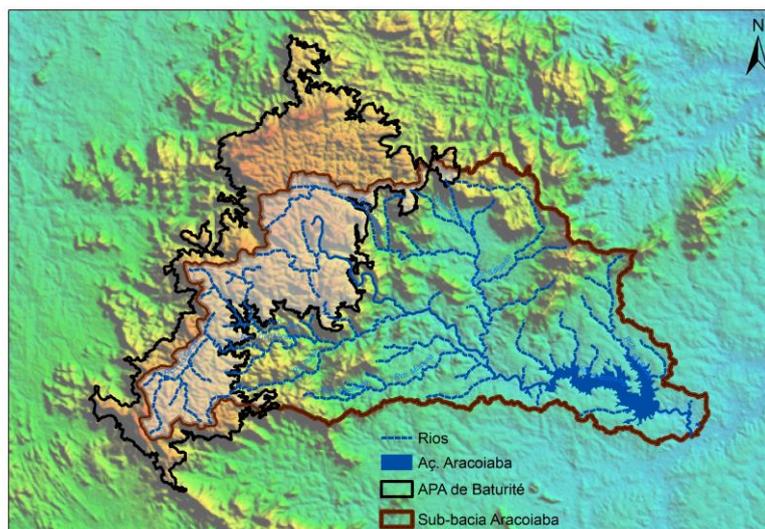
A nível regional, vários estudos contemplam a área de estudo, um exemplo é o projeto RADAMBRASIL com a folha Jaguaribe que apresenta um mapeamento na escala de 1: 1000000 nos temas: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Outros exemplos são os periódicos sobre o semiárido brasileiro, sobre o domínio das caatingas e sobre as condições geoambientais do nordeste, além de estudos sobre os brejos de altitude do Nordeste, realizados por Ab'Sáber (1965, 1967, 1971, 1990, 1994), Souza (1981, 1988, 1995, 1997, 2000, 2011), Moreira (1972), dentre outros.

Outra referência importante para a presente pesquisa é a dissertação de Souza (1973) sobre a geomorfologia do vale do Choró, pois a sub-bacia do Aracoiaba encontra-se inserida nessa bacia.

Os estudos mais específicos, de escalas locais, não abrangem a presente área de estudo completamente, mas auxiliam na compreensão e na caracterização dos elementos ambientais existentes. Como é o caso de pesquisas sobre a APA - Área de Proteção Ambiental - de Baturité, que vão desde de relatórios técnicos, dissertações, teses e livros.

A APA de Baturité contempla o alto curso do rio Aracoiaba, compreendendo a 25,6% da sub-bacia em estudo como pode ser observado na figura 07. Já a representação da sub-bacia do Aracoiaba dentro da APA de Baturité é de aproximadamente 50% podendo também ser observado na figura 04.

Figura 04: Área de interseção da área de estudo com a APA de Baturité.



Fonte: Autora

A APA da Serra de Baturité foi a primeira e mais extensa Área de Proteção Ambiental criada pelo Governo do Estado do Ceará, instituída através do Decreto nº 20.956, de Setembro de 1990 alterado pelo Decreto nº 27.290, de 2003, abrange uma área de 32.690 hectares. Delimitada pela cota 600 (seiscentos) metros é composta pelos municípios de Aratuba, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti, Palmácia e Redenção, SEMACE (2012).

Essa expressiva representatividade da sub-bacia dentro da APA é relevante para a manutenção dos olhos d'água que alimentam os recursos hídricos do Aracoiaba. Relatórios técnicos realizados pela SEMACE (1991, 2010) e FUNCEME/SEMACE (2006) sobre a APA de Baturité também auxiliaram na caracterização da área de estudo.

Verificou-se a existência apenas de dois artigos que tratavam da análise ambiental na sub-bacia específica, um de Carvalho et al (1993) e outro de Albuquerque et al (2008).

A tabela a seguir apresenta as principais pesquisas existentes que auxiliaram e fundamentaram o presente estudo:

Tabela 01: Trabalhos relacionados à APA de Baturité e a área de estudo

| Categoria | Título | Autor | Ano |
|-------------------|---|--|------------|
| Dissertação | Geomorfologia do Vale do Choró – Ceará. | SOUZA, M.J.N. | 1973 |
| Artigo | Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-Estruturais do Estado do Ceará | SOUZA, M.J.N. | 1988 |
| Relatório Técnico | Zoneamento Ambiental da APA da Serra de Baturité: Diagnóstico e Diretrizes. | CEARA. SEMACE. | 1991 |
| Artigo | Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na identificação da erosão dos solos na bacia do rio Aracoiaba – Ceará. | CARVALHO, G. M. B. S.; FILHO, M. V.; MEDEIROS, J. S. | 1993 |
| Livro | Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. | LIMA, L. C. L.; MORAIS, J.O.; SOUZA, M.J.N. | 2000 |
| Dissertação | Guaramiranga: Propostas de Zoneamento e Manejo Ambiental. | BASTOS, F.H. | 2005 |
| Relatório Técnico | Mapeamento da cobertura vegetal e do uso/ocupação do solo da APA da Serra de Baturité. | CEARA. SEMACE / FUNCEME. | 2006 |
| Dissertação | Paisagens de Exceção: Problemas Ambientais no município de Mulungu, Serra de Baturité – Ceará. | FREIRE, L.M. | 2007 |
| Relatório Técnico | Relatório preliminar do Diagnóstico Geoambiental e Socioeconômico da APA da Serra de Baturité. | CEARA. SEMACE. | 2010 |
| Tese | Dinâmica Espaço-Temporal da Paisagem de um Enclave Úmido no Semiárido Cearense como Subsídio ao Zoneamento Ambiental: As Marcas do Passado na APA da Serra de Baturité - Ceará. | FREITAS FILHO, M.R. | 2011 |
| Livro | Serra de Baturité: Uma Visão Integradas Questões Ambientais. | BASTOS, F.H. org. | 2011 |

Fonte: Autora

Em seguida, realizou-se a revisão da literatura pertinente a fundamentação teórica proposta inicialmente tais como: estudos ambientais em Geografia, teoria sistêmica, sistemas ambientais, análise geoambiental integrada, bacia hidrográfica, recursos hídricos,

vulnerabilidade e sustentabilidade ambiental, geoprocessamento, sensoriamento remoto, e planejamento territorial.

Esses conceitos tiveram como base os seguintes autores: Moreira (2010); Mendonça (2001); Bertalanffy (1975); Nascimento e Sampaio (2004/2005); Souza (2000, 2009); Bertrand (1972); Tricart (1977); Christofletti (1979, 2000); Botelho (1999); Botelho e Silva (2010); Florenzano (2002, 2008), Santos (2004), entre outros.

Levantamento Geocartográfico

Concomitante com o levantamento bibliográfico foi feito também o levantamento geocartográfico para auxiliar na análise integrada do ambiente e na execução da pesquisa. Abaixo temos os produtos geocartográficos e os respectivos órgãos e/ou departamentos de geoprocessamento onde foram adquiridos:

- Carta topográfica, Folha SB-24-X-A-I-Baturité. Escala 1:100.000, 1970 e Carta topográfica, Folha SB-24-V-B-III-Canindé. Escala 1:100.000, 1974; as duas em formatos digitais do acervo da FUNCEME produzidas pelo Ministério da Defesa (Exército – Divisão de Serviço Geográfico / DSG) e pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE;
- Atlas digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará, na escala 1:500.000, CPRM, 2003, em CD-ROM;
- Mapa de solos do Estado do Ceará na escala de 1: 600.000, disponibilizado pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos;
- Mapa de solos da Folha Baturité e Barreiras na escala de 1: 50.000, elaborado pela SUDENE/SUDEC, disponibilizado pela FUNCEME;
- Arquivo *shapefile* dos recursos hídricos na escala de 1: 100.000, disponibilizado pela SRH- Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, 2009;
- Arquivo *shapefile* das rodovias e açudes na escala de 1: 100.000, disponibilizado pela FUNCEME, 2010;
- Arquivo *shapefile* dos limites municipais, distritos e localidades, na escala de 1:100.000, disponibilizado pela IPECE – Instituto de Pesquisas e Estatística do Estado do Ceará, 2010;
- Mapas do RADAMBRASIL Folha Fortaleza - SB24/25 Jaguaribe/Natal, 1981;
- Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará em escala de 1:600.000, Souza/FUNCEME, 1994.

Os produtos de sensoriamento remoto também auxiliaram e serviram de base para os mapeamentos temáticos propostos na metodologia são eles:

- Imagem GeoCover ETM+ Landsat 7 com imagens do período 1999/2000 e com resolução espacial de 14,25 metros, disponibilizada para download pela NASA;
- Mosaico de imagens Landsat 5 TM do ano de 2009, disponibilizado pelo IPECE;
- Imagem Landsat 5 TM, órbita/ponto: 217/063 de julho e agosto de 2008, resolução de 30 metros, disponibilizadas para download no INPE;
- Imagem Cbers 2B CCD, órbita/ponto: 150/105 e 151/105 de novembro de 2009;
- Imagens SRTM, disponibilizadas pelo TOPODATA/INPE, com resolução de 30 metros.
- Imagem SPOT do ano de 2004, com resolução espacial de 2,5 m.

Para a elaboração do mapeamento na sub-bacia do rio Aracoíaba a escala adotada foi de 1:50.000, entretanto, a escala apresentada nos mapas será de 1:120.000 devido a impressão em papel A3. A projeção utilizada nos planos de informação foi a Sistema Universal Transverso de Mercator – UTM e o datum geodésico horizontal oficial do Brasil SAD69.

O processamento dos dados adquiridos para a elaboração do mapeamento utilizou-se os SIG's e os softwares:

- Spring 5.2, para o georreferenciamento das imagens brutas, e para a classificação supervisionada da imagem SPOT;
- Quantum GIS 1.7.4, para a edição vetorial;
- Esri ArcMap 9.3, para elaboração do layout dos mapas;
- Global Mapper 11, para a elaboração da imagem SRTM e extração das curvas de nível;
- Gps TrackMaker 13.4, para manuseio dos dados adquiridos em campo através do GPS;
- Microsoft Office 2007, para produção textual;
- BrOffice.org 3.2, para elaboração das tabelas e gráficos

O tratamento dos produtos geocartográficos e de sensoriamento remoto passaram por:

- Adequação de projeção e de escala;
- Composição das bandas e georreferenciamento das imagens “brutas” através da geocover;

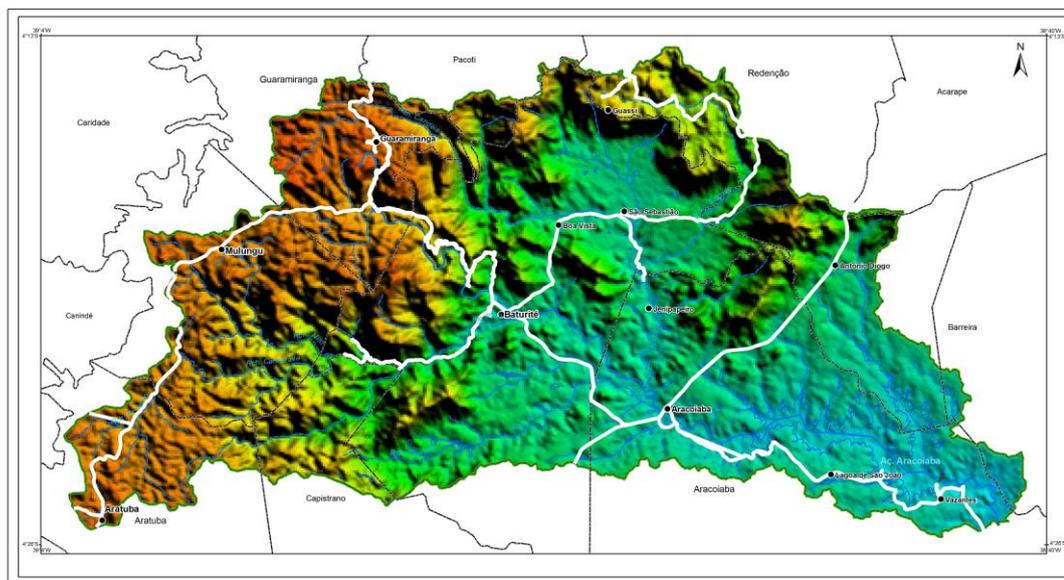
- Recorte dos *shapes* temáticos contendo apenas a área de estudo.

Trabalho de Campo

Na etapa de campo foi fundamental a utilização de GPS (*Global Position System*) Garmim 62s e de um altímetro para a averiguação e validação da base cartográfica adquirida, além de auxiliar no mapeamento de novos elementos encontrados em campo, como por exemplo, novas formas de uso e ocupação. Esses elementos tendem a enriquecer os resultados e a análise final da pesquisa.

A figura apresentada a seguir demonstra o trajeto percorrido em campo através da linha branca.

Figura 05: Trajeto percorrido em atividade de campo em 2011 e 2012.



Fonte: Autora

Processamento dos dados

Tomando as imagens de satélite como “âncoras” na pesquisa foi realizada primeiramente o seu tratamento para posterior interpretação. Na etapa de tratamento as imagens são fusionadas, através da técnica de composição de bandas, posteriormente é feito o realce, contraste, e a composição do RGB, no software Spring 5.2. Em seguida é realizado o georreferenciamento da imagem bruta pela geocover.

Para a interpretação das feições e dos tipos de uso nas imagens georreferenciadas na área de estudo, analisou-se as formas, a textura, cor, sombra, etc., características básicas que auxiliam e delineiam o mapeamento.

Os produtos geocartográficos da pesquisa são:

Mapa Básico - 01: Apresenta as informações básicas da área de estudo, referente aos limites municipais, sedes municipais, delimitação da sub-bacia, rodovias, distritos, curvas de nível, recursos hídricos principais. Esse mapa é a base para o campo e para a elaboração de todos os outros mapas temáticos.

Carta Imagem - 01: É possível visualizar através da imagem do satélite SPOT efetivamente a sub-bacia do Aracoiaba.

Mapa Hipsométrico - 02: Refere-se aos níveis altimétricos dentro da sub-bacia do rio Aracoiaba. Elaborado através das imagens SRTM processadas no INPE. Esse mapa é a base para o mapa de declividade.

Mapa de Declividade - 03: Informa o grau de dissecação do relevo, proporcionando verificar o uso indevido em ambientes com declives acentuados.

Mapa Litológico – 04: Identifica os componentes cronolitoestratigraficos da área de estudo e serviu de base para a elaboração do mapa geomorfológico.

Mapa Geomorfológico - 05: Serve de base para a análise integrada do ambiente, e delimitação dos sistemas ambientais, apresenta as feições geomorfológicas da sub-bacia do Aracoiaba.

Mapa dos Recursos Hídricos – 06: Apresenta a drenagem mais densa, além de exibir as adutoras e dos poços existentes na sub-bacia.

Mapa dos solos - 07: Apresenta informações pedológicas da sub-bacia em estudo.

Mapa de Uso e Ocupação / Vegetação - 08: Apresenta os tipos de uso e a vegetação existentes na sub-bacia. Será realizado através da interpretação da imagem de satélite SPOT e das visitas de campo.

Mapa dos Sistemas Ambientais - 09: Representa a análise integrada do ambiente, através dos componentes ambientais, tomando como base os aspectos geomorfológicos.

Mapa de vulnerabilidade – 10: Apresenta os graus de vulnerabilidade dos sistemas ambientais.

2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA DA SUB-BACIA DO RIO ARACOIABA

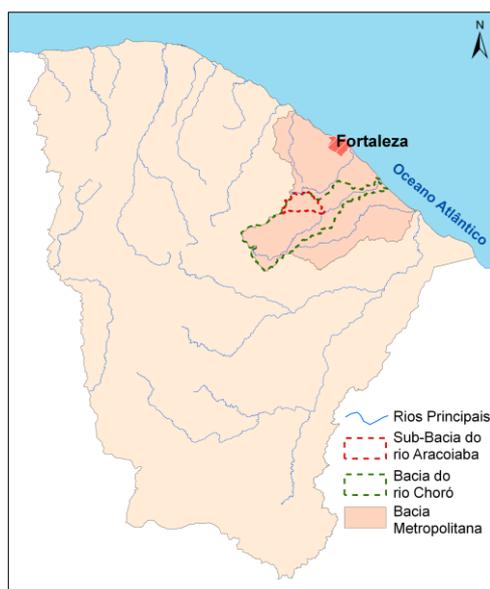
Para identificar os sistemas ambientais na sub-bacia do Aracoiaba, é necessário, primeiramente, a compreensão dos componentes ambientais: geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, pedológicos e fitoecológicos. A caracterização físico-geográfica se baseia em conhecimentos acumulados sobre a região. A maior parte de bibliografia geocartográfica acumulada referente aos componentes ambientais da região resultou de pesquisas que visavam diagnosticar o potencial dos recursos naturais.

Baseado na metodologia sistêmica que analisa a relação mútua e a troca de matéria e energia dos elementos no ambiente a caracterização proporcionou uma análise dos padrões de paisagens existentes na área de estudo junto com os fatores socioeconômicos e os tipos de uso influenciando o estado atual da paisagem.

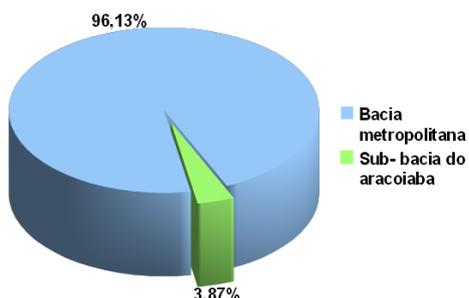
2.1. Localização e caracterização da paisagem

A sub-bacia hidrográfica do rio Aracoiaba localiza-se entre as coordenadas 4°13'00" e 4°26'00" de latitude sul, e 38°40'00 e 39°4'00" de longitude oeste. Esta inserida dentro da bacia hidrográfica do rio Choró e faz parte bacia Metropolitana do estado Ceará. A sub-bacia do Aracoiaba tem uma área de aproximadamente 604 km² que representa 4% da bacia metropolitana e 11% da bacia do Choró como podemos visualizar na figura 06 e 07.

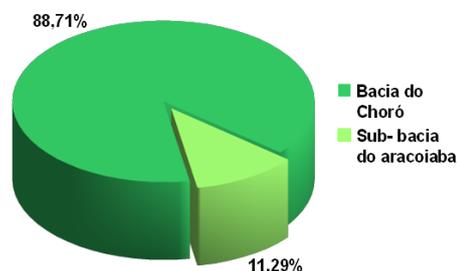
Figuras 06 e 07: Localização da sub-bacia do Aracoiaba no estado do Ceará com representação gráfica de sua porcentagem nas bacias Metropolitana e do Choró.



Porcentagem da área da sub-bacia do Aracoíaba dentro da bacia Metropolitana



Porcentagem da área da sub-bacia do Aracoíaba dentro da bacia do Choró



Fonte: Autora.

O rio Aracoíaba tem suas nascentes em altitudes aproximadas a 1000m, no maciço de Baturité, mais especificamente em Guaramiranga e Mulungu, numa região de chuvas bem distribuídas e intensas. O leito principal estende-se por 46,6 km com direção oeste – leste e desemboca no rio Choró dentro do município de Aracoíaba.

O padrão da drenagem na sub-bacia é do tipo dendrítica. O seu escoamento é ligado à construção de alguns pequenos açudes e do açude Aracoíaba (ano 2000) que juntos, asseguram sua perenidade, mesmo no período de estiagem. Seus principais tributários pela margem esquerda são os riachos do Susto e Candéia e pela margem direita o rio Putiú e o Riacho Nilo (CARVALHO *et. al.*, 1993).

Os rios exercem um papel fundamental na geomorfologia do maciço, que é o poder de entalhamento, configurando um relevo dissecado, acidentado, com declividade variada.

A área da sub-bacia está inserida no Complexo Nordeste, posicionado no Pré-Cambriano Inferior e Médio. Existe uma grande predominância de gnaisses, migmatitos, calcários cristalinos e rochas calcossilicatadas. Esta variação vincula-se ao metamorfismo regional. Os sedimentos quaternários se compõem de depósitos aluviais, no vales estreitos. Litologicamente, esses sedimentos são areno-argilosos (CARVALHO *et. al.*, 1993, p. 190).

O clima e pluviosidade no maciço são os condicionantes principais para o escoamento fluvial. A referida sub-bacia apresenta o clima de acordo com a classificação de Köppen, quente-úmido na região do maciço e quente semi-árido na região da depressão.

Nesse contexto, observa-se que a área de estudo compreende uma complexidade ambiental que se expressa pelos componentes ambientais. Através da inter-relação desses diversos componentes constituem-se os sistemas ambientais da sub-bacia do rio Aracoíaba.

Os municípios drenados pela sub-bacia do Aracoiaba são: Acarape, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti e Redenção. Na tabela 02 identifica-se a representatividade de cada município dentro da sub-bacia.

Tabela 02: Representatividade dos municípios pertencentes à sub-bacia do rio Aracoiaba.

| Município | Área (km ²) | Porcentagem da área do município dentro da sub-bacia do Aracoiaba |
|--------------|-------------------------|---|
| Acarape | 0,49843281 | 0,08% |
| Aracoiaba | 132,9328271 | 22,01% |
| Aratuba | 32,99673304 | 5,46% |
| Barreira | 5,436530178 | 0,90% |
| Baturité | 210,0785503 | 34,78% |
| Capistrano | 25,18493258 | 4,17% |
| Guaramiranga | 48,74629306 | 8,07% |
| Mulungu | 66,56267779 | 11,02% |
| Pacoti | 7,942622365 | 1,32% |
| Redenção | 73,55763577 | 12,18% |
| Total | 603,9372349 | 100,00% |

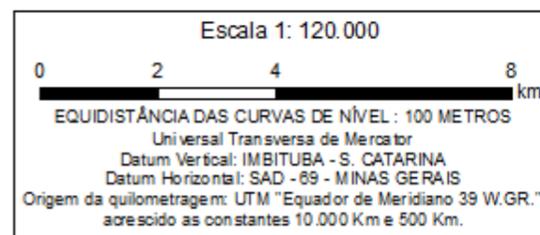
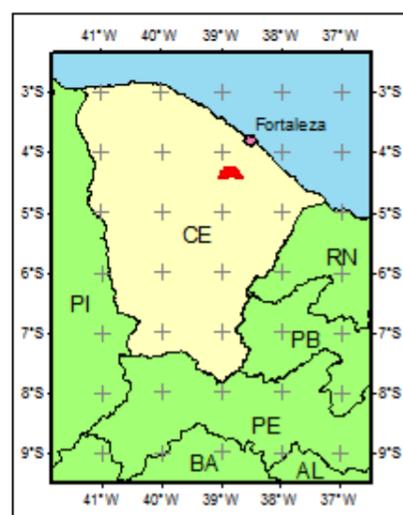
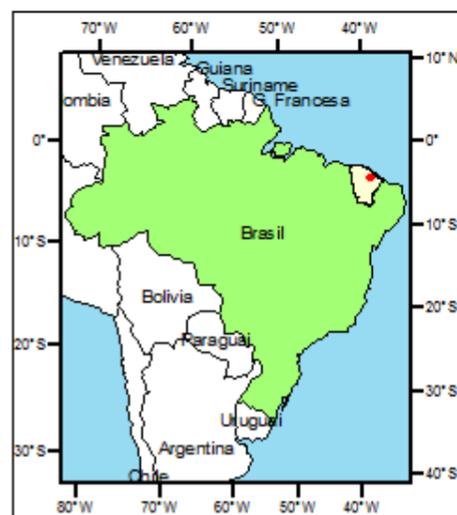
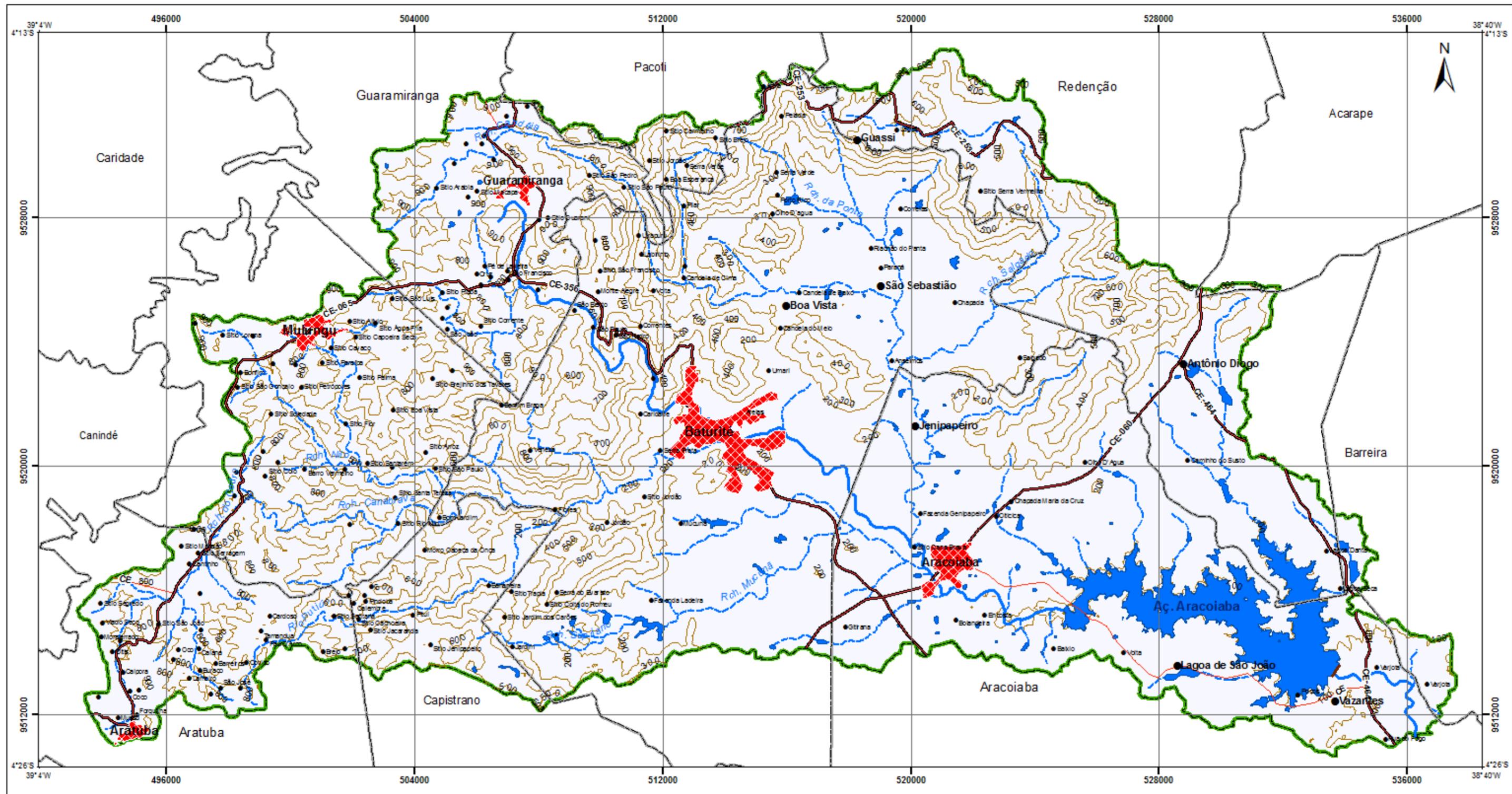
Fonte: Autora.

Observa-se que Baturité e Aracoiaba representam mais de 50% do território da área de estudo, no entanto, apesar de Guaramiranga, Mulungu e Aratuba possuírem representatividade espacial menor, possuem grande destaque por abrigarem as nascentes do rio Aracoiaba e de seus principais afluentes.

A Região de Baturité é próxima a Fortaleza e as principais vias de acesso à área de estudo são as rodovias estaduais CE-065, CE- 060 e CE- 356. Dentre os municípios estudados, Aratuba é o município mais distante da capital cearense, dista 122 km, de acordo com o DER (2011).

No mapa básico é possível visualizar as principais vias de acesso acima descritas, assim como, os limites municipais, as áreas urbanas, distritos, localidades, rios, riachos, açudes e curvas de nível, proporcionando uma visão geral da área de estudo.

Em seguida pode-se visualizar a área de estudo pela carta imagem produzida através da imagem do satélite SPOT do ano de 2004, com resolução espacial de 2,5 m.



FONTE: IPECE - 2010, SRH - 2008, FUNCEME - 2010.

SINAIS CONVENCIONAIS

ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS

- Drenagem
- Açude

LIMITES

- Localidades
- Distritos
- Área Urbana
- Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
- Limites Municipais

RODOVIAS

- CE Pavimentada
- CE Carroçável

ALTIMETRIA

- Curva de Nível

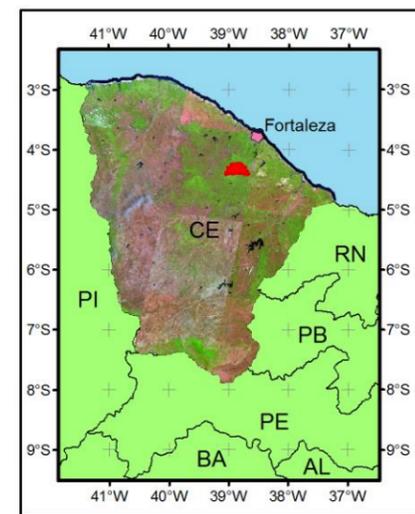
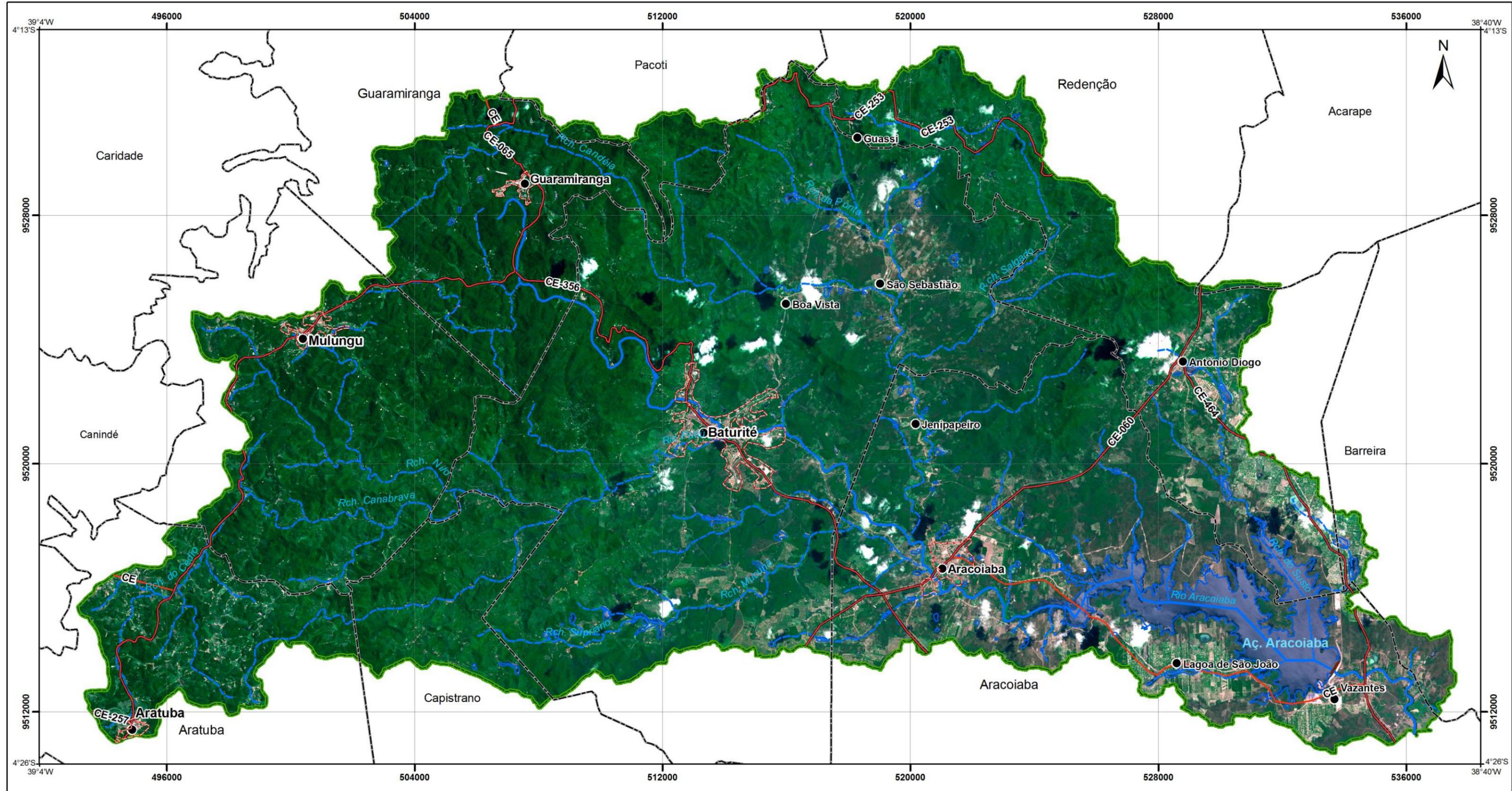


Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROPGEO
 Mestrado

MAPA BÁSICO

MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
 PROPGEO/UECE, gezycaastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROPGEO/UECE, mlbcruz@gmail.com



FONTE: IPECE - 2010, SRH - 2008, FUNCEME - 2010.
 IMAGEM SPOT, 2004.

SINAIS CONVENCIONAIS

| | |
|--------------------------------------|-----------------|
| ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS | RODOVIAS |
| Drenagem | CE Pavimentada |
| Açude | CE Carroçável |
| LIMITES | |
| Distritos | |
| Área Urbana | |
| Limite da Sub-bacia do rio Aracoíaba | |
| Limites Municipais | |

Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROP GEO
 Mestrado

CARTA-IMAGEM

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS
 DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOÍABA:
 SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.**

Gezyiane Lima de Castro
 PROP GEO/UECE, gezyicastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROP GEO/UECE, mlbcruz@gmail.com

2.2. Aspectos geológicos-geomorfológicos

O relevo terrestre é parte importante do palco, onde o homem, como ser social, pratica o teatro da vida, ROSS (2001). As formas de relevo não ocorrem por acaso, e não há duas formas de relevo iguais, entretanto existem conjuntos de formas semelhantes, com maior ou o menor grau de semelhança, isso acontece devido à gênese, idade e processos dinâmicos que atuam no presente e que atuaram no passado. Os componentes geológicos-geomorfológicos são ponto de partida para compreensão do relevo e das demais componentes ambientais. Eles apresentam a distribuição dos principais grupos de rochas além da descrição e caracterização das formas de relevo na área de estudo.

Maçiços Residuais

Os Maçiços residuais dispersam-se pelas depressões sertanejas apresentando-se como compartimentos ilhados e contribuindo para a diversificação fisiográfica e ecológica do semiárido cearense. De acordo com Souza (1988) o domínio dos escudos cristalinos, cristas e maços antigos pertencentes ao Complexo Nordeste (RADAMBRASIL, 1981) é o de maior abrangência espacial, pois engloba pouco mais de 2/3 do território do Ceará e a maior parte da área é composta de litologias datadas do pré-cambriano.

As condições litológicas do Maciço de Baturité têm acentuada variedade, com ocorrências de granitos, migmatitos, gnaisses, pegmatitos, quartzitos, calcários, basaltos, diabásios, anfíbolitos e leptinitos. Há uma grande predominância de migmatitos, granitos e gnaisses.

As principais características das rochas dominantes são expostas a seguir de acordo com CEARA/SEMACE (2010).

Os migmatitos – representam os tipos petrográficos de maior ocorrência na região, predominando amplamente sobre as demais rochas.

Os granitos têm uma acentuada variedade petrográfica.

Os gnaisses – encerram uma mineralogia essencialmente formada por microclina, plagioclásio, quartzo, biotita e muscovita. Os acessórios mais comuns são: apatita, zircão, titanita e granada. Alguns desses gnaisses contêm granada ou hornblenda. Raramente essas rochas apresentam apenas muscovita como constituinte micáceo (neste caso, muscovita gnaisse). O conjunto das rochas gnaissicas exibe uma foliação proeminente e granulação média. Entre os feldspatos, cujo teor médio varia entre 30 a 40%, verifica-se um domínio de microclina sobre o plagioclásio. A alteração mais comum dos feldspatos é

para minerais de argila. As micas variam entre 20 a 45%. Ocorrem predominantemente em agregados laminares orientados.

Sob o aspecto geomorfológico, a serra de Baturité juntamente com a serra de Uruburetama, serra de Maranguape / Aratanha e serra da Meruoca, integram o domínio dos Escudos e Maciços Antigos, correspondente às subunidades dos planaltos residuais (Souza, 1978). Essas serras são também dispersoras de drenagem, configurando-se como divisores de inúmeras bacias exorréicas.

A dispersão desses relevos residuais pelas depressões sertanejas demonstra seu caráter descontínuo e destacando inúmeras características que a individualizam, tais como suas condições litológicas e uma drenagem mais densa e ramificada (SOUZA, 1988).

No Nordeste brasileiro os terrenos cristalinos se traduzem por maciços cristalinos, de diferentes ordens de grandeza espacial (Borborema, Baturité, cristas e campos de inselbergs), envolvidos ou interpenetrados por largas depressões interplanálticas, oriundas de aplainações modernas, referíveis ao Plioceno e ao Quaternário Inferior. Essas depressões – de grandes extensões – exibem rasas colinas sujeitas a climas quentes semiáridos e a drenagens intermitentes e sazonais (AB'SABER, 1974).

A feição geomorfológica do maciço é resultante do processo de erosão diferencial ocorrida ao longo do tempo geológico, verifica-se uma maior resistência aos processos morfogenéticos e oscilações climáticas de períodos secos e úmidos, ocasionando relevos fortemente dissecados.

A disposição do Maciço de Baturité no semiárido cearense e sua proximidade com o oceano o diferencia de outros relevos residuais no Ceará. Ab'Sáber (1991) discute a definição do termo brejo de altitude e sua importância para o semiárido, tomando como exemplo a serra de Baturité.

De início, o tema brejo foi usado para designar planícies alveolares encharcadas, existentes em serras úmidas sob a forma de *vales suspensos*, cujo exemplo remanescente é o da serra do Baturité. Posteriormente, ele passou a abranger todos os tipos de terrenos que constituíam o próprio maciço serrano, onde ocorriam solos vermelhos profundos, dotados de bom teor de umidade, clima quente e úmido, com precipitações muito maiores do que a dos sertões adjacentes. (...) De qualquer forma, é difícil precisar desde quando o termo *brejo* se projetou para todo um subconjunto de paisagens e de ecossistemas relacionados às *serras úmidas*, passando a designar áreas que podem atingir dezenas ou mesmo centenas de km² de extensão, como no caso de Baturité ou do brejo paraibano. (AB'SÁBER, 1999, p.8 e 10).

O maciço de Baturité se apresenta como um ambiente de exceção na semiaridez do Ceará, por apresentar características ambientais diferentes da depressão sertaneja. A área em análise foi submetida a um tectonismo intenso que se configura através de zonas

fraturadas, dobradas e falhadas. As consequências das manifestações tectônicas se traduzem em feições morfológicas escarpadas.

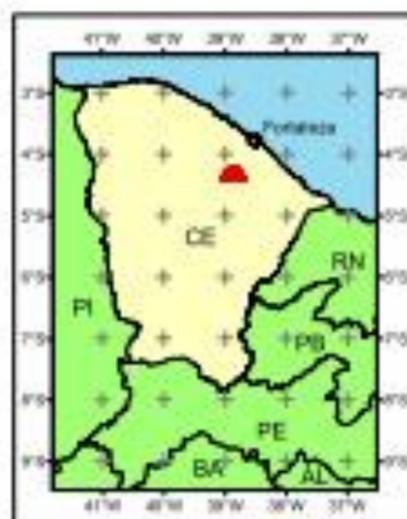
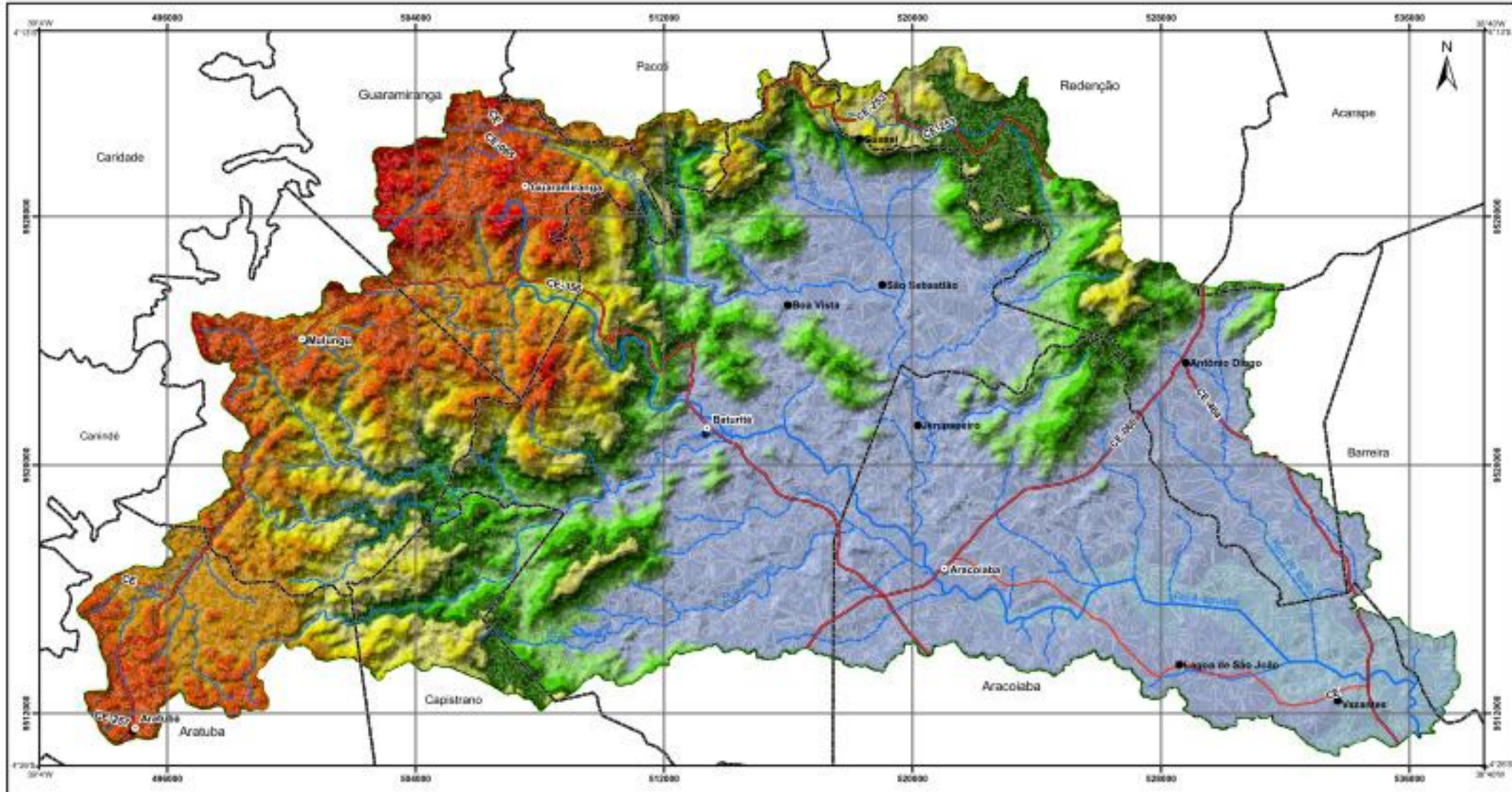
A sub-bacia do Aracoiaba insere-se nestes 2/3 do domínio dos escudos, cristas e dos maciços, representados pela vertente oriental úmida do maciço residual de Baturité e pela depressão sertaneja.

No alto curso do rio Aracoiaba verifica-se índices altimétricos de até aproximadamente 900m. Essa elevada altitude e a proximidade do maciço de Baturité com o litoral (dista 50 km) em conjunto com disposição do relevo (NNE – SSW) e o deslocamento dos ventos, condicionam a formação de chuvas orográficas no platô e na vertente oriental. No mapa 02 é possível visualizar os níveis altimétricos da vertente oriental do Maciço de Baturité e a depressão periférica na sub-bacia do rio Aracoiaba.

Esses índices altimétricos proporcionam à drenagem superficial o poder de entalhe e dissecação na rocha desenvolvendo vales em forma de “V”, perfis longitudinais com elevados gradientes e perfis transversais estreitos.

Souza e Oliveira (2006) destacam ainda que a forte dissecação causada pela umidade, pela morfogênese química e pela rede fluvial caracteriza a ocorrência de cristas, lombas alongadas, colinas, interflúvios tabulares estreitos, vales em V ou de fundos planos semicirculares. Nesse último caso se configuram as pequenas planícies alveolares cuja cobertura sedimentar se dispõe discordantemente sobre o embasamento cristalino.

Essa variação das feições apresenta índices de declividade de 8%- 45% ratificando que o relevo varia de ondulado a montanhoso, de acordo com a escala de declividade proposta por Souza (2011), sendo que esses declives assumem valores mais significativos e com a variação entre 30% a 40% no platô e na vertente oriental da serra de Baturité, possíveis de visualizar através do mapa 03.



SINAIS CONVENCIONAIS

ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS

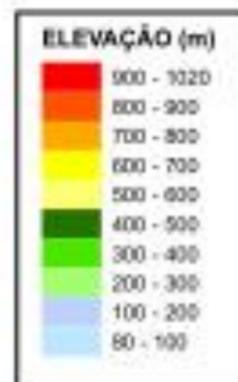
- Drenagem
- Agude

RODOVIAS

- CE Pavimentada
- CE Carroçável

LIMITES

- Sede Municipal
- Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
- Limites Municipais



FONTE: PECE - 2010, SRH - 2009, FUNCIME - 2010, TOPODATA - INPE.

Universidade Estadual do Ceará - UECE
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Centro de Ciências e Tecnologia - OCT
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROPGEU
Mestrado

MAPA HIPSOMÉTRICO

MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

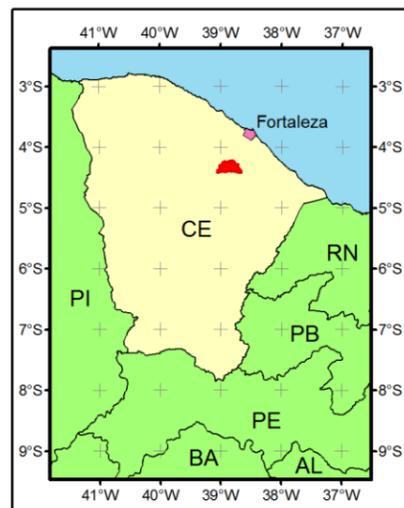
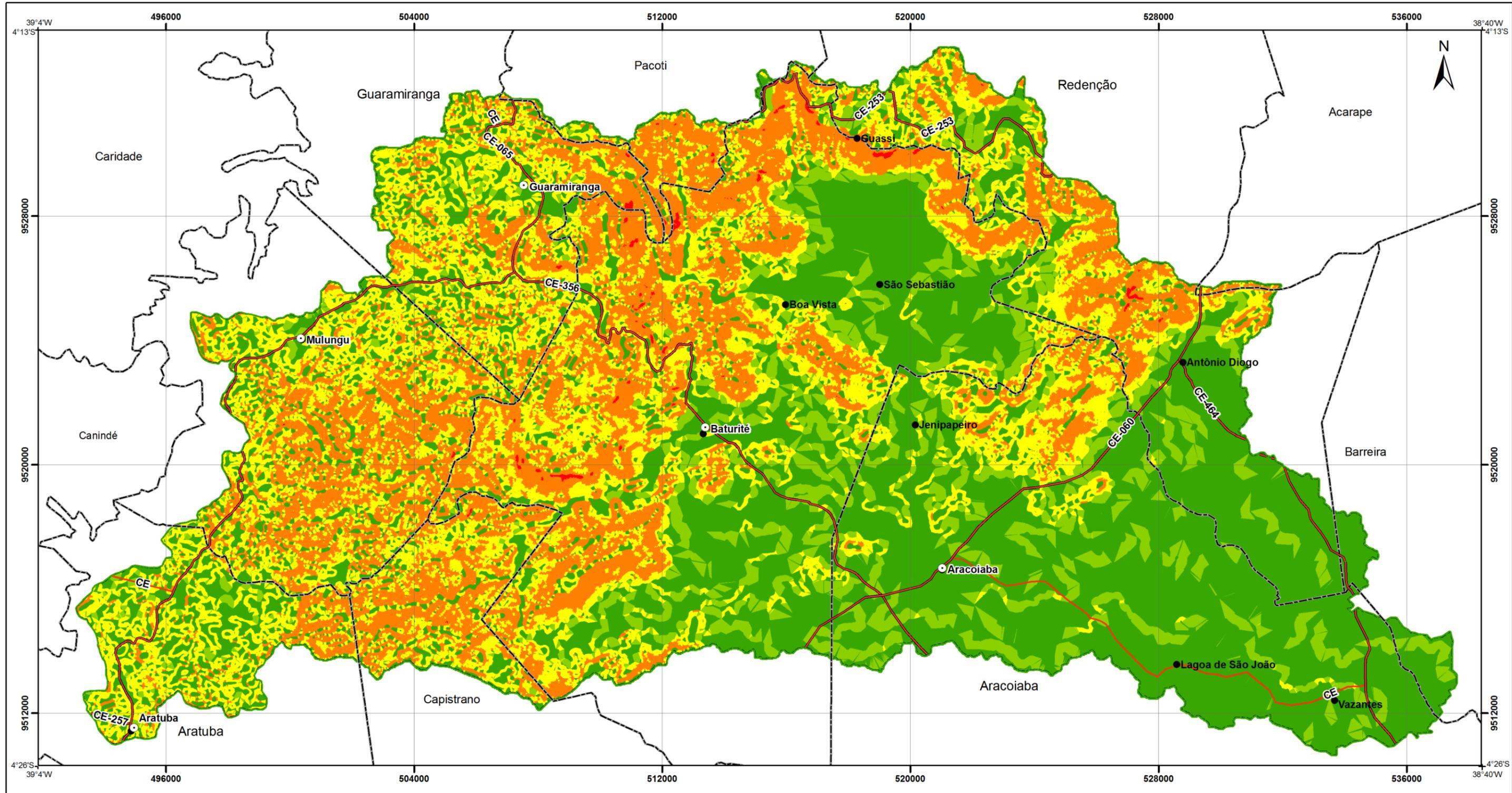
Geyziane Lima de Castro
PROPGEU/UECE, gezycaastro@gmail.com
Maria Lúcia Brito da Cruz
PROPGEU/UECE, mbrucz@gmail.com

Segundo Souza e Oliveira (*op. cit*), as cristas representam formas simétricas aguçadas, com vertentes retilíneas extensas e com classes de declives superiores a 35%. Ocorrem em função da existência de rochas cuja composição mineralógica mais homogênea tem granulação fina, como nos migmatitos e quartzitos. Elas se associam, comumente, às colinas e lombas alongadas. Essas últimas feições possuem topos convexos e vertentes curtas com declives entre 15 e 25%.

As colinas, verificadas nos setores sub-úmidos dos compartimentos serranos, são mais suaves e têm vertentes com declives menores, entre 10 e 15%. Isso se deve a uma menor capacidade de entalhamento da superfície pela rede de drenagem. As lombas se alongam em sentido paralelo aos fundos de vales.

Os interflúvios tabulares têm pequenas larguras, geralmente inferiores a 250 m.

Nas vertentes de barlavento e nos platôs das serras os vales são profundos e estreitos em função da maior umidade.



SINAIS CONVENCIONAIS

LIMITES

- Distritos
- Sede Municipal
- ▭ Limite da Sub-bacia do rio Aracoia
- Limites Municipais

RODOVIAS

- CE Pavimentada
- CE Carroçável

CLASSES DE DECLIVE

| DECLIVIDADE % | CLASSES |
|---------------|-----------------------|
| 0,00 - 3,00 | Relevo plano |
| 3,00 - 8,00 | Relevo suave ondulado |
| 8,00 - 20,00 | Relevo ondulado |
| 20,00 - 45,00 | Relevo forte ondulado |
| > 45 | Relevo montanhoso |

Fonte: Souza, 2011.

Escala 1: 120.000

Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: IMBITUBA - S. CATARINA
 Datum Horizontal: SAD - 69 - MINAS GERAIS
 Origem da quilometragem: UTM "Equador de Meridiano 39 W.G.R." acrescido as constantes 10.000 Km e 500 Km.

FORTE: IPECE - 2010, FUNCEME - 2010, TOPODATA - INPE.

Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROP GEO
 Mestrado

MAPA DE DECLIVIDADE
MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
 PROP GEO/UECE, gezycaastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROP GEO/UECE, mlbruc@gmail.com

Depressão Sertaneja

As depressões geralmente apresentam níveis altimétricos inferiores a 400m, englobam cerca de 100.000km², quase 70% do território estadual. Constituem compartimentos embutidos entre os maciços e serras sertanejas ou entre estas e os planaltos e chapadas sedimentares, SOUZA (2000). As litologias que compõem a depressão sertaneja são representadas pelas rochas do Complexo Nordeste, RADAMBRASIL (1981).

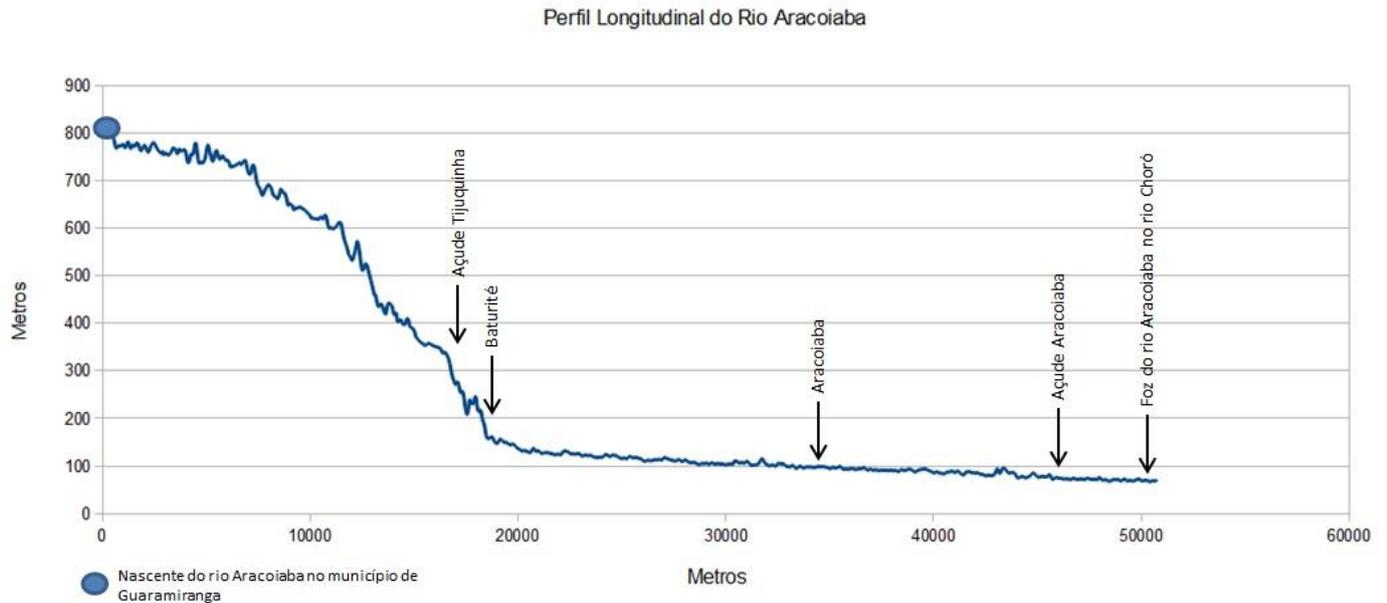
Apesar da complexidade litológica, as depressões sertanejas compõem superfícies de aplainamento onde o trabalho erosivo truncou, indistintamente, os mais variados tipos de rochas. Este trabalho não invalida o trabalho da erosão diferencial, destacando rochas mais resistentes, rebaixando ou dissecando os setores de litologias tenras (SOUZA, 2000. p. 33).

Na sub-bacia do Aracoiaba a depressão sertaneja apresenta uma área aproximada de 230 km² correspondente a 38% da área em estudo, compreende a parte centro-leste da sub-bacia e possui altitudes de 80-400 metros.

O contato da vertente de barlavento (vertente oriental) com os terrenos da depressão sertaneja se faz através de pedimentos dissecados, que se inclinam desde a base do maciço com caimento topográfico no sentido dos fundos de vale e do litoral (Souza, 1988, 2000).

O contato entre o Maciço e a superfície sertaneja dá-se através de pedimentos ora mais ora menos dissecados. Enquanto no sentido Baturité, Aracoiaba e Redenção a paisagem é bastante acidentada e com vertentes ainda ligeiramente convexas, para o sul em direção a Capistrano e Itapiúna a topografia torna-se suave (SOUZA, 1973, p.29).

É possível visualizar a transição abrupta do maciço para a depressão sertaneja periférica, através da figura 08 que mostra o perfil longitudinal do rio Aracoiaba, elaborado no *3D Analyst* do ArcGis 9.3, a partir de modelo digital de elevação da área.

Figura 08: Perfil Longitudinal do rio Aracoiaba

Fonte: Autora

Os sertões que tem contato com a vertente oriental do maciço possuem uma precipitação anual média entre 600-900 mm. A rede fluvial é densa e com cursos d'água semi-perenes e intermitentes sazonais proporcionando deficiente capacidade de erosão linear, baixo potencial de águas subterrâneas. Durante a maior parte do ano essas áreas são submetidas a deficiências hídricas sendo responsável pela dispersão da vegetação caatinga.

Figura 09: Depressão Sertaneja no município de Baturité.

Fonte: Autora.

Tabuleiros Interiores

Outra feição geomorfológica encontrada na área de estudo são os tabuleiros interiores. Áreas de acumulação com feições tabuliformes não se apresentam apenas nas proximidades do litoral, podem também ser encontrados no interior do continente, classificados como tabuleiros interiores.

Sua ocorrência se justifica pelo aprisionamento do material erodido de outras áreas, formando ambientes com características geoambientais distintas das depressões que o cercam, configurando condições mais estáveis para o uso e ocupação. Esse fato ocorre no município de Baturité e Aracoiaba, onde existe testemunho da formação barreiras.

Relativo a esta formação apresenta-se como forma de tabuleiros, como anteriormente citado, com superfície planas e pouco onduladas, bordas sinuosas com declives suaves, chegando a ficar niveladas com rochas pré-cambrianas (RADAMBRASIL,1981). Considera-se um ambiente estável e propício para a expansão urbana e atividade agropecuária.

Figura 10: Agrovila situada numa mancha de Tabuleiro Interior no município de Aracoiaba.



Fonte: Autora.

Planícies Fluviais e Alveolares

As planícies fluviais são as formas mais características de acumulação decorrentes da ação fluvial. Diferenciam-se dos sertões semiáridos, por abrigarem melhores condições de solos e disponibilidade hídricas.

Em geral, são rios com nascentes situadas nos maciços residuais, drenando, em grande parte, terrenos do embasamento cristalino. Nestas áreas a montante, as planícies tem larguras inexpressivas. Para jusante, nos baixos cursos, à medida que entalham terrenos da Formação Barreiras, a faixa de deposição é ampliada por diminuição do gradiente fluvial (SOUZA, 2000, p16).

Apesar de espacialmente as planícies fluviais serem pouco representativas, suas potencialidades naturais constituem ambientes de grande importância e de exceção nas depressões sertanejas semiáridas.

O alto curso das planícies do Aracoiaba é quase inexpressivo com exceções configuradas pelas pequenas depressões alveolares e planícies fluviais que são recobertas por depósitos aluviais quaternários como foi citado por Souza (2000). Para jusante do rio Aracoiaba a faixa de deposição é maior devido à diminuição do gradiente fluvial, após a confluência com o rio Putiú passa a ter uma seção transversal considerável, favorecendo um aproveitamento agrícola.

A planície do Aracoiaba, da mesma forma, só chega a ter maior expressão a partir da queda sensível do gradiente e já a poucos quilômetros do curso principal. Para montante, na vertente oriental do Maciço de Baturité, as planícies alveolares chegam a ser mais expressivas, justificando o estrangulamento da planície aluvial do Aracoiaba que, no setor contínuo, tem largura média de 1.000 m (SOUZA, 1973, p. 31).

A figura 11 apresenta um exemplo de planície alveolar na sub-bacia do Aracoiaba no município de Guaramiranga.

Figura 11: Planície alveolar com plantação de cana-de-açúcar.



Fonte: BASTOS, 2005.

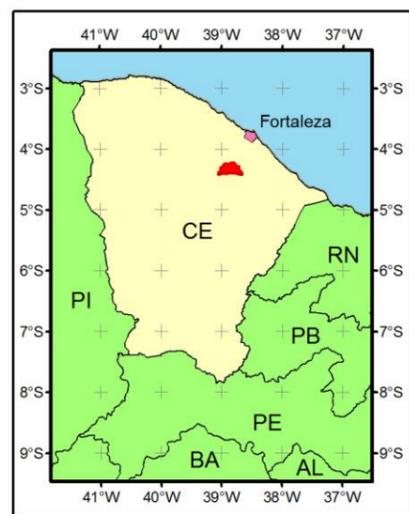
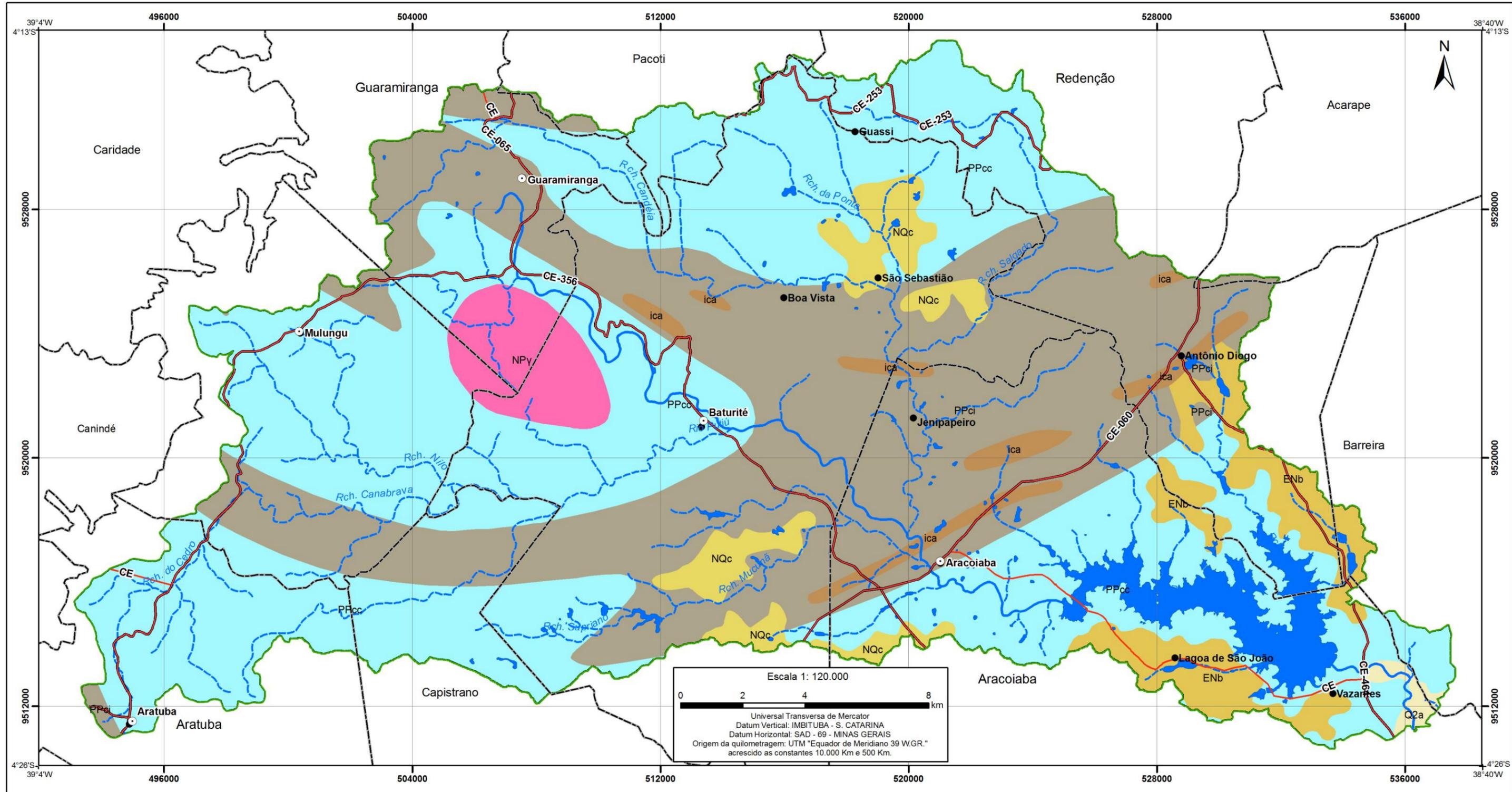
Os elementos litológicos existentes acima citados da sub-bacia do Aracoiaba, estão dispostos no quadro abaixo baseados no RADAMBRASIL (1981) e no Atlas Digital da CPRM (2003).

Quadro 03: Litologia da Sub-bacia do Aracoiaba

| IDADE GEOLÓGICA | | UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS | LITOLOGIA |
|--------------------|----------------|------------------------------|--|
| HOLOCENO | | Aluviões | Q2a Argilas, areias argilosas e cascalhos |
| | | | NQc Sedimentos argilo-arenosos |
| TERCIO-QUATERNARIO | | Barreiras Indiviso | Enb Arenitos conglomerados |
| PRÉ-CAMBRIANO | Complexo Ceará | Granitóides Diversos | NPy Biotita-granitos, monzogranitos, sienitos, quartzomonzonitos e granitos porfiríticos, em parte somados num mesmo espaço cartografado |
| | | | PPci Paragnaisses, micaxistos e metacalcários |
| | | Unidade Independência | ica Metacalcários |
| | | Unidade Canindé | PPcc Paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcários |

Fonte: Elaborado pela Autora a partir da CPRM, 2003.

A seguir apresenta-se espacialmente a distribuição das classes litológicas da sub-bacia do Aracoiaba no mapa 05.



SINAIS CONVENCIONAIS

LIMITES

- Distritos
- Sede Municipal
- ▭ Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
- Limites Municipais

ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS

- ~ Drenagem
- Açude

RODOVIAS

- CE Pavimentada
- CE Carroçável

| IDADE GEOLÓGICA | UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS | LITOLOGIA | |
|--------------------|------------------------------|--|--|
| HOLOCENO | Aluviões | Q 2 a Argilas, areias argilosas e cascalhos NQ c Sedimentos argilo-arenosos | |
| TERCIO-QUATERNÁRIO | Barreiras Indiviso | En b Arenitos conglomerados | |
| PRÉ-CAMBRIANO | Granitóides Diversos | NPY Biotita-granitos, monzogranitos, sienitos, quartzomonzonitos e granitos porfíricos, em parte somados num mesmo espaço cartografado | |
| | Complexo Ceará | Unidade Independência | PPci Paragnaisses, micaxistos e metacalcários ica Metacalcários |
| | | Unidade Canindé | PPcc Paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcários |

Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROP GEO Mestrado

MAPA LITOLÓGICO
MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
 PROP GEO/UECE, geyzicastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROP GEO/UECE, mlbcruz@gmail.com

Fonte: CPRM, 2003.

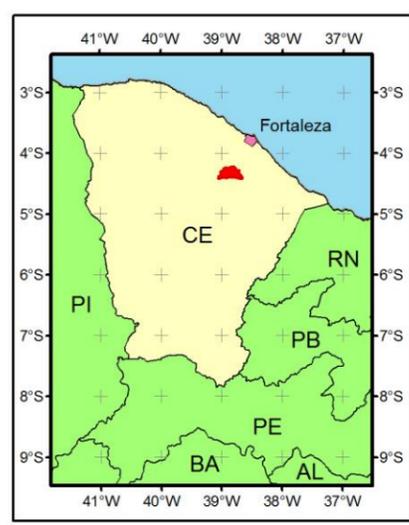
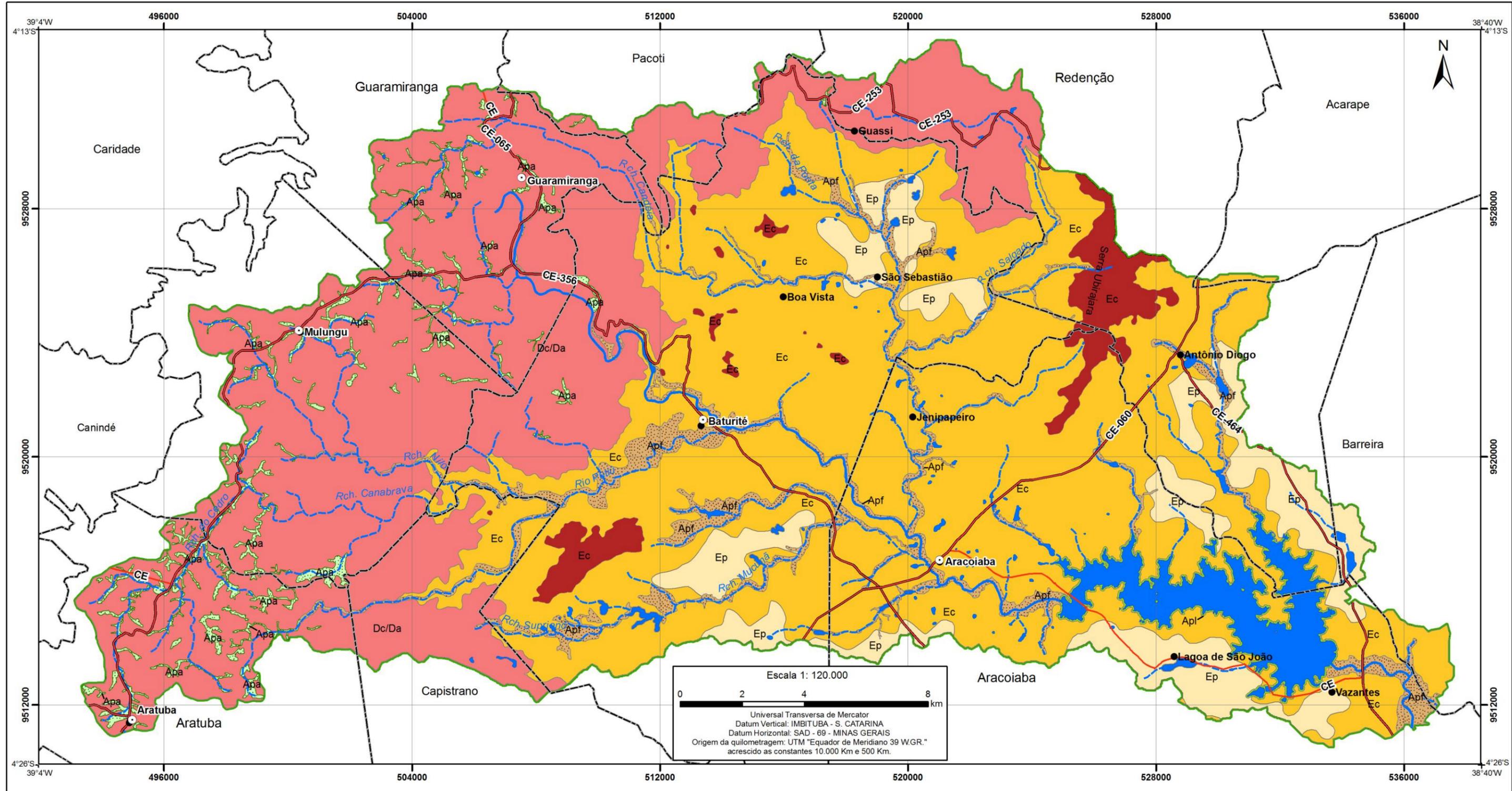
Os elementos geomorfológicos existentes acima citados da sub-bacia do Aracoiaba, estão dispostos nas tabelas abaixo baseados na interpretação das imagens de satélites SPOT (2004), Landsat 5 TM (2008), no modelo digital de elevação do TOPODATA/INPE e no mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1981).

Quadro 04: Feições Geomorfológicas da sub-bacia do Aracoiaba

| Dominios Morfoestruturais e Cronologia | Unidades Geomorfológicas/ Subcompartimentação | Modelado/Formas | Feições |
|---|--|------------------------|---|
| Depositos Sedimentares Cenozóicos | Planícies | Acumulação |  Planície Fluvial |
| | | |  Planície Alveolar |
| | Tabuleiros | |  Tabuleiro Interior |
| Escudos e Maciços Antigos/Pré-Cambriano | Planaltos Residuais | Dissecação |  Fomas convexas Fomas aguçadas |
| | Depreção Sertaneja | Aplainamento/Erosiva |  Cristas |
| | | |  Depressao Sertaneja |

Fonte: Elaborado pela Autora.

A seguir apresenta-se espacialmente a distribuição das classes geomorfológicas da sub-bacia do Aracoiaba no mapa 06.



SINAIS CONVENCIONAIS

LIMITES

- Distritos
- Sede Municipal
- ▭ Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
- Limites Municipais

ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS

- ~ Drenagem
- ▭ Açude

RODOVIAS

- CE Pavimentada
- CE Carroçável

| Domínios Morfoestruturais e Cronologia | Unidades Geomorfológicas/ Subcompartimentação | Modelado/Formas | Feições |
|--|---|-----------------|------------------------------|
| Depositos Sedimentares Cenozóicos | Planícies | Acumulação | Apf Planície Fluvial |
| | Tabuleiros | | Apa Planície Alveolar |
| Escudos e Máiçõs Antigos/Pré-Cambriano | Planaltos Residuais | Dissecação | Ep Tabuleiro Interior |
| | Depreção Sertaneja | | Aplainamento/Erosiva |
| | | | |
| | | | Eppd, Ec Depressão Sertaneja |

Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROP GEO Mestrado

MAPA GEOMORFOLÓGICO
MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
 PROP GEO/UECE, geyzicastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROP GEO/UECE, mlbcruz@gmail.com

Fonte: RADAMBRASIL, 1981.

2.3. Aspectos climato-hidrológicos

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Essa resulta em última instância, do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e também das características topográficas sobre os continentes. Padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o globo. No entanto essa redistribuição não é homogênea, agindo algumas vezes no sentido de diminuir as variações regionais dos elementos climáticos, tais como, temperatura e precipitação, as quais, têm enorme influência nas atividades humanas (FERREIRA & MELLO, 2005, p.16).

De acordo com NIMER (1972) a enorme extensão territorial da Região Nordeste, o relevo – constituído por amplas planícies, por vales baixos, geralmente inferiores a 500m, entre superfícies que se alçam, muitas vezes, a cotas de 800m na Borborema, Araripe, Ibiapaba, Baturité e de 1.200m na Diamantina – somando à conjugação de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia desta região uma das mais complexas do mundo. Esta complexidade não se traduz em grandes diferenciações térmicas que variam no máximo em torno de 6°, mas reflete-se em uma extraordinária variedade climática, do ponto de vista da pluviosidade (variação têmporo-espacial), sem igual em outras regiões brasileiras.

O clima e a hidrologia são fatores que influenciam diretamente nas características do ambiente, principalmente no relevo e vegetação. O processo de formação e evolução dos sistemas ambientais e de suas atuais condições são reflexos das condições pretéritas do clima e da distribuição da drenagem no ambiente.

A identificação dos tipos climáticos constitui importante subsídio às atividades que, direta ou indiretamente, dependem do meio ambiente. Possibilita o conhecimento das características climáticas básicas e gerais de uma região, auxiliando o planejamento das atividades agrícolas e a gestão dos recursos hídricos (ZANELLA e SALES, 2011, p. 61).

O maciço de Baturité representa uma exceção dentro Ceará, devido a sua altitude e sua proximidade com o oceano. Caracteriza-se em um brejo de altitude, ou maciço úmido, com precipitações muito acima da média do semiárido cearense e melhor distribuída ao longo do ano, proporcionando um sistema ambiental com a dinâmica diferenciada da quase totalidade do Ceará.

As áreas circundantes apresentam características semiáridas, devido às baixas altitudes, conseqüentemente baixas taxas pluviométricas, e temperaturas elevadas.

Dentre os sistemas atmosféricos que mais contribuem para o clima da região são a massa equatorial atlântica, os alísios de sudeste, e a ZCIT – Zona de Convergência Intertropical, além da influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico.

ZANELLA E SALES (2011) afirmam que no Ceará os ventos são oriundos das altas pressões subtropicais, ou seja, do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, produtor da Massa Equatorial Atlântica. Essa massa se caracteriza por possuir vortacidade anticiclônica, com temperaturas elevadas por causa da forte radiação solar. Trata-se de uma massa estável e homogênea, assegurando condições de bom tempo durante a maior parte do ano. Ela é responsável pelo aumento dos ventos no inverno e na primavera.

Outro sistema atmosférico atuante na região são os alísios de sudeste, sua influência persiste o ano inteiro na região Nordeste, se caracteriza como uma zona subtropical de alta pressão sobre o Atlântico Sul, que origina os ventos de leste (sudeste).

O terceiro sistema atmosférico representa uma importância maior para o Nordeste, pois ele é o maior responsável pela quadra chuvosa em grande parte do semiárido brasileiro. Xavier (2001) define que ZCIT é a faixa que corresponde à convergência dos ventos tropicais (alísios) dos hemisférios norte e sul, os quais sopram de nordeste e de sudeste respectivamente. Trata-se de uma região de alta instabilidade, e a convergência desses ventos para as camadas superiores dão origem a um cinturão de nuvens.

A ZCIT pode abranger até 500 km de largura, flutua na linha do equador ao longo do ano, entre junho e dezembro ela flutua mais no hemisfério norte, e entre janeiro e maio ela flutua mais no hemisfério sul, ocasionando a chuvas no Nordeste brasileiro. Ela é mais significativa sobre os oceanos, por isso a TSM – Temperatura da Superfície do Mar – é um dos fatores determinantes para sua posição e intensidade.

No hemisfério sul a ZCIT chega, em média, a aproximadamente 2° - 5° de latitude Sul, entre fevereiro a abril, ocasionando precipitações abundantes para toda a região. Em maio inicia o seu retorno em direção ao hemisfério norte, quando então, entra em declínio o período chuvoso para o estado do Ceará (ZANELLA e SALES *op. cit.* p. 63).

A ocorrência da ZCIT na serra gera um índice pluviométrico ainda maior nos meses em que esse sistema atmosférico atua principalmente na vertente de barlavento, a qual a área de estudo esta inserida.

Outros sistemas secundários atuam na região como os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), as Linhas de Instabilidade, os Complexos Convectivos de Meso-escala, e as Ondas de Leste.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis formam-se no oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. Observado

pelas imagens de satélite, têm 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 (FERREIRA & MELLO, 2005, p.20).

As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha. O desenvolvimento das nuvens cumulus se dá pela grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical, que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas. Outro fator destacado por FERREIRA & MELLO (2005), que contribui para o incremento das LI, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT.

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. Esse sistema se forma durante a noite e pode adquirir grandes proporções no início da manhã. Os CCMs ocorrem isoladamente e ocasionam eventos pluviométricos diários intensos, podendo gerar impactos nas áreas atingidas (ZANELLA E SALES, 2011).

As ondas de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis, as Ondas de Leste também provocam chuvas no estado do Ceará nos meses de junho, julho e agosto, principalmente na parte centro-norte do estado (FERREIRA & MELLO, op.cit.).

As brisas marítimas e terrestres resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água. No nordeste do Brasil, por exemplo, onde os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano, quase sempre as brisas apenas contribuem para mudar um pouco a direção e a velocidade dessas. Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante da superposição alísio-brisa, pode ser maior ou menor que a do alísio (Varejão-Silva, 2001).

Os oceanos também influenciam nos sistemas atmosféricos e no clima da região.

O El Niño, quando as águas do Pacífico estão mais aquecidas no centro-leste toda a convecção se desloca para leste, alterando o posicionamento da Célula de Walker. Com a continuidade da circulação atmosférica, o ar quente daquela região é empurrado, originando um ramo descendentes sobre o Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil e à Amazônia Oriental. De acordo com a intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e da descida da ZCIT e como consequência, diminuição das chuvas na região do Nordeste Brasileiro. Assim o El Niño é um dos responsáveis pela

redução das chuvas no setor setentrional do nordeste brasileiro (ZANELLA e SALES, 2011).

Acredita-se que a ocorrência do El Niño, associado ao Dipolo do Atlântico positivo, contribua para que ocorra precipitação pluviométrica abaixo da média no norte do Nordeste brasileiro, abrangendo a área do presente estudo.

O fenômeno La Niña associado ao dipolo negativo do Atlântico, ao contrário do El Niño, é responsável pelo aumento das chuvas, proporcionando anos chuvosos na região Nordeste.

Distribuição das chuvas na sub-bacia do Aracoiaba

A pluviometria é fundamental para o estudo do clima, pois é considerada um dos elementos de maior importância na definição do quadro climático. Para o estudo do clima na sub-bacia do Aracoiaba utilizou-se os dados das estações meteorológicas de Redenção, Baturité, Aracoiaba, Guaramiranga, Aratuba, Mulungu. Considerou-se para análise pluviométrica os municípios que tem mais de 5% de participação na sub-bacia do Aracoiaba (ver tabela 2), sendo assim, ficam fora da presente análise os municípios: Acarape (0,08%), Barreira (0,90%), Capistrano (4,17%) e Pacoti (1,32%).

Os valores de precipitação apresentados na Tabela 03 mostram uma distribuição de chuvas muito variável nos diferentes anos em relação à sua média nos municípios avaliados. Redenção, localizada 88,8 m de altitude, apresenta pluviometria média anual de 1172,877 mm, já Aracoiaba, com 107,1 m de altitude, apresenta pluviometria média anual de 969,227 mm, em Baturité, com 171,2 m de altitude, apresenta pluviometria média anual de 1074, 567 mm, o município de Mulungu, com 790 m de altitude, apresenta pluviometria média anual de 1139,963 mm, Aratuba, com 830m de altitude, apresenta pluviometria média anual de 1143,527 mm, e Guaramiranga, com altitude de 865 m, registra 1593,367 mm para série histórica de 30 anos (1983 – 2012).

Dentre os municípios analisados da sub-bacia, Aracoiaba e Baturité tiveram no ano de 1985 seus totais pluviométricos mais elevados com 1777 mm e 1996,4 mm, respectivamente. Já Aratuba e Guaramiranga tiveram seus totais pluviométricos mais elevados no ano de 1986, com 2218 mm e 2389,4 mm, respectivamente. O município de Redenção teve seu total pluviométrico mais elevado em 2009 com 1896,4 mm e Mulungu no ano 2000 com 2149,9 mm.

Tabela 03: Total Anual da Precipitação em Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guramiranga, Redenção e Mulungu (1983 – 2012).

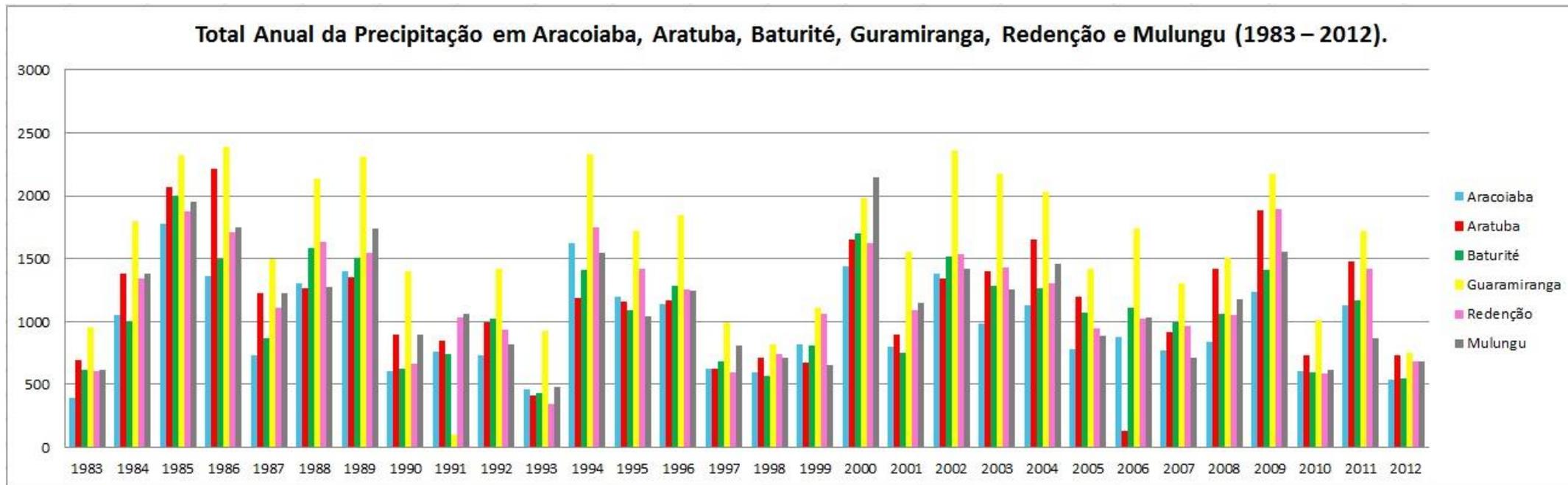
| Ano | Municípios | | | | | |
|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Aracoiaba | Aratuba | Baturité | Guaramiranga | Redenção | Mulungu |
| 1983 | 392,7 | 693 | 617 | 954,2 | 603,4 | 613,7 |
| 1984 | 1049,2 | 1379,5 | 1005,6 | 1798,1 | 1343,7 | 1385,1 |
| 1985 | 1777 | 2069 | 1996,4 | 2325,2 | 1875,5 | 1950,7 |
| 1986 | 1359,4 | 2218 | 1500,5 | 2389,4 | 1711,5 | 1745,1 |
| 1987 | 736,9 | 1223,3 | 869 | 1494,3 | 1106,9 | 1228,6 |
| 1988 | 1303,3 | 1261,5 | 1585,3 | 2133,2 | 1634,1 | 1274,8 |
| 1989 | 1396,5 | 1348,3 | 1509,5 | 2313,7 | 1542,5 | 1736,2 |
| 1990 | 603,9 | 896,9 | 628 | 1404 | 667,3 | 897,7 |
| 1991 | 763,1 | 848,5 | 742 | 104,9 | 1033,6 | 1058,1 |
| 1992 | 729 | 996,3 | 1020,5 | 1420,7 | 932,5 | 823 |
| 1993 | 456,8 | 416,3 | 434,5 | 923 | 344,5 | 479,1 |
| 1994 | 1620,2 | 1185 | 1411,5 | 2332,4 | 1748,7 | 1548,1 |
| 1995 | 1195 | 1157,3 | 1092,8 | 1719,4 | 1423,8 | 1042,7 |
| 1996 | 1134,9 | 1171,6 | 1284,3 | 1842,7 | 1255,1 | 1246,7 |
| 1997 | 622,3 | 624,7 | 680,4 | 997,8 | 595,9 | 811,2 |
| 1998 | 600,9 | 714,1 | 570,9 | 818,9 | 742,2 | 717 |
| 1999 | 822,4 | 677,9 | 807,3 | 1107 | 1059,4 | 658,1 |
| 2000 | 1443,1 | 1653 | 1699,5 | 1979,8 | 1626,6 | 2149,9 |
| 2001 | 800,2 | 895,2 | 753,9 | 1550,8 | 1092,1 | 1151,3 |
| 2002 | 1382,9 | 1339,1 | 1518,1 | 2357,1 | 1539 | 1418,5 |
| 2003 | 983,6 | 1403,7 | 1279,4 | 2178,7 | 1433,4 | 1259,3 |
| 2004 | 1127,8 | 1647,5 | 1263,3 | 2029,9 | 1303,9 | 1462 |
| 2005 | 780,7 | 1196 | 1068,3 | 1421,9 | 946,2 | 889,9 |
| 2006 | 876,8 | 132,4 | 1110,6 | 1744 | 1023,5 | 1031 |
| 2007 | 768,3 | 915,7 | 998 | 1306,2 | 963,7 | 710 |
| 2008 | 840,4 | 1415 | 1059,4 | 1503 | 1052,2 | 1177,8 |
| 2009 | 1240,5 | 1881,7 | 1412,6 | 2176 | 1896,4 | 1556 |
| 2010 | 602,7 | 729 | 600,6 | 1008,4 | 582,4 | 620 |
| 2011 | 1126,9 | 1479,3 | 1167,4 | 1718,7 | 1422,3 | 870,9 |
| 2012 | 539,4 | 737 | 550,4 | 747,6 | 684 | 686,4 |
| MÉDIA | 969,227 | 1143,527 | 1074,567 | 1593,367 | 1172,877 | 1139,963 |

Fonte: Postos Pluviométricos da FUNCEME. Elaborado pela autora.

De acordo com os totais pluviométricos mais elevados dos municípios em análise e suas médias da série histórica de trinta anos, obteve-se os seguintes desvios pluviométricos positivos: Aracoiaba 83%, Baturité 86%, Aratuba 94%, Guaramiranga 50%, Redenção 62%, e Mulungu 88%.

Com relação ao ano mais seco, Redenção, Baturité e Mulungu tiveram seu menor total pluviométrico no ano de 1993 com 344,5 mm e 434,5 mm, 479,1 mm, respectivamente. Já Aracoiaba teve seu menor total pluviométrico no ano de 1983, com 392,7 mm. O município de Aratuba teve seu menor total pluviométrico no ano de 2006, com 132 mm. E Guaramiranga teve seu menor total pluviométrico no ano de 1991, com 104,9 mm.

Gráfico 01: Distribuição da precipitação total anual em Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu.



Fonte: Postos Pluviométricos da FUNCEME. Elaborado pela Autora.

Os desvios pluviométricos negativos foram calculados com base na média da série histórica de cada município juntamente com os seus totais pluviométricos menores, obtendo-se os seguintes desvios negativos: Aracoiaba 59%, Aratuba 88%, Baturité 59%, Guaramiranga 50%, Redenção 71%, e Mulungu 58%.

Ferreira e Mello (2005) afirmam que o fenômeno El Niño, associado ao Dipolo do Atlântico positivo, geralmente estão vinculados à ocorrência de anos secos, enquanto os anos chuvosos se relacionam à presença de La Niña e/ou Dipolo do Atlântico negativo.

De acordo com Zanella e Sales (2011), nos anos secos, os problemas se relacionam principalmente à falta de recursos hídricos, com consequências mais graves à agricultura praticada na área, contribuindo para as migrações campo-cidade, enquanto nos chuvosos, registram-se casos de deslizamentos, principalmente em cortes de estradas ou onde a declividade se apresenta muito acentuada, gerando prejuízos às áreas atingidas.

Constatou-se também que o ano de 2012 representou um dos anos com menores totais pluviométricos dentre os municípios analisados. Para o município de Aracoiaba o ano de 2012 foi o terceiro menor total pluviométrico da série histórica dos últimos 30 anos (1983 – 2012), com 539,4 milímetros. O município de Aratuba teve anos piores que 2012, mas mesmo assim o total pluviométrico do referido ano foi o oitavo menor com 737 mm. Baturité igualmente Guaramiranga teve o ano de 2012 como o segundo menor total pluviométrico dos últimos trinta anos, com 550,4 mm e 747,6 mm, respectivamente. Redenção teve em 2012 sua sexta menor total pluviométrica, com 684mm, e Mulungu teve em 2012 sua quinta menor total pluviométrica, com 686,4.

Além da variabilidade anual de precipitação, ocorre a concentração sazonal das chuvas no primeiro semestre do ano, embora essa concentração seja diminuta comparada às regiões semiáridas do estado. Na tabela 04 é possível visualizar a média mensal da precipitação (mm) para os municípios em estudo (Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu).

Tabela 04: Média mensal da precipitação (mm) nos municípios de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu no período de 1983 – 2012.

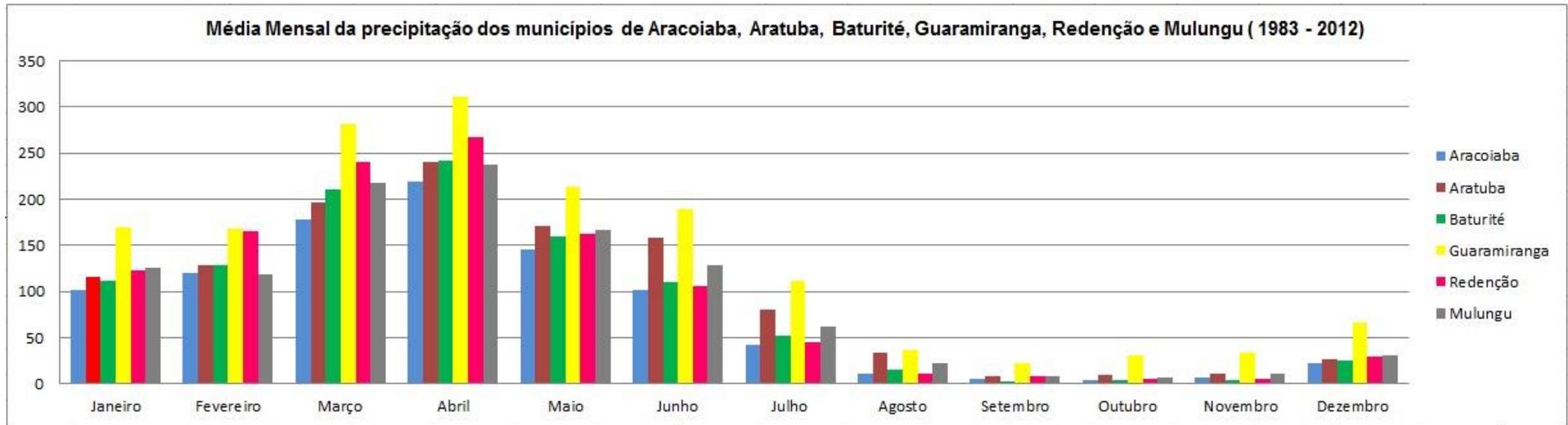
| Mês | Municípios | | | | | |
|-----------|------------|---------|----------|--------------|----------|---------|
| | Aracoiaba | Aratuba | Baturité | Guaramiranga | Redenção | Mulungu |
| Janeiro | 101,2 | 116,3 | 111,3 | 170 | 123,3 | 126,5 |
| Fevereiro | 120,2 | 129,4 | 129,4 | 168,3 | 166 | 119,4 |
| Março | 178,4 | 197,3 | 211,1 | 281,8 | 240,1 | 218,5 |
| Abril | 219,9 | 240,2 | 242,6 | 311,2 | 267,6 | 238,4 |
| Mai | 145,8 | 170,8 | 159,9 | 213,3 | 162,2 | 166,7 |
| Junho | 101,7 | 158,6 | 111 | 189,5 | 106,4 | 128,1 |
| Julho | 43 | 80,7 | 52,2 | 111,1 | 45,9 | 61,7 |
| Agosto | 11,9 | 33,8 | 14,8 | 37,2 | 11,1 | 22,8 |
| Setembro | 5,2 | 8,9 | 3,2 | 23,1 | 8,2 | 8,1 |
| Outubro | 4,2 | 9,3 | 4,6 | 30,8 | 5,5 | 7,4 |
| Novembro | 7 | 10,6 | 4 | 33,9 | 5,7 | 11,5 |
| Dezembro | 22,6 | 26,8 | 25,8 | 66,7 | 30,2 | 31,2 |

Fonte: Postos Pluviométricos da FUNCEME. Elaborado pela autora.

Observa-se que no primeiro semestre se concentram quase a totalidade da precipitação, período em que se concentram 90% das chuvas de Aracoiaba, 86% em Aratuba, 90% em Baturité, 81% em Guaramiranga, 91% em Redenção e 87% em Mulungu.

De fevereiro a maio concentra-se a quadra chuvosa, e se tem os maiores totais pluviométricos devido a maior atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema produtor de chuvas. No mês de abril registra-se os maiores valores mensais nos seis municípios em análise. No segundo semestre do ano, as mensais pluviométricas diminuem efetivamente caracterizando o período seco. De acordo com Zanella e Sales (2011), isso ocorre devido ao fortalecimento do Anticiclone do Atlântico Sul, de onde se originam os alísios de SE, gerando estabilidade ao tempo na região em estudo.

Gráfico 02: Distribuição da Média Mensal dos municípios de Aracoíaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu (1983 – 2012).



Fonte: Postos Pluviométricos da FUNCEME. Elaborado pela Autora.

Com relação à temperatura da área de estudo, apresenta baixas amplitudes térmicas por caracterizar-se uma região tropical/equatorial, e por estar próxima a linha do Equador. A média dos últimos 30 anos gira em torno de 26,9°C em Aracoiaba, 21,1°C em Aratuba, 26,3°C em Baturité, 20,7°C em Guaramiranga, 26,9°C em Redenção e 21,4°C em Mulungu.

Ocorre uma variação de 8,2°C dentre todas as médias mensais dos seis municípios em análise, sendo a menor média de 19,5°C em Guaramiranga e a maior de 27,7°C em Aracoiaba. Essa amplitude térmica encontrada resulta da diferenciação de altitude dos municípios que abrangem diferentes sistemas ambientais na sub-bacia do Aracoiaba, dentre os quais a depressão sertaneja, que geralmente, apresenta médias superiores a 26°C.

Observa-se na tabela 05 e nos gráficos 03, 04, 05, 06, 07 e 08 que na distribuição mensal, o mês de julho apresenta as menores temperaturas para todos os municípios por causa do inverno no Hemisfério Sul. E as temperaturas mais elevadas são percebidas no mês de janeiro devido a ocorrência do verão no Hemisfério Sul.

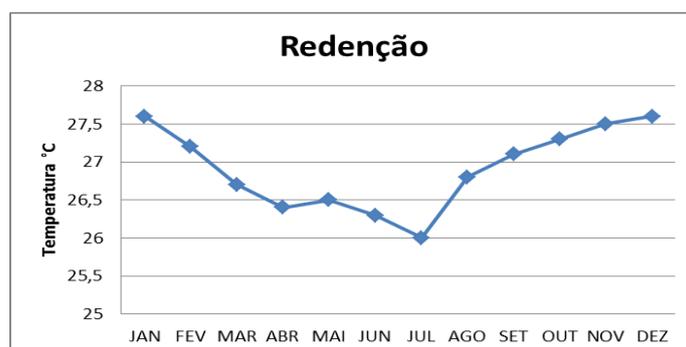
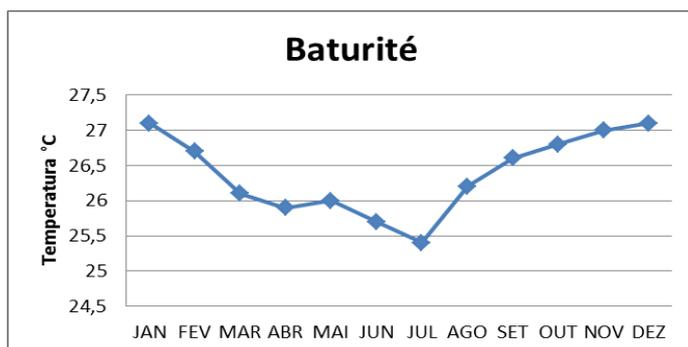
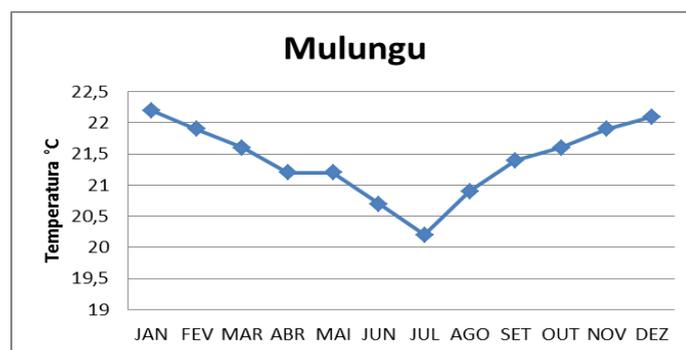
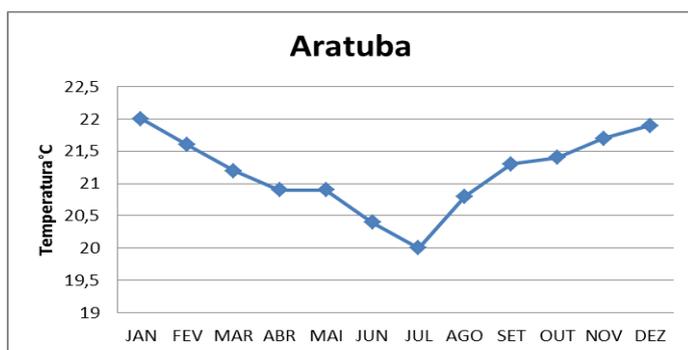
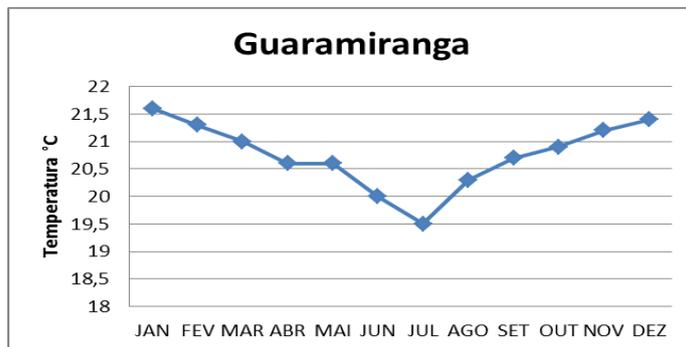
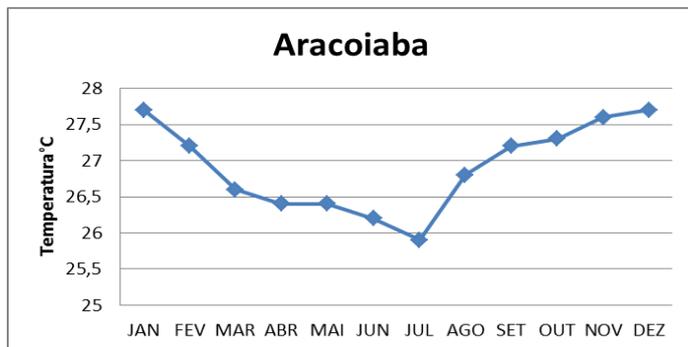
Zanella e Sales (2011) destacam que embora a amplitude térmica mensal seja baixa, a variação de temperatura diária é muito grande por possuírem valores elevados durante o dia e valores mais amenos durante a noite. Essa variação diuturna é importante para o intemperismo, influenciando nos processos morfopedológicos que se desenvolvem na paisagem local, embora a precipitação seja o elemento preponderante nos referidos processos nessa região.

Tabela 05: Temperatura mensal estimada em graus celsius para os municípios de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu.

| Mês | Municípios | | | | | |
|------------|------------|---------|----------|--------------|----------|---------|
| | Aracoiaba | Aratuba | Baturité | Guaramiranga | Redenção | Mulungu |
| Jan | 27,7 | 22 | 27,1 | 21,6 | 27,6 | 22,2 |
| Fev | 27,2 | 21,6 | 26,7 | 21,3 | 27,2 | 21,9 |
| Mar | 26,6 | 21,2 | 26,1 | 21 | 26,7 | 21,6 |
| Abr | 26,4 | 20,9 | 25,9 | 20,6 | 26,4 | 21,2 |
| Mai | 26,4 | 20,9 | 26 | 20,6 | 26,5 | 21,2 |
| Jun | 26,2 | 20,4 | 25,7 | 20 | 26,3 | 20,7 |
| Jul | 25,9 | 20 | 25,4 | 19,5 | 26 | 20,2 |
| Ago | 26,8 | 20,8 | 26,2 | 20,3 | 26,8 | 20,9 |
| Set | 27,2 | 21,3 | 26,6 | 20,7 | 27,1 | 21,4 |
| Out | 27,3 | 21,4 | 26,8 | 20,9 | 27,3 | 21,6 |
| Nov | 27,6 | 21,7 | 27 | 21,2 | 27,5 | 21,9 |
| Dez | 27,7 | 21,9 | 27,1 | 21,4 | 27,6 | 22,1 |

Fonte: Temperatura estimada pelo programa CELINA. (COSTA, 2006).

Gráficos 03, 04, 05, 06, 07 e 08: Temperatura mensal estimada para os municípios de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Redenção e Mulungu.



Fonte: Temperatura estimada pelo programa CELINA. (COSTA, 2006).

A análise do balanço hídrico é fundamental, pois visa avaliar o regime hídrico e a tipologia climática para a área. Além de tornar-se possível estimar o excedente (EXC), o déficit hídrico (DEF), a taxa de evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR). Da tabela 06 a 11 e do gráfico 09 a 14 contêm os dados relativos ao balanço hídrico de Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção, respectivamente.

Segundo os dados do balanço hídrico constatou-se que o período de maior intensidade pluviométrica acontece no primeiro semestre do ano, onde ocorre o processo de reposição da água no solo. Dependendo desse grau de reposição, ocorre o que chamamos de excedente hídrico, quando os solos já têm capacidade máxima de armazenamento.

Observar-se também a diferença no balanço hídrico entre os municípios do maciço e da depressão periférica. No caso dos municípios inseridos no maciço, com altitudes mais

elevadas, verificou-se que há uma melhor distribuição das chuvas no primeiro semestre do ano, e que o déficit hídrico ocorre apenas no segundo semestre do ano. Já nos municípios inseridos na depressão periférica ocorre excedente hídrico apenas nos meses de março, abril e maio, devido presença da ZCIT na região.

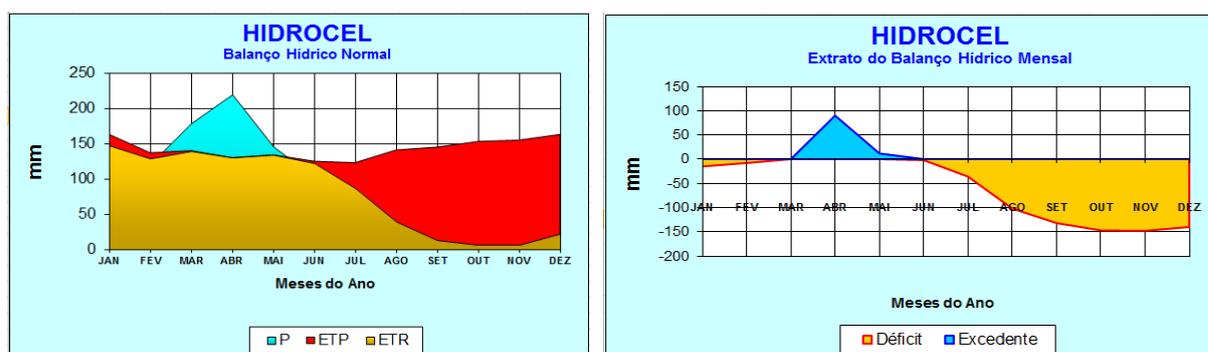
No município de Aracoiaba os valores da evapotranspiração variam entre 163 mm e 123 mm em julho, com um total de 1709 mm, e observa-se também na tabela 06 e no gráfico 09 o excedente hídrico apenas nos meses de abril e maio, com um total de 102 mm. Esses valores explicam-se pelo fato do município de Aracoiaba situar-se em baixas altitudes, na depressão sertaneja, ocasionando má distribuição pluviométrica espaço-temporal.

Tabela 06: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Aracoiaba, Ceará.

| MÊS | T (°C) | ETP (mm) | P (mm) | P-ETP (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---------------|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| JAN | 27,7 | 163 | 101,2 | -61,8 | 148 | 15 | 0 |
| FEV | 27,2 | 137 | 120,2 | -16,8 | 129 | 8 | 0 |
| MAR | 26,6 | 140 | 178,4 | 38,4 | 140 | 0 | 0 |
| ABR | 26,4 | 130 | 219,9 | 89,9 | 130 | 0 | 89,9 |
| MAI | 26,4 | 134 | 145,8 | 11,8 | 134 | 0 | 11,8 |
| JUN | 26,2 | 125 | 101,743 | -23,257 | 123 | 2 | 0 |
| JUL | 25,9 | 123 | 43 | -80 | 87 | 36 | 0 |
| AGO | 26,8 | 141 | 11,9 | -129,1 | 39 | 102 | 0 |
| SET | 27,2 | 145 | 5,2 | -139,8 | 13 | 132 | 0 |
| OUT | 27,3 | 153 | 4,2 | -148,8 | 6 | 147 | 0 |
| NOV | 27,6 | 155 | 7 | -148 | 7 | 148 | 0 |
| DEZ | 27,7 | 163 | 22,6 | -140,4 | 23 | 140 | 0 |
| Totais | - | 1709 | 961,143 | - | 979 | 730 | 102 |
| Médias | 26,9 | - | 80,09525 | - | - | - | - |

Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

Gráfico 09: Balanço Hídrico do Município de Aracoiaba.



Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

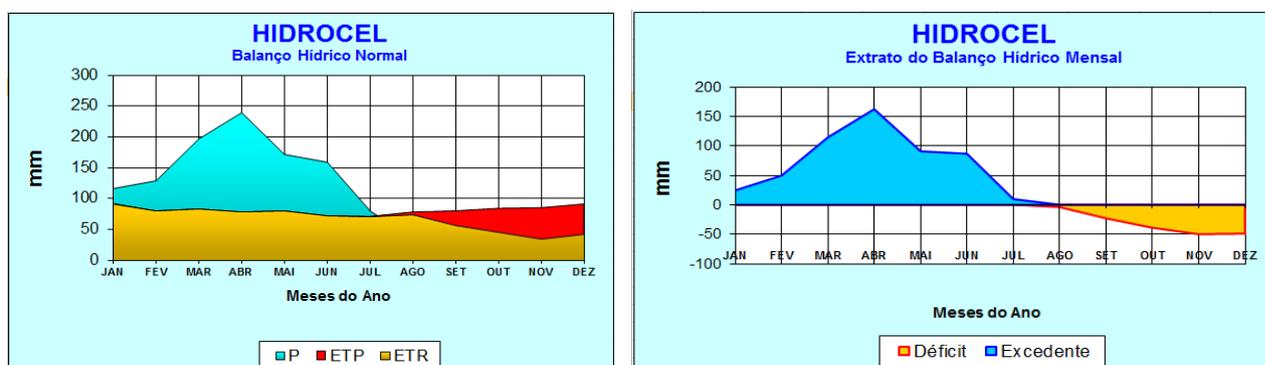
Em Aratuba, por situar-se em altitudes mais elevadas, suas taxas de evapotranspiração são menores com total de 974 mm e sua variável de déficit hídrico compreende ao período de agosto a dezembro totalizando 165mm, como ser visto na tabela 07 e no gráfico 10. Seu excedente hídrico, diferente de Aracoiaba, compreende os meses de janeiro a julho, totalizando 537 mm.

Tabela 07: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Aratuba, Ceará.

| MÊS | T (°C) | ETP (mm) | P (mm) | P-ETP (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| JAN | 22 | 92 | 116,3 | 24,3 | 92 | 0 | 24,3 |
| FEV | 21,6 | 80 | 129,4 | 49,4 | 80 | 0 | 49,4 |
| MAR | 21,2 | 83 | 197,3 | 114,3 | 83 | 0 | 114,3 |
| ABR | 20,9 | 78 | 240,2 | 162,2 | 78 | 0 | 162,2 |
| MAI | 20,9 | 80 | 170,8 | 90,8 | 80 | 0 | 90,8 |
| JUN | 20,4 | 72 | 158,6 | 86,6 | 72 | 0 | 86,6 |
| JUL | 20 | 71 | 80,7 | 9,7 | 71 | 0 | 9,7 |
| AGO | 20,8 | 78 | 33,8 | -44,2 | 74 | 4 | 0 |
| SET | 21,3 | 80 | 8,9 | -71,1 | 57 | 23 | 0 |
| OUT | 21,4 | 84 | 9,3 | -74,7 | 45 | 39 | 0 |
| NOV | 21,7 | 85 | 10,6 | -74,4 | 35 | 50 | 0 |
| DEZ | 21,9 | 91 | 26,8 | -64,2 | 42 | 49 | 0 |
| Totais | - | 974 | 1182,7 | - | 809 | 165 | 537,3 |
| Médias | 21,175 | - | 98,55833 | - | - | - | - |

Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

Gráfico 10: Balanço Hídrico do Município de Aratuba.



Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

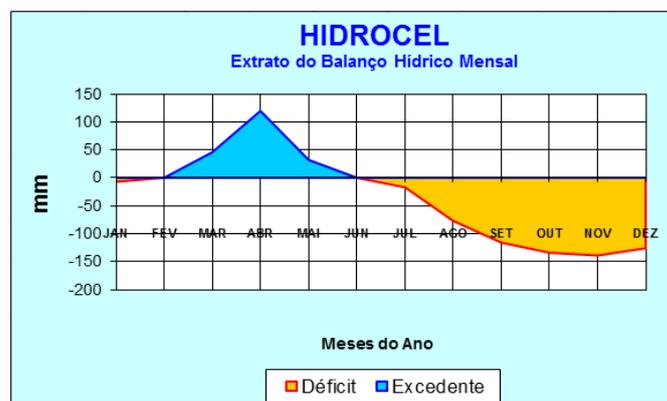
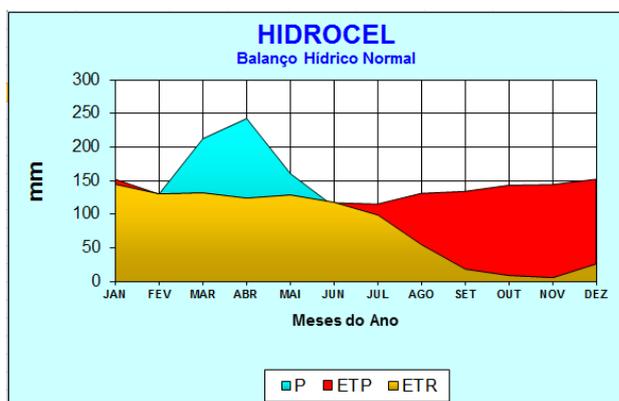
O balanço hídrico de Baturité se assemelha bastante com o de Aracoiaba, por estarem ambas na depressão sertaneja, embora Baturité encontre-se na depressão mais dissecada e em altitudes mais elevadas que a Aracoiaba. Todavia, Baturité apresenta 152 mm de evapotranspiração no mês de janeiro e 115 mm em julho, com um total de 1600 mm de evapotranspiração. O déficit hídrico concentra-se nos meses de julho e a janeiro totalizando 616, enquanto seu excedente hídrico ocorre nos meses de março a maio, onde se concentra as ações da ZCIT, como podemos visualizar na tabela 08 e no gráfico 11.

Tabela 08: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Baturité, Ceará.

| MÊS | T (°C) | ETP (mm) | P (mm) | P-ETP (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|
| JAN | 27,1 | 152 | 111,3 | -40,7 | 145 | 7 | 0 |
| FEV | 26,7 | 130 | 129,4 | -0,6 | 130 | 0 | 0 |
| MAR | 26,1 | 131 | 211,1 | 80,1 | 131 | 0 | 45,53243 |
| ABR | 25,9 | 123 | 242,6 | 119,6 | 123 | 0 | 119,6 |
| MAI | 26 | 128 | 159,9 | 31,9 | 128 | 0 | 31,9 |
| JUN | 25,7 | 117 | 111 | -6 | 117 | 0 | 0 |
| JUL | 25,4 | 115 | 52,2 | -62,8 | 98 | 17 | 0 |
| AGO | 26,2 | 131 | 14,8 | -116,2 | 54 | 77 | 0 |
| SET | 26,6 | 134 | 3,2 | -130,8 | 18 | 116 | 0 |
| OUT | 26,8 | 143 | 4,6 | -138,4 | 9 | 134 | 0 |
| NOV | 27 | 144 | 4 | -140 | 5 | 139 | 0 |
| DEZ | 27,1 | 152 | 25,8 | -126,2 | 26 | 126 | 0 |
| Totais | - | 1600 | 1069,9 | - | 984 | 616 | 197,0324 |
| Médias | 26,38333 | - | 89,15833 | - | - | - | - |

Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

Gráfico 11: Balanço Hídrico do Município de Baturité.



Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

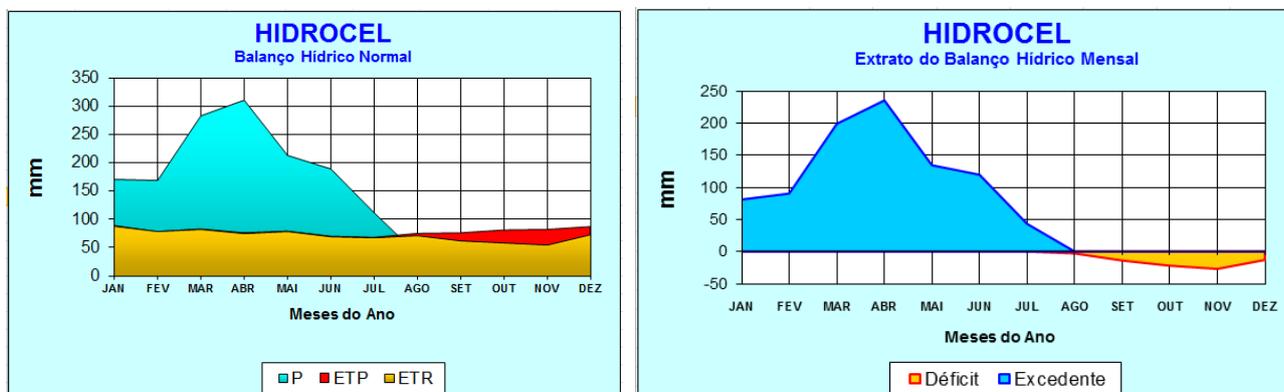
O município de Guaramiranga representa o município de maior altitude dentre os que compõem a sub-bacia em estudo, e contempla também o alto curso do rio Aracoiaba. Na tabela 09 e no gráfico 12, constatou-se a melhor distribuição pluviométrica durante o ano, além de um alto excedente hídrico 902,2 mm, o maior da sub-bacia, ocasionado pela menor evapotranspiração registrada com um total de 944mm.

Tabela 09: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Guaramiranga, Ceará.

| MÊS | T (°C) | ETP (mm) | P (mm) | P-ETP (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| JAN | 21,6 | 89 | 170 | 81 | 89 | 0 | 81 |
| FEV | 21,3 | 78 | 168,3 | 90,3 | 78 | 0 | 90,3 |
| MAR | 21 | 83 | 281,8 | 198,8 | 83 | 0 | 198,8 |
| ABR | 20,6 | 76 | 311,2 | 235,2 | 76 | 0 | 235,2 |
| MAI | 20,6 | 79 | 213,3 | 134,3 | 79 | 0 | 134,3 |
| JUN | 20 | 70 | 189,5 | 119,5 | 70 | 0 | 119,5 |
| JUL | 19,5 | 68 | 111,1 | 43,1 | 68 | 0 | 43,1 |
| AGO | 20,3 | 75 | 37,2 | -37,8 | 72 | 3 | 0 |
| SET | 20,7 | 76 | 23,1 | -52,9 | 62 | 14 | 0 |
| OUT | 20,9 | 81 | 30,8 | -50,2 | 59 | 22 | 0 |
| NOV | 21,2 | 82 | 33,9 | -48,1 | 55 | 27 | 0 |
| DEZ | 21,4 | 87 | 66,7 | -20,3 | 74 | 13 | 0 |
| Totais | - | 944 | 1636,9 | - | 865 | 79 | 902,2 |
| Médias | 20,75833 | - | 136,4083 | - | - | - | - |

Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

Gráfico 12: Balanço Hídrico do Município de Guaramiranga.



Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

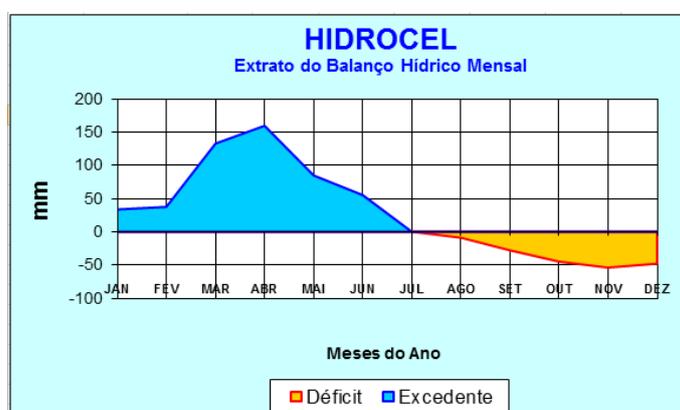
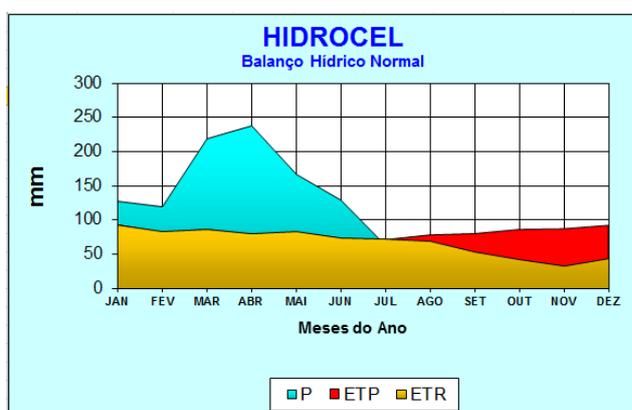
Mulungu apresenta a taxa de evapotranspiração de 93 mm em janeiro e 71 mm em julho de acordo com a tabela 10. No gráfico 13 observa-se um excedente hídrico durante todo o primeiro semestre do ano totalizando 502,6 mm. Mulungu também apresenta um baixo déficit hídrico com um total de 184 mm, por situar-se em altitudes elevadas, consequentemente ocasionando numa melhor distribuição das chuvas durante todo o ano.

Tabela 10: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Mulungu, Ceará.

| MÊS | T (°C) | ETP (mm) | P (mm) | P-ETP (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---------------|-----------------|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| JAN | 22,2 | 93 | 126,5 | 33,5 | 93 | 0 | 33,5 |
| FEV | 21,9 | 82 | 119,4 | 37,4 | 82 | 0 | 37,4 |
| MAR | 21,6 | 86 | 218,5 | 132,5 | 86 | 0 | 132,5 |
| ABR | 21,2 | 79 | 238,4 | 159,4 | 79 | 0 | 159,4 |
| MAI | 21,2 | 82 | 166,7 | 84,7 | 82 | 0 | 84,7 |
| JUN | 20,7 | 73 | 128,1 | 55,1 | 73 | 0 | 55,1 |
| JUL | 20,2 | 71 | 61,7 | -9,3 | 71 | 0 | 0 |
| AGO | 20,9 | 78 | 22,8 | -55,2 | 69 | 9 | 0 |
| SET | 21,4 | 80 | 8,1 | -71,9 | 52 | 28 | 0 |
| OUT | 21,6 | 86 | 7,4 | -78,6 | 41 | 45 | 0 |
| NOV | 21,9 | 87 | 11,5 | -75,5 | 33 | 54 | 0 |
| DEZ | 22,1 | 92 | 31,2 | -60,8 | 44 | 48 | 0 |
| Totais | - | 989 | 1140,3 | - | 805 | 184 | 502,6 |
| Médias | 21,40833 | - | 95,025 | - | - | - | - |

Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

Gráfico 13: Balanço Hídrico do Município de Mulungu.



Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

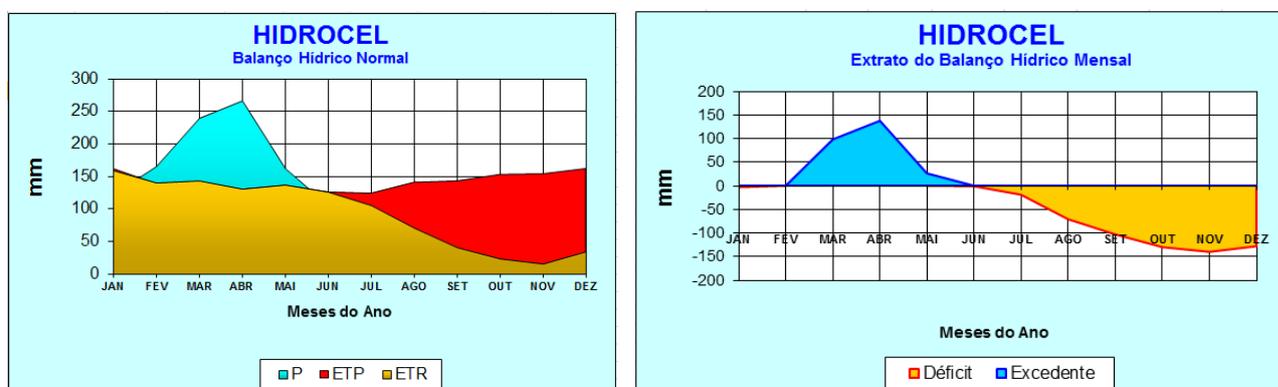
O Município de Redenção apresenta elevadas taxas de evapotranspiração com total anual de 1712 mm. O seu excedente hídrico concentra-se nos meses de março a maio, num total de 261,9 mm, e seu déficit hídrico exibe total de 595 mm.

Tabela 11: Dados do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para Redenção, Ceará.

| MÊS | T (°C) | ETP (mm) | P (mm) | P-ETP (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| JAN | 27,6 | 162 | 123,3 | -38,7 | 159 | 3 | 0 |
| FEV | 27,2 | 139 | 166 | 27 | 139 | 0 | 0 |
| MAR | 26,7 | 142 | 240,1 | 98,1 | 142 | 0 | 98,1 |
| ABR | 26,4 | 130 | 267,6 | 137,6 | 130 | 0 | 137,6 |
| MAI | 26,5 | 136 | 162,2 | 26,2 | 136 | 0 | 26,2 |
| JUN | 26,3 | 126 | 106,4 | -19,6 | 125 | 1 | 0 |
| JUL | 26 | 124 | 45,9 | -78,1 | 105 | 19 | 0 |
| AGO | 26,8 | 141 | 11,1 | -129,9 | 70 | 71 | 0 |
| SET | 27,1 | 143 | 8,2 | -134,8 | 40 | 103 | 0 |
| OUT | 27,3 | 153 | 5,5 | -147,5 | 23 | 130 | 0 |
| NOV | 27,5 | 154 | 5,7 | -148,3 | 14 | 140 | 0 |
| DEZ | 27,6 | 162 | 30,2 | -131,8 | 34 | 128 | 0 |
| Totais | - | 1712 | 1172,2 | - | 1117 | 595 | 261,9 |
| Médias | 26,91667 | - | 97,68333 | - | - | - | - |

Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

Gráfico 14: Balanço Hídrico do Município de Redenção.



Fonte: Programa Hidrocel desenvolvido por Costa, 2006.

Recursos Hídricos

A disponibilidade de recursos hídricos esta relacionada com as condições climáticas, os condicionantes geológico/geomorfológicos, e os aspectos da cobertura vegetal.

As condições climáticas exercem uma função primordial no quadro hidrológico da bacia. Através das chuvas, há o abastecimento dos mananciais e a alteração do nível da água na superfície e subsuperfície.

Os recursos hídricos é um dos mais importantes elementos de modificação do relevo, devido a sua capacidade de erodir e transportar sedimentos. Os aspectos geológico/geomorfológicos vão atuar no caso do maciço de Baturité por estar situado no embasamento cristalino. A erosão linear é um dos principais condicionantes de dissecação do relevo, devido à impermeabilidade das rochas, impedindo a infiltração, proporcionando o escoamento superficial, formando uma feição de serra, caracterizando um relevo acidentado.

Os rios que percorrem a vertente oriental do Maciço de Baturité são condicionados pela rede de falhas presentes no relevo. As estruturas impermeáveis do embasamento cristalino favorecem o escoamento superficial da água, tendendo ao aumento das ramificações na rede de drenagem, o que se verifica no alto e médio curso da sub-bacia. O conjunto da drenagem do vale tem padrão tipicamente dendrítico – retangular.

Na vertente oriental do Maciço de Baturité, a densidade dos córregos é ainda maior, em consequência não apenas da impermeabilidade do terreno, mas também dos declives mais pronunciados e pela maior significação das chuvas. Pequenos cursos d'água chegam mesmo a desenvolver-se sobre o próprio manto de alteração das rochas (SOUZA, 1973, p. 46).

A vegetação da também exerce um papel importante na disponibilidade hídrica da sub-bacia, pois a densidade e porte vegetacional influenciam na capacidade de armazenamento e infiltração da água no solo.

Dependendo do comportamento vegetacional da área, aumentando a densidade da vegetação, há tendência de diminuição do escoamento através das vertentes. Nas áreas expostas de baixa densidade de cobertura vegetal o escoamento tende a ser intensificado (QUEIROZ, 2010, p.89).

A drenagem do rio Aracoiaba é em grande parte regularizada não só pela a abundância e maior regularidade das chuvas no maciço de Baturité, como também pela construção de pequenas barragens, muitas delas construídas ao longo do canal fluvial. O açude Tijuquinha e o açude Aracoiaba também contribuem para a perenização do rio

principal da sub-bacia em estudo. Conseqüentemente, o rio Aracoiaba contribui substancialmente com o escoamento superficial do rio Choró, cuja drenagem abastece alguns municípios da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF.

Os barramentos exercem um importante papel para o abastecimento da população local e de entorno. O Açude Tijuquinha situado no município de Baturité de acordo com informações disponibilizadas pela SRH foi construído em 1917, possui capacidade de 881.235 m³ e contribui para o abastecimento de alguns distritos do município de Baturité.

O Açude Aracoiaba construído em 2002 possui a capacidade de 170.700.000 m³, abastece os municípios de Aracoiaba e Baturité. As figuras 12 e 13 apresentam os respectivos açudes.

Figura 12: Açude Tijuquinha.



Fonte: Autora.

Figura 13: Açude Aracoiaba



Fonte: Autora.

Os recursos hídricos subterrâneos tem relação direta com a estrutura geológica da sub-bacia. No Complexo Cristalino as melhores opções de água subterrânea estão restritos aos locais de falhas ou fraturas constituindo os aquíferos fissurais, havendo deficiência de alimentação de água para os rios após o término das chuvas e mesmo para exploração desse recurso (Souza, 2002).

Através da SRH e da CPRM, realizou-se um levantamento sobre as reservas hídricas subterrâneas localizadas nos municípios da sub-bacia do Aracoiaba. Foram coletadas e sistematizadas informações relacionadas a cada município, identificando o numero de poços, a profundidade e vazão média, conforme ilustrado no quadro 05.

Quadro 05: Número de Poços por município.

| Município | Quantidade de Poços | Profundidade Média (m) | Vazão Média (m ³ /h) |
|--------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|
| Acarape | 58 | 52,9 | 2 |
| Aracoiaba | 134 | 53,3 | 1,7 |
| Aratuba | 100 | 57,6 | 3,4 |
| Barreira | 111 | 57,5 | 3 |
| Baturité | 78 | 59,4 | 2,4 |
| Capistrano | 56 | 56,1 | 2 |
| Guaramiranga | 59 | 50,4 | 2,8 |
| Mulungu | 66 | 51,8 | 3,2 |
| Pacoti | 60 | 54,5 | 3,1 |
| Redenção | 64 | 51,3 | 2 |

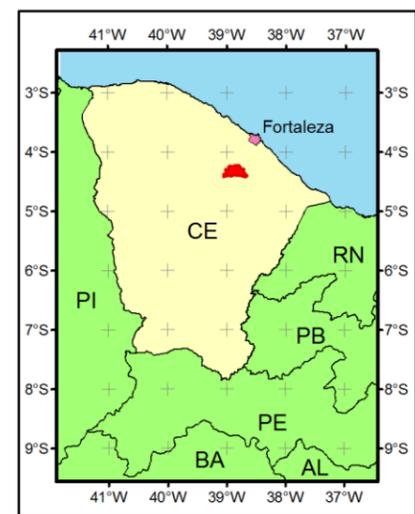
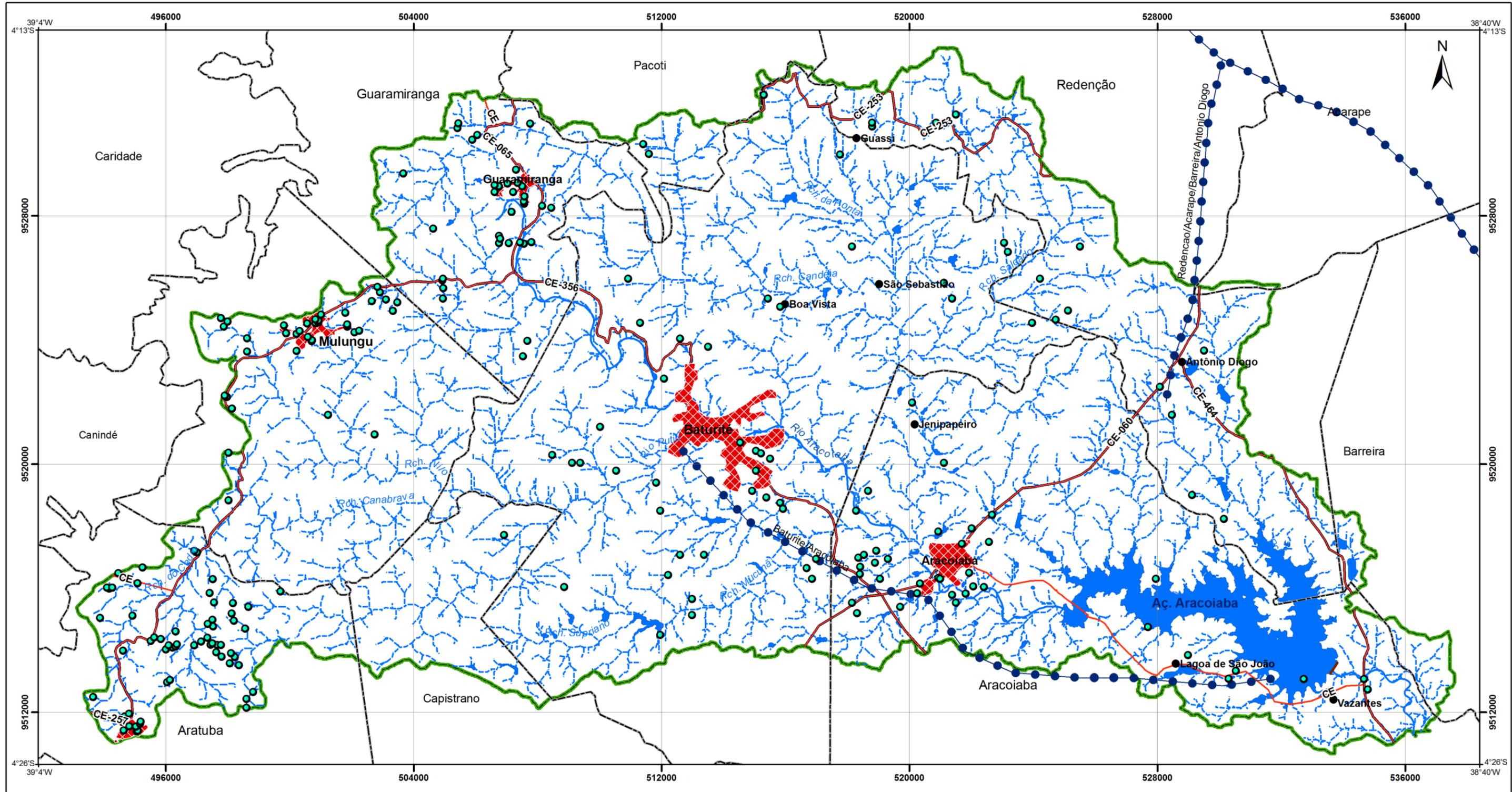
Fonte: CPRM, 2012 e SRH, 2013.

Além dos poços verificou-se a existência de três dessalinizadores na área de estudo, sendo dois no município de Aracoiaba, com capacidade de dessalinizar 1.200l/h e um no município de Baturité com capacidade de dessalinizar 800l/h. Atualmente os dessalinizadores de Aracoiaba encontram-se desativados e o de Baturité encontra-se na situação parado.

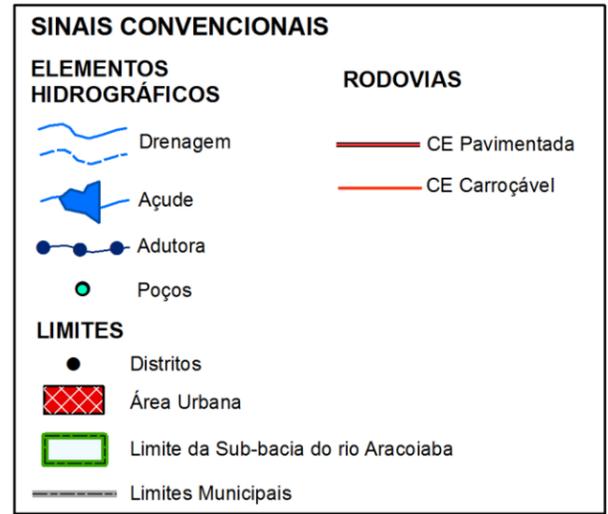
A adutora Aracoiaba/Baturité construída em 2002, em conjunto com o açude Aracoiaba, é a grande benfeitoria hídrica para a região. A adutora proporciona o abastecimento de água filtrada e desinfetada a aproximadamente 50.000 pessoas nos municípios de Aracoiaba e Baturité, através da captação no açude Aracoiaba.

Outra adutora que contribui no abastecimento da população da sub-bacia com água filtrada e desinfetada, construída em 1997, é a adutora Redenção/Acarape/Barreira/Antônio Diogo que abastece o distrito de Antônio Diogo, em Redenção. Beneficia aproximadamente 38.000 pessoas dos municípios de Redenção, Acarape e Barreira.

A seguir é apresentado um mapa dos recursos hídricos com a drenagem mais densa, com a localização das adutoras e de alguns poços na sub-bacia do rio Aracoiaba.



FONTE: IPECE - 2010, SRH - 2008, FUNCEME - 2010.



Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROP GEO Mestrado

Mapa dos Recursos Hídricos
MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
 PROP GEO/UECE, gezylicastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROP GEO/UECE, mlbcruz@gmail.com

2.4. Solos e vegetação

A relação estabelecida entre clima, geologia, topografia, relevo, atividade biológica e tempo conferem aos solos características de elementos dinâmicos que estão em constante evolução e vão se adaptando às diversas formas de variações de fluxos de massas e energias, gradientes termodinâmicos e demais condições exógenas (GUERRA e MENDONÇA, 2004).

“O solo apresenta-se como uma entidade natural que ocupa um espaço tridimensional e possui propriedades características singulares resultantes, em cada lugar, da combinação dinâmica do clima, organismos vivos, material de origem, relevo e tempo. As interações entre esses fatores geram os processos pedogenéticos, responsáveis pela sua origem e evolução nos sistemas da superfície da crosta terrestre”. (PEREIRA, SILVA E RABELO, 2011, p77).

O maciço de Baturité, como já foi dito, se apresenta como um ambiente de exceção dentro do semiárido. Isso pode ser verificado pela presença de solos com maior evolução pedogenética se comparados aos solos da depressão sertaneja. Contudo, apesar das condições climáticas favoráveis para os processos de pedogênese, o relevo com forte declividade, favorece a ocorrência de processos erosivos, comprometendo o maior desenvolvimento do solo.

Baseou-se para a classificação dos tipos de solos existentes na sub-bacia do Aracoiaba nos estudos geológicos, geomorfológicos, na declividade e nas pesquisas existentes dentre as quais se destacam: O Levantamento dos Recursos Naturais, Folha Jaguraibe/Natal do Projeto RADAMBRASIL (1981), Os aspectos pedológicos e suas relações com os processos morfodinâmicos na Serra de Baturité de PEREIRA, SILVA E RABELO (2011), no Levantamento Reconhecimento Semi-Detalhado dos Solos de Parte da Região de Baturité desenvolvido pela SUDENE / SUDEC (1979), no mapa exploratório de solos do Ceará desenvolvido pela FUNCEME (1996), na Classificação de Solos da EMBRAPA (2006), dentre outros.

Com base nas publicações acima citadas os tipos de solos encontrados na área de estudo são: Argissolos Vermelho Amarelos, Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, Argissolo Vermelho eutrófico, Argissolo Amarelo eutrófico, Neossolos Litólicos eutróficos, Neossolos Flúvicos eutróficos, Luvisolos Crômicos e Planossolos Háplicos eutrófico.

As descrições de cada de tipo de solo a seguir, são fundamentadas em PEREIRA, SILVA E RABELO (2011) e EMBRAPA (2006):

- Argissolos Vermelho Amarelos: é a classe de solo com maior representatividade espacial no maciço de Baturité, principalmente na vertente oriental e no platô úmido. Apresenta em geral, horizonte A

moderado e fraco, textura média ou arenosa e estrutura granular ou blocos sub-angulares, tendo como coloração mais comum o bruno escuro e cinzento escuro (BRASIL, 1973). O horizonte B apresenta textura argilosa ou média, às vezes cascalhenta, com cores variando de vermelho amarelo a vermelho e estrutura quase sempre em blocos sub-angulares moderada e fracamente desenvolvida, assente sobre o C comumente espesso, sobretudo no platô e vertente oriental. Nessa classe estão compreendidos solos com sequência de horizontes A, B e C, tendo como característica principal a presença de um horizonte B de acumulação de argila (B textural), podendo apresentar também camadas ou horizontes orgânicos O sobre o horizonte A. Os materiais de origem desses solos se constituem na região da serra de Baturité, principalmente de produtos de alteração de gnaisses, migmatitos e granitos.

- Argissolos Vermelho Amarelos distrófico: Encontram-se nas posições mais elevadas da serra, referidas principalmente à superfície cimeira, onde são predominantes e aliados a uma maior atividade bioclimática. É dotado de boas condições físicas, como profundidade, mas o relevo é um fator determinante para o uso agrícola, tornando-o suscetível à erosão. O distrofismo é devido à baixa fertilidade natural.
- Argissolos Vermelho Amarelos eutrófico: Encontra-se em associação com a classe anterior nas encostas da vertente oriental úmida/ sub-úmida do maciço de Baturité. Diferencia-se da classe anterior por possuir uma fertilidade natural média a alta, mas o relevo acidentado também dificulta seu aproveitamento.
- Argissolo Vermelho eutrófico: Encontra-se em associação com os solos anteriores citados, possui fertilidade natural média a alta. Na Nova Classificação de Solos há diferença entre Vermelho-Amarelo para Vermelho na Matiz ex:(2,5YR – mais avermelhado) .
- Argissolo Amarelo eutrófico: Encontra-se em associação com os solos anteriores citados, possui fertilidade natural média a alta. Na Nova Classificação de Solos há diferença entre Vermelho-Amarelo para Amarelo na Matiz ex; (5 a 7,5 YR mais amarelado).
- Neossolos Litólicos eutrófico: Aparecem em associação com os Argissolos em maior frequência nas declividades mais acentuadas e desgastadas pela erosão. São solos derivados de diferentes tipos e litologias citados anteriormente como gnaisses, granito e migmatito. Sob essas condições,

aumenta a dinâmica dos processos erosivos laterais, motivando uma pedogênese fraca. Apresentam perfis rasos, pouco desenvolvidos, com o horizonte A sobreposto a um horizonte ou camadas de alteração C ou Cr. Apresentam boa disponibilidade de nutrientes para as plantas por se tratar de solos eutróficos, entretanto apresentam limitações fortes ao uso em decorrência da profundidade, presença de pedregosidade e alta suscetibilidade a erosão.

- Neossolos Flúvicos eutróficos: São solos que ocorrem em pequena proporção na área úmida/sub-úmida do maciço, ocupando baixas onde transitam pequenos cursos d'água, sendo formados de materiais, de sedimentos argilosos, siltosos e arenosos de deposições recentes. Encontram-se em condições de relevo plano ou deprimido, dispostos em formatos quase circulares ou alongados, nos cenários de fundos de vales suspensos, como planícies alveolares, comumente chamado de “baixas”. Além dos sedimentos transportados pelos cursos d'água e ali depositados, há também adições de materiais de composição mineral e orgânica provenientes das encostas circunvizinhas. As condições ambientais da área, em particular, a umidade favorável e o relevo onde estão posicionadas “baixas”, além de potencial químico, tornam esses solos com boa capacidade produtiva, sendo assim, intensamente cultivados, predominantemente com hortifruticulturas.
- Luvisolos Crômicos: Encontram-se principalmente nas baixas altitudes, nas áreas meridionais do maciço e no contato com a depressão sertaneja. Compreende solos rasos, não hidromórficos com grau de intemperização pouco avançado e perfis bem diferenciados do tipos A, B e C. Suas áreas de ocorrência podem estar associadas à presença de pedregosidade e rochosidade, como acontece nos referidos setores de transição do maciço com a depressão sertaneja. Possuem fertilidade natural elevada, durante os períodos secos, partes desses solos podem apresentar fendilamentos indicando o caráter vértico. Isso ocorre devido a presença de levados contendo de argilas, que têm a propriedade de expandir-se nas épocas úmidas e contrair-se nos períodos secos. A principal limitação ao uso agrícola ocorre devido à deficiência de água nas épocas de estiagem, podendo juntar-se a essa, outras limitações, como a presença de pedregosidade e a alta susceptibilidade a erosão, principalmente nas áreas

de relevo fortemente ondulado de acesso aos níveis mais elevados do maciço de Baturité.

- Planossolos Háplicos eutrófico: Associados aos neossolos flúvicos, embora em menor proporção, classificados como solos rasos a pouco profundos, de textura predominantemente argilosa, apesar de apresentarem também textura média. Possuem horizonte A fraco, com textura arenosa, sobrejacente a um horizonte Bt, onde a textura é argilosa. Estão relacionados às classes de relevo plano e suave ondulado. São solos eutróficos que encontram, nas condições de umidade as limitações mais fortes para o uso agrícola. Têm sido explorados com pastagens.

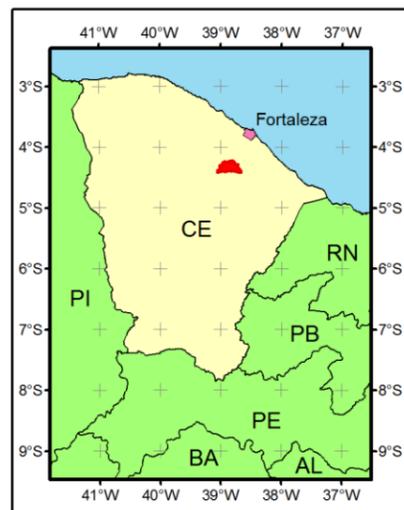
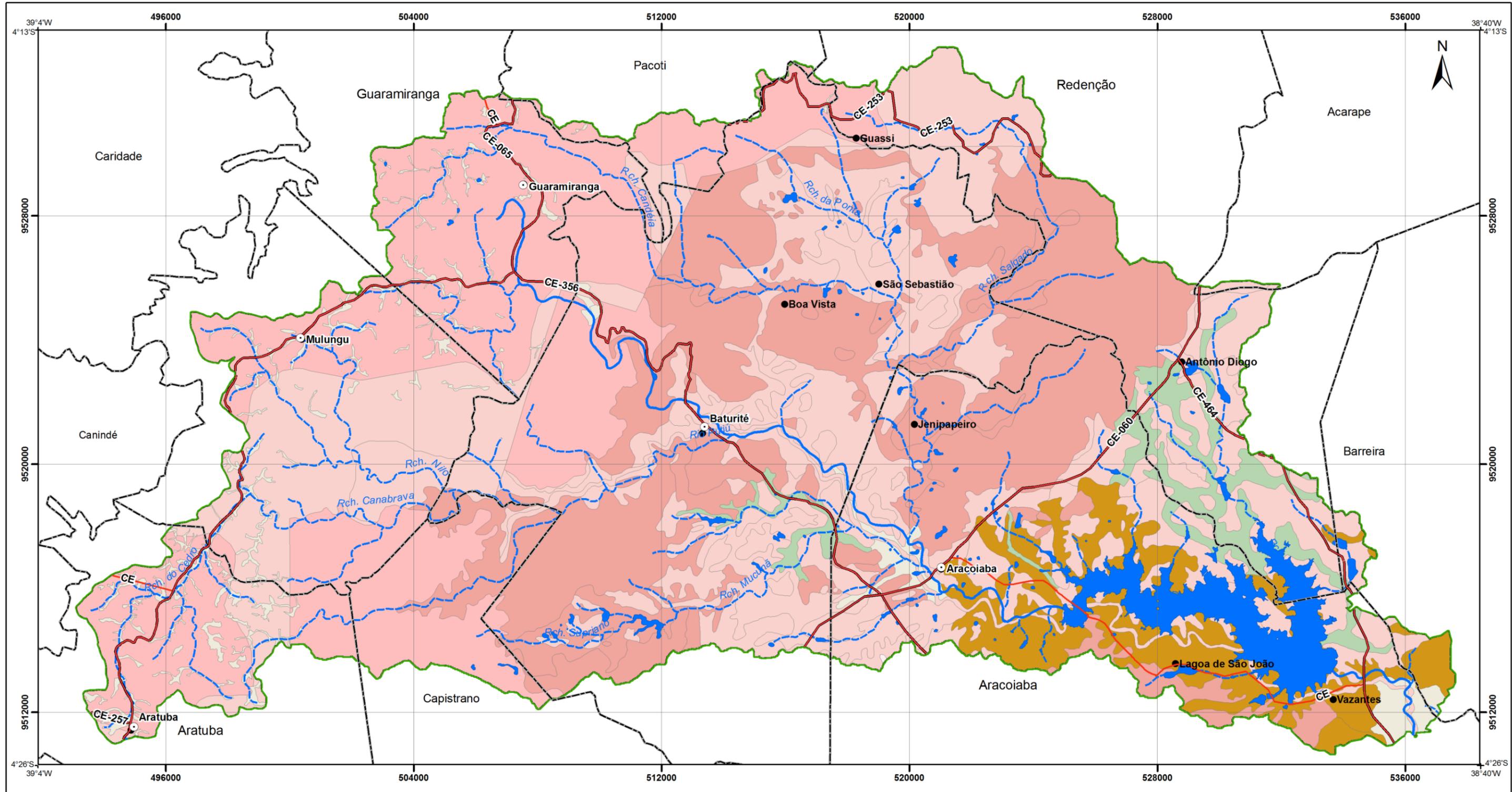
O quadro 06 mostra as classes de solos inseridas na área de estudo, suas características dominantes e limitações de uso.

Quadro 06: Classes de solos da sub-bacia do Aracoíaba e suas principais características.

| Tipos de Solos | Sistema Ambiental | Características Dominantes | Limitações de Uso |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Argissolos Vermelho-Amarelos | Maçiços residuais, tabuleiros pré-litorâneos e depressões sertanejas dissecadas (pés-de-serra) | Rasos e profundos, textura média ou argilosa, moderadamente ou imperfeitamente drenados, fertilidade natural média a alta. | Relevo fortemente dissecado, drenagem imperfeita, pouca profundidade, impedimento à mecanização |
| Neossolos Litólicos | Depressões sertanejas e maciços residuais | Solos rasos, mal drenados, fertilidade natural média, bastante suscetível à erosão, com fases pedregosas. | Pouca profundidade, pedregosidade, relevo acidentado, alta suscetibilidade a erosão. |
| Neossolos Flúvicos | Planície Fluvial e planícies alveolares | Solos profundos, mal drenados, textura indiscriminada e fertilidade natural muito baixa | Drenagem imperfeita riscos de inundações altos teores de sódio, suscetibilidade a erosão. |
| Luvisolos | Depressões sertanejas fraca a moderadamente dissecadas | Moderadamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural alta | Pouca profundidade, suscetibilidade à erosão, pedregosidade, impedimento a mecanização |
| Planossolos | Planície fluvial e níveis rebaixados das depressões sertanejas semi-áridas | Solos rasos a moderadamente profundos, mal drenados, textura indiscriminada, fertilidade natural média a baixa com problemas de sais. | Deficiência ou excesso de água, altos teores de sódio, suscetibilidade à erosão. |

Fonte: Adaptado de SOUZA, 2000.

A seguir o mapa de solos apresenta as classes discutidas acima, baseado no Levantamento Reconhecimento Semi-Detalhado dos Solos de Parte da Região de Baturité desenvolvido pela SUDENE / SUDEC (1979), e no mapa exploratório de solos do Ceará desenvolvido pela FUNCEME (1996). Ambos possuem escalas diferentes, o mapeamento realizado pela SUDEC não abrange toda a área da sub-bacia, foi um trabalho técnico realizado na escala de 1:50.000, aumentando o nível de detalhamento da área. Já o mapeamento exploratório realizado pela FUNCEME foi à escala de 1:600.000, proporcionando uma homogeneização das classes de solo na parte ocidental da área em estudo.



SINAIS CONVENCIONAIS

LIMITES

- Distritos
- Sede Municipal
- ▭ Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
- Limites Municipais

ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS

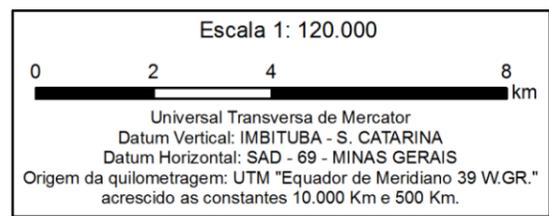
- Drenagem
- Açude

RODOVIAS

- CE Pavimentada
- CE Carroçável

LEGENDA

| | |
|------|--|
| PA | Argissolo Amarelo Eutrófico latossólico |
| PV | Argissolo Vermelho Eutrófico típico |
| PVA | Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico |
| PVAd | Argilossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico |
| RY | Neossolo Flúvico Eutrófico |
| SX | Planossolo Háptico Eutrófico típico |
| TC | Luvissolo Crômico Pálico típico |



FONTE: IPECE - 2010, FUNCEME - 1996, SUDENE/SUDECE - 1979.

Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROPGEOMestrado

MAPA DE SOLOS

MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
 PROPGEOMestrado, gezycastr@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROPGEOMestrado, mlbcruz@gmail.com

Vegetação

A vegetação no Maciço de Baturité está condicionada, principalmente, devido à influência do relevo, como foi citada anteriormente, a altitude elevada atrelada à proximidade com o litoral, barra a umidade gerando chuvas orográficas, além dos solos, da hidrografia e das atividades humanas também serem considerados como fatores condicionantes da vegetação local.

A vegetação passa a ser um reflexo de como está às condições ambientais do local, podendo se visualizar o estado de conservação ou degradação existente. Além disso a vegetação tem o papel fundamental e proteger o solo das ações erosivas causadas pelas chuvas. E no caso do Maciço de Baturité isso tem grande relevância devido a diversidade dos graus de declividade presentes na área.

De acordo com Fernandes (1998), essa diversidade de cenários ambientais condiciona a formação de quatro unidades distintas de vegetação existentes no Maciço de Baturité e sua depressão periférica orientada, quais são: Arboreto Climático Estacional Caducifólio (Caatinga); Arboreto Climático Semicaducifólio Mesomórfico (Mata Seca); Arboreto Climático Perenifólio Pluvial (Mata Úmida); Arboreto Climático Estacional Caducifólio tipo mesófilo e Vegetação Ciliar.

Floresta Tropical plúvio nebulosa Perenefólia/Subperenefólia (Mata úmida) se distribui no platô úmido e nas encostas da vertente oriental de barlavento sujeitas a um maior índice pluviométrico, devido às chuvas orográficas. Esta floresta varia desde a condição de perenifólia a subperenefólia, dependendo do gradiente de umidade existente no solo e na atmosfera, em cotas mais altas ou mais baixas. No comportamento da perenifólia a comunidade permanece com um índice foliar maior que 85% a 100%, sendo que na subperenefólia os valores decrescem de 70% a 85% (FUNCEME/SEMACE, 2006).

Dentre as principais árvores e arbustos que compõem floristicamente o Arboreto Climático Perenifólio Pluvial citam-se: o marfim (*Agonandra brasiliensis*), o mororó (*Bauhinia forficata*), o cedro (*Cedrela odorata*), a tatajuba (*Chlorophora tinctoria*), a mucunã (*Dioclea virgata*), o café bravo (*Erythroxylum mucronatum*), o coquinho (*Geonoma schottii*), a ingazeira (*Inga fagifolia*), a jaracatiá (*Jaracatia dodecaphyla*), o camará (*Lantana camara*), a canafístula (*Pithecellobium trapezifolium*), a massaranduba (*Manikara rufula*), a folha miúsa (*Myrcia rostrata*), o balsamo (*Myroxylum pueriferum*), o babaçu (*Orbignya phalerata*), o pinheirinho (*Podocarpus selowii*), a almécega (*Protium heptaphyllum*), o pau d'arco amarelo (*Tabebuia serratifolia*), o pau d'arco roxo (*Tabebuia impetiginosa*), a cipaúba (*Thiloua glaucocarpa*), dentre outras. Associadas ao estrato arbóreo estão as bromélias, piperáceas,

pteridófitas e as orquidáceas, que se estabelecem como epífitas (FERNANDES, SILVA E PEREIRA, 2011).

Figura 14: Pico Alto em Guaramiranga, presença da vegetação plúvio nebular.



Fonte: Bastos, 2009.

O Arboreto Climático Semicaducifólio/ Caducifólio Mesomórfico (Mata Seca) situa-se na vertente de barlavento do maciço de Baturité, entre 500/600 m de altitude. O desenvolvimento dessa vegetação ocorre devido à presença de solos mais férteis e profundos. Diferencia-se da caatinga por possuir melhores condições ecológicas, e por apresentar uma composição florística diferenciada, em sua maioria por serem espécies não espinhosas. Esse tipo de mata apresenta um porte arbóreo/arbustivo, com espécies arbóreas que chegam até 15m de altura.

Dentre as principais espécies cita-se: o angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), o pau branco louro (*Auxema galzioviana*), o mororó (*Bauhinia aromatica*), o torem (*Cecropia palmata*), a barriguda (*Ceiba glaziovii*), o pau-ferro (*Caesalpinia bracteosa*, *C. leiostachya*), o marmeleiro preto (*Crotom blancheyianus*), o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), a ameixa (*Polygala albicans*), o cajá (*Spondias mombim*), o pajeú (*Triplaris gardneriana*), a pitombeira (*Talisia esculenta*) etc.

O desmatamento e as queimadas nessas áreas para cultivos de subsistência e seu posterior abandono, ocasionam uma sucessão vegetacional de espécies de caatinga arbustivas.

Figura 15: Vegetação Mata Seca no município de Redenção.



Fonte: Autora.

O Arboreto Climático Estacional Caducifólico (Caatinga) compreende dentro da sub-bacia do Aracoiaba, as encostas do maciço de Baturité em altitudes aproximadas de 500 m.

De acordo com FERNANDES, SILVA E PEREIRA, (2011) entre os ajustamentos adaptativos ecológicos às condições de semiaridez das espécies vegetais citam-se os de ordem morfológica (afilia, xilopódios, folhas pequenas, plantas espinescentes, intumescência caulinar), os anatômicos (cascas finas e lisas, lignificação precoce, acumulação de reservas nutritivas nas raízes, grande número de estômatos nas folhas) e os fisiológicos (mecanismos de diminuição de perda d'água, germinação rápida das sementes, acelerada brotação e floração, intensa atividade clorofiliana, regulação da transpiração pelos estômatos, caducifólia e cera nas folhas).

Dentre as principais espécies cita-se: o espinheiro preto (*Acacia glomerosa*), o pereiro (*Aspidosperma pirifolium*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), cansanção (*Cnidoculus urens*), dentre outros. Além destas cita-se também espécies endêmicas desta unidade fitogeográfica, *Auxemma* (*A. oncocalyx*), *Cavanillesia* (*C. arborea*), *Myracrodruon* (*M. urundeuva*), dentre outros.

Figura 16: Vegetação Caatinga no município de Baturité.



Fonte: Autora.

A vegetação ciliar da planície do Aracoiaba já não evidencia traços de revestimento vegetal primário, devido à utilização da terra com cultura canavieira e lavoura de vazante, e as planícies no seu alto curso apresentam plantação de bananeira e hortaliças.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E SOCIOECONÔMICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA

3.1. Contextualização Histórica

O processo histórico de ocupação do Ceará e do nordeste brasileiro se deu através da pecuária que possibilitou o “povoamento” dos sertões. A expansão da pecuária do litoral para o interior ocorreu, principalmente, devido à expedição da carta régia por Dom Pedro II em 1701, que proibia a criação de gado a menos de 10 léguas da costa, para que fossem respeitadas as terras litorâneas, para o cultivo da cana de açúcar.

De início, terras litorâneas – nas embocaduras dos rios Pacoti, Choró e Pirangi – foram concedidas a membros do forte de Nossa Senhora da Assunção (por serviços prestados) e a colonos vindos do Rio Grande do Norte como consequência de avançar da “rota de povoamento” do Sertão de Fora. Datam tais concessões do período entre 1678 e 1682 (FARIAS, 2004).

A partir daí os conquistadores passaram a ocupar definitivamente o interior, apossando-se principalmente das terras às margens dos rios, fundamentais numa área seca, como o sertão cearense. Os rios serviram como caminhos naturais e como fonte de alimentação e fonte de água para a sobrevivência.

Os rios passaram a constituir lugares privilegiados para o surgimento de povoados e vilas associados ao comércio. De acordo com Farias (op. cit) os rios cearenses que mais contribuíram para penetração dos conquistadores foram Acaraú e Jaguaribe.

A ocupação da sub-bacia do Aracoiaba se deu através de expedições vindas pelas margens do rio Choró, como foi citado anteriormente, juntamente com a pecuária extensiva, mas a pecuária extensiva não encontrou nas serras os pastos naturais presentes nos sertões e, assim, a expansão das fronteiras do Maciço foi acontecendo de maneira diferenciada, voltando-se para atender a demanda de produtos agrícolas, cana, café, legumes e frutas.

O início da ocupação na serra se deu a partir das grandes secas, que prejudicava os grandes pecuaristas, e estes, movidos pelas dificuldades buscavam sobrevivência e enriquecimento no maciço.

Em 1824 intensificou-se a ocupação da serra, devido à introdução da produção de café. Antes as culturas que predominavam eram a cana de açúcar, o algodão, o feijão e o milho.

Com a introdução da cultura de café, o maciço de Baturité passou a ter uma ocupação mais significativa, e com isso ocorreu o surgimento das cidades serranas.

O sistema agrário cafeeiro da Serra de Baturité é notadamente relacionado ao de produção de alimento (feijão, milho, arroz) sendo esse fundamental para a manutenção do outro. Entretanto, esse sistema agrário também se articulava com o sistema pecuário do semiárido, ou seja, com os sertões que o circundam, mantendo com eles um sistema de trocas, em que a serra lhes fornecia café e rapadura, basicamente, e recebia animais de tiro e gado para consumo alimentar. Ao mesmo tempo, a Serra de Baturité contribuía para o abastecimento da cidade de Fortaleza (LIMA, 2000, p.59).

A serra de Baturité contribuía com a economia de Fortaleza através da exportação do café, gerando expansão do comércio da capital, crescimento e modernização.

À medida que as lavouras avançavam e as matas iam sendo derrubadas, as fronteiras iam se fechando dado o estreito limite da área onde era possível cultivar café naquela Serra. Com a diminuição do ritmo de expansão, desgaste do solo, bem como as seguidas secas e pragas que atingiam a lavoura, a produção não mais conseguia dar respostas a demandas ainda no final do século XX. LIMA (2000) destaca ainda que o Ceará deixou de ser exportador passando a ser novamente, importador de café.

Evidencia-se, portanto, a cultura cafeeira como uma das atividades mais significativas para a ocupação e também para a degradação ambiental na Serra de Baturité. Porém, ao passo que a cultura do café deixou de ser atividade principal, a produção de outros alimentos ganharam espaço, como o caso da banana, chuchu, horticultura e nas últimas décadas a produção de flores.

A compreensão das condições históricas da ocupação da sub-bacia do Aracoiaba se faz necessária para o entendimento dos atuais usos e para perceber também que não havia uma preocupação com as técnicas utilizadas na agricultura, nem com a questão ambiental.

3.2. Aspectos Socioeconômicos

A análise dos aspectos socioeconômicos seguiu a mesma metodologia adotada no balanço hídrico, onde só foram considerados os dados dos municípios que tenham mais de 5% de participação na sub-bacia, são eles: Aracoiaba, Aratuba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção, sendo assim, ficam fora da presente análise os municípios de Acarape (0,08%), Barreira (0,90%), Capistrano (4,17%) e Pacoti (1,32%).

Dessa maneira, os estudos socioeconômicos tiveram como base informações secundárias e primárias. Os dados secundários foram obtidos nos censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE de 2000 e 2010, através da análise de dados e perfis municipais do IPECE (2010), além da interpretação de mapas básicos e temáticos elaborados durante a pesquisa. Já as informações primárias foram obtidas durante as

atividades de campo, a realização de entrevistas e a observação da dinâmica do uso e ocupação da terra na Bacia possibilitaram a complementação de informações obtidas no levantamento de fontes secundárias.

A análise dos indicadores socioeconômicos e dos indicadores ambientais dos municípios drenados pela Bacia hidrográfica do rio Aracoiaba, como população total, número de pessoas ocupadas no mercado de trabalho formal, renda mensal, tipos de cultivos, população extremamente pobre, taxa de analfabetismo, condições de infraestrutura como abastecimento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário, demonstram de maneira geral a divisão dos municípios em dois grupos, os que ocupam a parte alta da serra (sistema ambiental – platô úmido e platô meridional) - Guaramiranga, Munlugu e Aratuba e os que estão no “no sopé” do Maciço de Baturité - Redenção, Aracoiaba e Baturité.

Quanto à população, pode-se afirmar que conforme o último censo realizado pelo IBGE (2010), os municípios de Guaramiranga, Mulungu e Aratuba são respectivamente os de menor população, já Baturité, Redenção, Aracoiaba são os que apresentam o maior número de habitantes (vide tabela XX). A disposição da população nesses municípios está diretamente ligada às características do processo de ocupação de seus territórios.

Vale destacar que em comparação ao censo de 2000 a população de Guaramiranga e Aratuba foram as que diminuíram em número de habitantes, as demais todas tiveram um aumento na população, dentre esses Mulungu é a que se destaca com 2.588 habitantes a mais em 2010, de acordo com os moradores da serra, esses números se justificam pelo fato dos moradores de Guaramiranga e de municípios vizinhos buscarem Mulungu como nova residência por este oferecer melhorias nos serviços, e acesso mais facilitado a terra.

Considerando ainda a população da sub-bacia do Aracoiaba quanto ao o número de habitantes da zona rural, que apenas o município de Mulungu apresentou aumento significativo na população rural, com 40,6% a mais em 2010, os demais municípios apresentam o número de habitantes inferior ao ano 2000. Com relação à área urbana todos os municípios em análise da sub-bacia apresentam aumento na população residente, contudo Mulungu continua em destaque por aumentar em 93,7% o número de habitantes na área urbana do município (Tabela 12).

Tabela 12: População residente nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção nos anos 2000 e 2010.

| Municípios | População Residente | | | | | |
|--------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2000 | | | 2010 | | |
| | Rural | Urbana | Total | Rural | Urbana | Total |
| Aracoiaba | 12.030 | 12.205 | 24.064 | 11.664 | 13.737 | 25.391 |
| Aratuba | 10.202 | 2.157 | 12.359 | 7.760 | 3.769 | 11.529 |
| Baturité | 9.015 | 20.846 | 29.861 | 8.884 | 24.437 | 33.321 |
| Guaramiranga | 3.384 | 2.330 | 5.714 | 1.669 | 2.495 | 4.164 |
| Mulungu | 5.182 | 3.715 | 8.897 | 7.287 | 7.198 | 11.485 |
| Redenção | 12.206 | 12.787 | 24.993 | 11.281 | 15.134 | 26.415 |

Fonte: IBGE, 2000 e 2010.

A educação básica nos municípios da sub-bacia do Aracoiaba é basicamente oferecida pelos governos estaduais e municipais, o número de escolas particulares ainda é limitado, e o município de Aratuba é o único que não dispõe desse tipo de ensino. Outro fato a ser destacado na área estudo, diz respeito ao transporte escolar realizado pelas prefeituras em caminhões, fato comum registrado nas atividades de campo (figura 17).

Figura 17: Transporte Escolar “legalizado” pela prefeitura de Baturité.



Fonte: Autora.

A taxa de analfabetismo, ao comparar os dados apresentados nos censos de 2000 e 2010, conforme os gráficos apresentados a seguir, ainda é bastante elevada em todo o contexto da sub-bacia do Aracoiaba.

Considerando homens e mulheres alfabetizados a partir dos 5 anos de idade, em 2010 os municípios que apresentam o maior número de analfabetos são Baturité com 34,08% da população analfabeta, seguido dos municípios de Aracoiaba com 33,9% e Redenção com 29,6%. Já os que apresentam a menor taxa são os municípios de Guaramiranga com 24,5% e Mulungu com 28,3%. O sexo feminino apresenta nos dois últimos censos o maior número de alfabetizados em todos os municípios da sub-bacia.

Gráfico 15: Aracoiaba - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino.

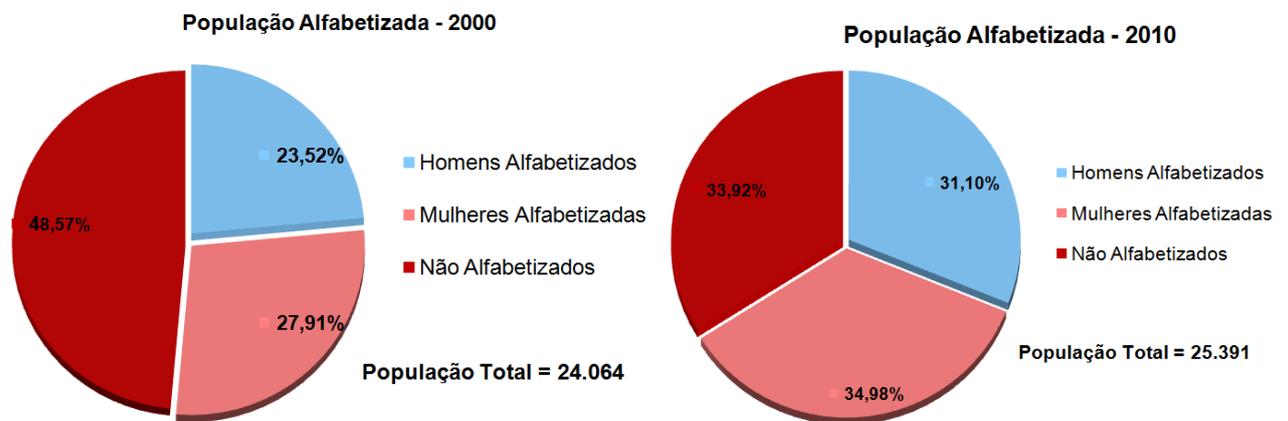


Gráfico 16: Aratuba - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino.

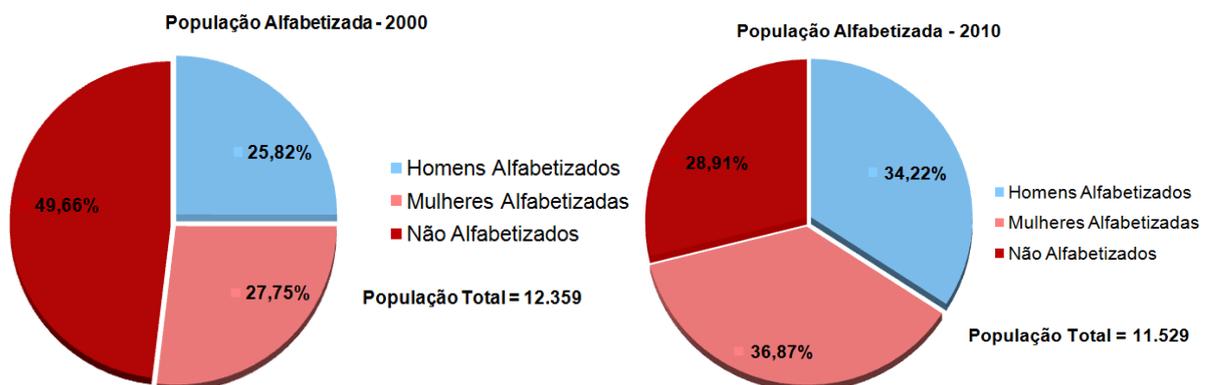


Gráfico 17: Baturité - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino.

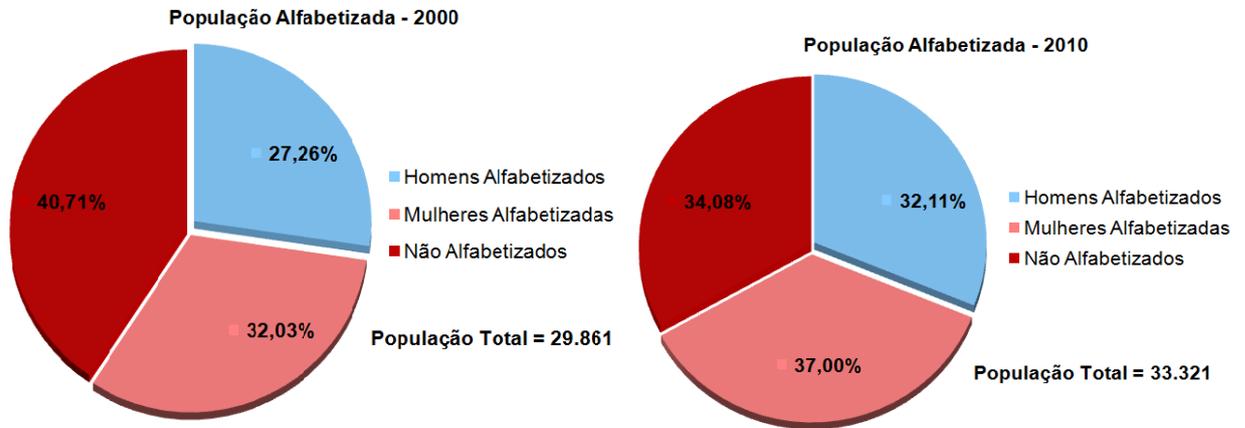


Gráfico 18: Guaramiranga - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino.

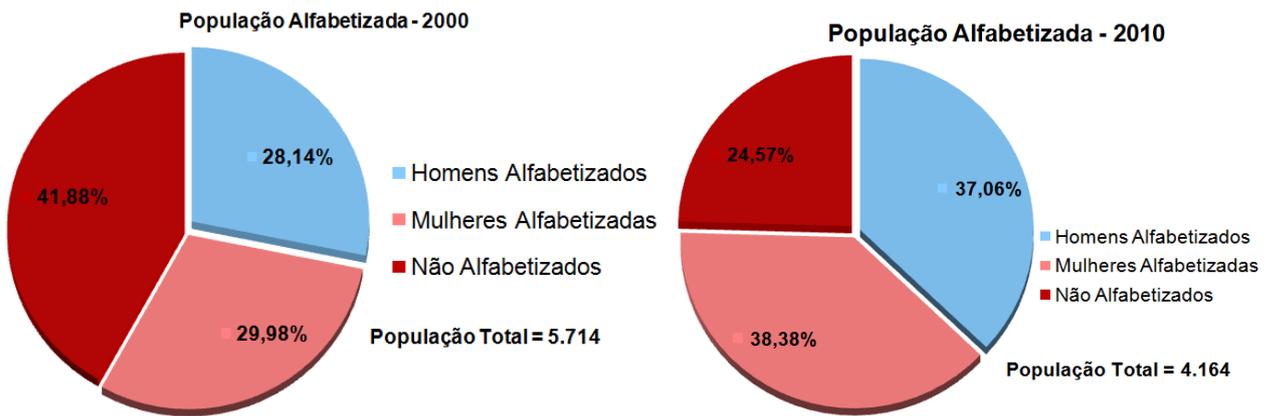


Gráfico 19: Mulungu - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino.

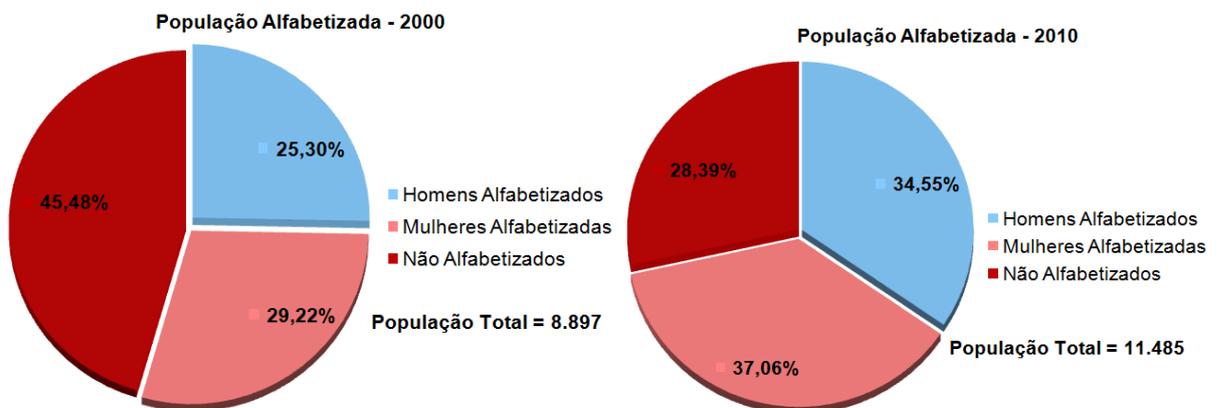
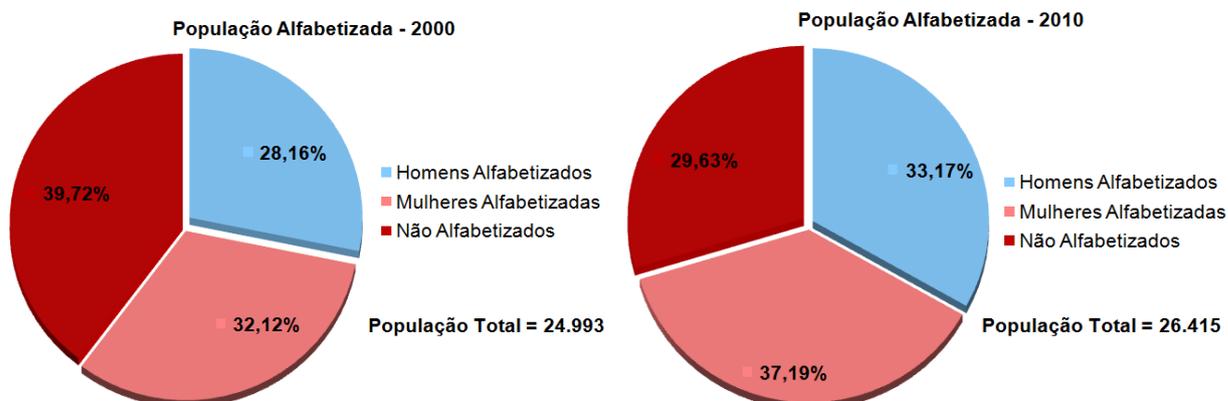


Gráfico 20: Redenção - População Alfabetizada por gênero masculino e feminino.

Já a população com renda mensal de até R\$70,00, considerada pelo IGBE como população extremamente pobre, de acordo com a tabela 13, os municípios que apresentam as taxas mais elevadas são respectivamente Mulungu, Aratuba e Aracoiaba, sendo que na população rural preservam as maiores fatias da população extremamente pobre. O município de Baturité é o único que apresenta a maioria da população extremamente pobre na área urbana.

Tabela 13: População com renda mensal de até R\$ 70,00 nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010.

| Pessoas com renda mensal de até R\$70,00 - 2010 | | | | |
|---|-------|--------|-------|-----------------------|
| Municípios | Rural | Urbana | Total | Total% (da população) |
| Aracoiaba | 4.167 | 2.495 | 6.662 | 26,23 |
| Aratuba | 2.399 | 719 | 3.118 | 27,04 |
| Baturité | 2.852 | 3.774 | 6.626 | 19,88 |
| Guaramiranga | 240 | 279 | 519 | 12,46 |
| Mulungu | 2.629 | 797 | 3.426 | 29,08 |
| Redenção | 3.426 | 2.403 | 5.829 | 9,09 |

Fonte: IBGE/IPECE, 2010

No que se referem à saúde, todos os municípios utilizam o Sistema Unificado de Saúde (SUS) e o Programa de Saúde da Família (PSF), ligado principalmente a zona rural. A atenção dada à saúde pelas prefeituras municipais não condiz com as necessidades da população, os atendimentos em níveis ambulatoriais e hospitalares são precários, encaminhando a maioria dos pacientes a capital, contudo, vale destacar que Baturité e

Aracoiaba possuem clínicas particulares e hospitais mais bem equipados do que os demais municípios.

Figura 18: Unidade Básica de Saúde – Luiz Gonzaga Silveira, município de Redenção.



Fonte: Autora.

Em relação às condições de infraestrutura relacionadas aos domicílios particulares permanentes por forma de abastecimento de água, todos os municípios estudados apresentam a rede geral como a forma mais comum de abastecimento de água. A variável poço ou nascente como fonte de abastecimento ganham destaque nos municípios de Guaramiranga, Mulungu e Aratuba, já a cisterna é bem mais utilizada em Baturité e Aracoiaba, isso considerando a população total (Vide tabela 14).

Tabela 14: Domicílios particulares permanentes, por forma de abastecimento de água, nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010.

| Abastecimento de água (por domicílio) | | | | | |
|---------------------------------------|------------|------------------|---------------------------|-------|-------|
| Municípios | Rede geral | Poço ou nascente | Água da chuva em cisterna | Outra | Total |
| Aracoiaba | 4.359 | 2110 272 | 279 | 2.110 | 7.020 |
| Aratuba | 1.955 | 428 | 44 | 477 | 2.904 |
| Baturité | 6.440 | 485 | 225 | 2.011 | 9.191 |
| Guaramiranga | 506 | 322 | 0 | 199 | 1.027 |
| Mulungu | 1.071 | 789 | 6 | 1.061 | 2.928 |
| Redenção | 4.943 | 441 | 228 | 1.780 | 7.392 |

Fonte: IBGE, 2010

É importante destacar que ao analisar os totais dos domicílios com algum tipo de esgotamento, apresentado no gráfico xxx e na tabela xxx, identifica-se que a fossa rudimentar é mais utilizada para o descarte do esgoto, o que potencializa a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, bem como dos solos e a proliferação de doenças de veiculação hídrica, seguida da fossa séptica, enquanto que o esgoto em rede geral é praticamente inexistente se comparado com o total de domicílios. Baturité é o município que apresenta a maior quantidade de ligações de esgoto à rede geral, já Guaramiranga se destaca por não registrar nenhuma ligação.

Gráfico 21: Total de domicílios com algum tipo de esgotamento.

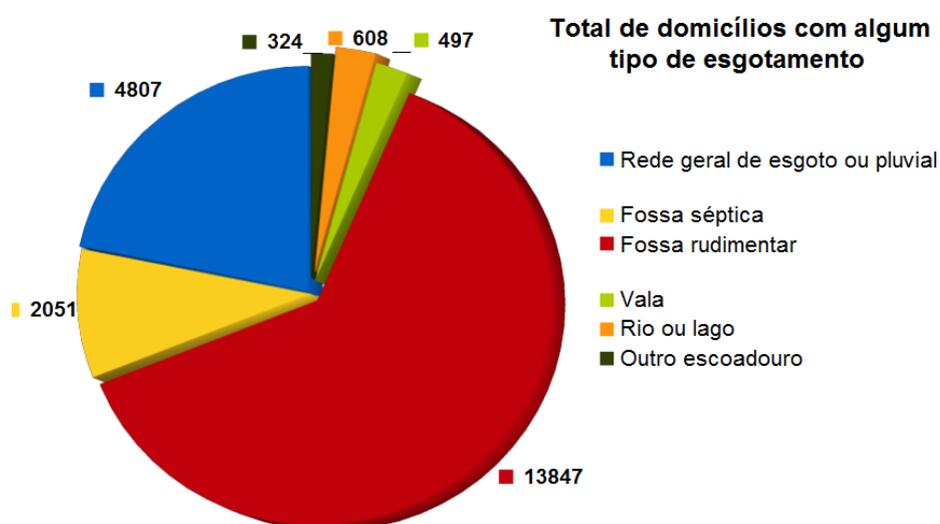


Tabela 15: Total de domicílios com algum tipo de esgotamento nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010.

| Municípios | Rede geral de esgoto ou pluvial | Fossa séptica | Fossa rudimentar | Vala | Rio ou lago | Outro escoadouro |
|--------------|---------------------------------|---------------|------------------|------|-------------|------------------|
| Aratuba | 504 | 57 | 1943 | 66 | 6 | 61 |
| Baturité | 3.520 | 630 | 3.515 | 128 | 557 | 92 |
| Guaramiranga | 0 | 10 | 1.419 | 26 | 0 | 65 |
| Mulungu | 478 | 401 | 1.591 | 32 | 41 | 74 |
| Redenção | 305 | 953 | 5.379 | 245 | 4 | 32 |

Fonte: IBGE, 2010

Já o destino dos resíduos sólidos é outro sério problema encontrado na Bacia do Aracoiaba. Redenção e Guaramiranga são respectivamente os municípios que menos

coletam o lixo, já os demais apresentam aproximadamente 50% do coletado enquanto os não coletados têm outro destino, o procedimento mais comum do lixo não coletado é a queima seguida da variável: jogar em terreno baldio.

Tabela 16: Destino dos resíduos sólidos nos domicílios particulares permanentes, nos municípios de Aratuba, Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção em 2010.

| Municípios | Coletado | | Total Coletado | Queimado | Enterrado | Jogado em terreno baldio ou logradouro | Jogado em rio, lago | Outro destino | Total não coletado |
|--------------|------------------------|----------------------------------|----------------|----------|-----------|--|---------------------|---------------|--------------------|
| | Por serviço de limpeza | Em caçamba de serviço de limpeza | | | | | | | |
| Aracoiaba | 1.754 | 1.893 | 3.647 | 2.695 | 75 | 588 | 3 | 12 | 3.373 |
| Aratuba | 983 | 35 | 1.018 | 1.263 | 40 | 567 | 12 | 4 | 1.886 |
| Baturité | 4.701 | 1.705 | 6.406 | 1.919 | 12 | 407 | 8 | 39 | 2.385 |
| Guaramiranga | 61 | 42 | 103 | 1.333 | 82 | 251 | 0 | 5 | 1.671 |
| Mulungu | 177 | 1.633 | 1.810 | 511 | 58 | 540 | 5 | 4 | 1.118 |
| Redenção | 3.108 | 1.570 | 4.678 | 2.191 | 45 | 459 | 2 | 17 | 2.714 |

Fonte: IBGE, 2010

Quanto às atividades agropecuárias também se destacam bem diversificadas, seguindo a divisão dos que ocupam a parte alta da serra - Guaramiranga, Munlugu e Aratuba e os que estão no “no sopé” do Maciço de Baturité - Redenção, Aracoiaba e Baturité, entretanto a peculiaridades quanto ao tipo de cultivo, a quantidade de área disponibilizada para o plantio e as criações de animais. Tais informações foram constatadas tanto na análise das variáveis apresentadas pelo IBGE e IPECE, quanto nas atividades de campo, onde os moradores destacavam os principais cultivos e os animais criados.

O efetivo de rebanhos varia de acordo com cada município, entretanto as aves (galinhas, galos e frangos) seguidas dos bovinos são os de maior número. Aracoiaba, Baturité e Redenção se destacam na criação de aves para o abate, enquanto os demais municípios priorizam a criação para consumo, já a criação do gado nesses municípios é atividade comum, sendo tal atividade identificada facilmente nos trabalhos de campo, inclusive o pisoteio e variação da criação extensiva e intensiva (no período seco prevalece a criação no extensivo por não ter pastagem). Os suínos são criados em toda a extensão da sub-bacia, soltos ou em pocilgas mal instaladas contaminando os riachos e o solo, como observado em atividade de campo registrado na figura 19.

Figura 19: Porcos soltos no município de Baturité.



Fonte: Autora.

Quanto aos tipos de cultivo, em lavouras temporárias destacam-se - feijão, milho, cana-de-açúcar, tomate, mandioca, arroz e mamona, sendo o feijão e o milho os alimentos mais produzidos em toda área. Já em lavouras permanentes destacam-se o cultivo de – banana, café, coco, laranja, tangerina, algodão, urucum, e castanha de caju.

O município de Guaramiranga é o que se destaca por não ter efetiva participação na agropecuária da área, enquanto os demais são considerados bastante efetivos, porém com especificidades.

Aracoiaba e Baturité se destacam na produção de coco e castanha de caju, Redenção, apresenta a maior quantidade de cana-de-açúcar produzida na Região, já em Mulungu e Aratuba a banana e as hortaliças ganham destaque.

Assim, considerando os dados apresentados, atualmente a população inserida na Bacia do Aracoiaba, deve receber mais atenção do poder público, por ser uma área com potencialidades e limitações de uso peculiares, e por formar-se por ambientes distintos, dessa maneira priorizar as atividades ligadas à agricultura familiar e investir em serviços que agregue valor aos produtos da região, possibilitaria a permanência dessa população no interior, mas com uma melhor qualidade de vida.

4. USO/OCUPAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS NA SUB-BACIA DO ARACOIABA.

As diversas atividades realizadas na sub-bacia do Aracoiaba demonstram a dinâmica com que os agentes produtores do espaço atuam na área. Da nascente até a foz do rio são verificadas atividades que, na maioria das vezes, não condizem com a capacidade de suporte dos sistemas ambientais.

Essas atividades exercidas na sub-bacia refletem as relações entre sociedade e natureza, ocasionando na maioria das vezes degradação dos recursos naturais e danos sociais e econômicos a população local.

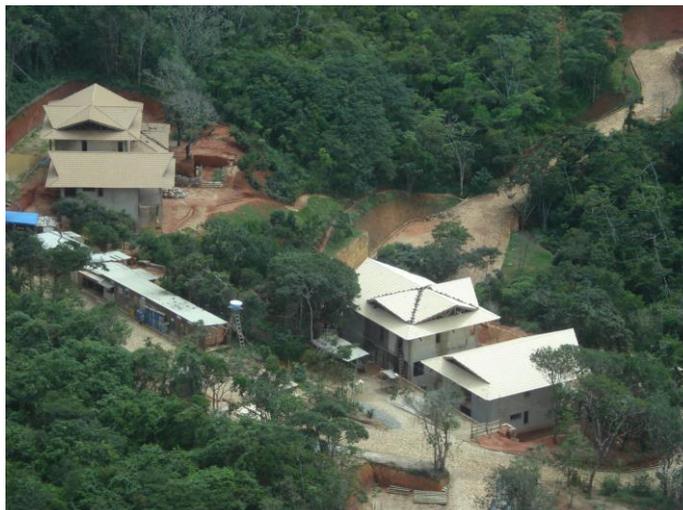
Os principais tipos de uso na sub-bacia do Aracoiaba dividem-se em urbano e nos agroecossistemas. Dentre estes, destacam-se as atividades tais como o turismo, a agropecuária, a utilização desordenada dos recursos hídricos, dentre outros. Essas atividades realizadas sem planejamento e sem controle acabam gerando impactos nos sistemas ambientais e ultrapassando sua capacidade de suporte. Os fatores determinantes dos impactos são a ausência de políticas públicas voltadas para a produção rural e o planejamento urbano e rural.

4.1. Urbano

Os centros urbanos inseridos na sub-bacia diferenciam-se na ocupação da parte alta da serra e na parte do pé de serra e da depressão. Os municípios do alto da Serra como Guaramiranga, Mulungu e Aratuba, possuem população urbana menor como foi verificado na capítulo anterior, diferente dos municípios de Baturité, Aracoiaba e Redenção, essa diferença no tamanho da população não minimiza os impactos gerados pela ocupação sem planejamento nos devidos sistemas ambientais.

Em Guaramiranga, Mulungu e Aratuba a especulação imobiliária tem sido outro forte fator de ocupação no maciço, devido as construção de casas e condomínios para o turismo de segunda residência. Esse tipo de uso tem ocasionado desmatamento para construção desses imóveis e a intensificação dos processos erosivos, devido às acentuadas declividades do relevo.

Figura 20: Construção de Condomínios em Guaramiranga.



Fonte: BASTOS, 2009.

Além da ocupação desordenada outro problema verificado nas áreas urbanas da sub-bacia é a deficiência de saneamento básico e de coleta dos resíduos sólidos ocasionando a contaminação dos recursos hídricos.

Figura 21: Esgoto a céu aberto em Baturité.



Fonte: Autora

As águas, provenientes dos esgotos, podem apresentar grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, incluindo microorganismos patogênicos e substâncias tóxicas. O tratamento adequado e abrangente da água é essencial para a saúde humana e ambiental, com o fim de evitar a transmissão de doenças e maiores impactos ambientais. Os esgotos a céu aberto são fontes de poluição direta dos recursos hídricos superficiais, além da contaminação do solo.

As fossas artesanais também ocasionam impactos que comprometem a qualidade dos recursos subterrâneos, e o abastecimento por reservas hidrogeológicas, sendo estas utilizadas pela população para uso doméstico e agrícola.

Não somente a falta de tratamento de esgoto causa contaminação dos recursos hídricos. Além disso, incluem-se casos de acúmulo de lixo (fig. 22), de matadouros artesanais e do uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes nas atividades agrícolas.

Figura 22: Acúmulo de lixo na margem do rio Aracoiba.



Fonte: Autora.

Figura 23: Lixão a céu aberto em Aracoia e Redenção.



Fonte: Autora

4.2. Agroecossistemas

Os Agroecossistemas são as atividades que mais ocasionam a degradação ambiental dos recursos naturais. Na sub-bacia do Aracoia, essas atividades são as que

mais têm ocasionado à degradação ambiental dos sistemas ambientais. Nas áreas de climas mais amenos, a policultura é uma das atividades mais exercidas na área, sendo praticada em ambientes onde o declive varia desde plano até forte ondulado.

No que se refere às atividades agropecuárias, atuam de forma intensa na zona rural dos municípios que compõem a sub-bacia, principalmente na depressão sertaneja e nos pés – de – serra de Baturité. As práticas de manejo e uso do solo para fins agrícolas é umas das maiores preocupações no que diz respeito à sustentabilidade do ambiente físico – ambiental.

Os sistemas agrícolas tradicionais são os mais comuns voltados ao cultivo de hortaliças, grãos e leguminosas. Entretanto, ocasionam a retirada indiscriminada da cobertura vegetal, por meio de técnicas rudimentares, em locais impróprios, principalmente em áreas de declividades acentuadas. O inadequado preparo da terra é evidenciado, principalmente, pelos constantes focos de queimadas. A prática de queimadas dos solos tende a torná-los inférteis, com a eliminação de boa parte dos nutrientes naturais, além da poluição do ar gerada pela fumaça.

Além das queimadas, a brocagem e destocamento se dão pela retirada de lenha e produção de carvão vegetal. A fabricação de carvão ocasiona, dentre outros impactos negativos, a degradação os horizontes superficiais dos solos dificultando a infiltração da água e intensificando o aumento do escoamento superficial.

Figura 24: Desmatamento para o cultivo.



Fonte: Autora

Figura 25: Produção de carvão vegetal.



A extração de madeira tem sido uma prática intensa na área de estudo. A queima indiscriminada causa dentre outros impactos o empobrecimento dos solos pela a falta de tecnologia avançada para tais atividades. A diminuição da biodiversidade é um dos principais sinais da perda da capacidade de suporte dos sistemas ambientais.

Figura 26: Extração de Madeira no município de Aracoiaba e Baturité.



Fonte: Autora.

Entre as áreas com maiores problemas gerados pelo desmatamento das matas nativas, além das vertentes íngremes, somam-se as margens dos rios, riachos e nascentes fluviais. Em relação aos rios e riachos, com a ausência da mata ciliar, há o aumento da evapotranspiração, remoção dos solos e assoreamento do fundo dos vales. A falta de vegetação no entorno das nascentes pode ocasionar o seu ressecamento. No maciço de Baturité a mata ciliar deu lugar a plantação de bananeiras como é possível visualizar na figura 27.

Figura 27: Plantação de bananeiras as margens do riacho.



Fonte: Autora.

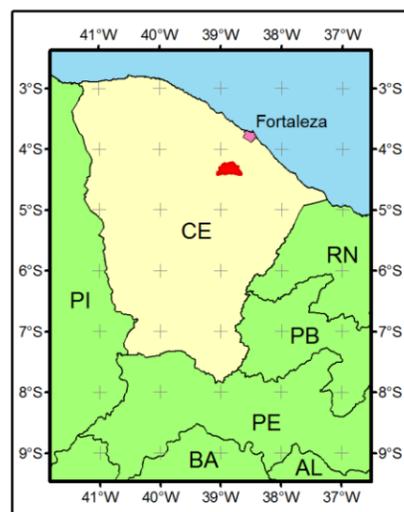
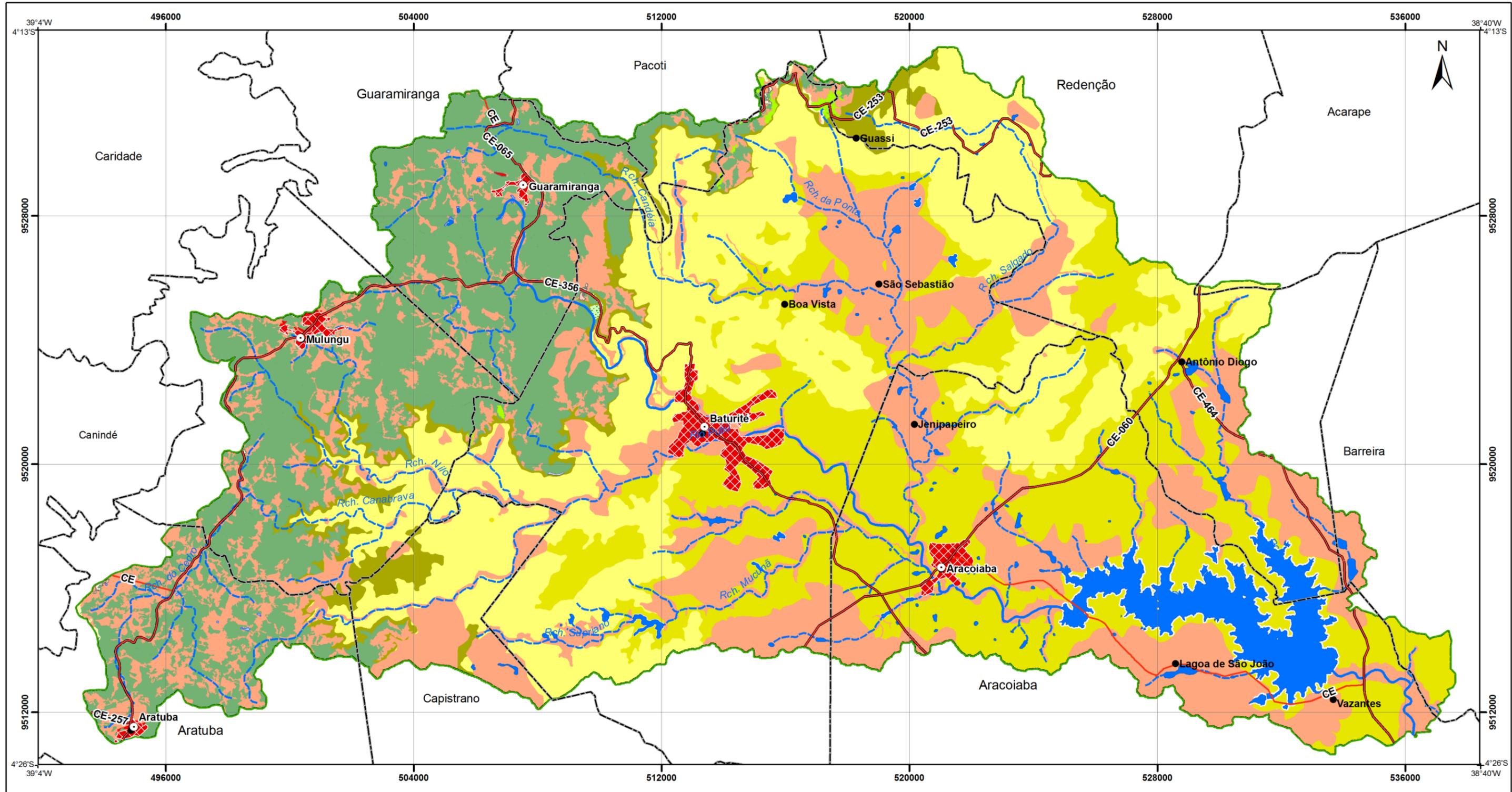
Com a devastação da cobertura vegetal, os solos ficam sujeitos aos mais diversos tipos de erosão. É comum a remoção da mata para limpeza de terrenos para fins agrícolas, pecuária, abertura de estradas e para construção imobiliária. Na serra, entretanto, essa devastação confirma-se pela maior remoção dos solos, ocasionando o desmoronamento de

terras ou movimentos de massas. Essa erosão é mais evidente nas vertentes íngremes, onde é maior a força gravitacional.

Diante da erosão dos solos caracterizados pelos movimentos de massa, há, como consequência, o assoreamento de áreas mais deprimidas, como os vales, lagos, rios e riachos. Há, ainda, implicações relacionadas às mudanças das propriedades dos solos, como a diminuição da fertilidade e redução da capacidade de retenção de água, dificultando o desenvolvimento natural da vegetação. Os problemas ocorrem, principalmente, em terrenos descobertos, como na prática da atividade pecuária, em que os solos estão expostos às ações climáticas e ao pisoteio do gado.

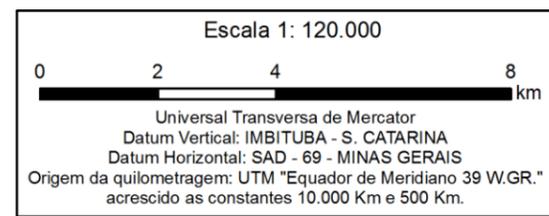
Além disso, a erosão dos solos pode causar o aparecimento de afloramentos rochosos, impossibilitando, principalmente em áreas com declividade acentuada, a pedogênese, a fixação de vegetação e a infiltração de água. Outro impacto dá-se pela mudança e degradação visual da paisagem natural. Para que haja a conservação dos solos e evitar a aceleração dos processos erosivos, são necessárias práticas de conservação, como cultura em curvas de nível e terraceamento, técnicas de pousio, dentre outras.

A partir dos usos descritos acima e da pesquisa de campo, auxiliado pela imagem do satélite SPOT de 2004, gerou-se o mapa de uso e cobertura vegetal da sub-bacia do Aracoiaba.



- SINAIS CONVENCIONAIS**
- LIMITES**
- Distritos
 - Sede Municipal
 - ▨ Área Urbana
 - ▭ Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
 - Limites Municipais
- ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS**
- Drenagem
 - Açude
- RODOVIAS**
- CE Pavimentada
 - CE Carroçável

- LEGENDA**
- ▭ Agroecossistemas
 - ▭ Mata Úmida
 - ▭ Mata Seca
 - ▭ Caatinga Arboreo/Arbustiva



FONTE: Limites Municipais: IPECE - 2010.

Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROP GEO Mestrado

MAPA DE USO E COBERTURA VEGETAL

MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Gezyane Lima de Castro
 PROP GEO/UECE, gezycaastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROP GEO/UECE, mlbcruz@gmail.com

5. COMPARTIMENTAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO

5.1. Compartimentação dos Sistemas Ambientais

A delimitação e mapeamento dos sistemas ambientais são fundamentais para a compreensão do relacionamento dos processos naturais com os modelos de uso e ocupação da terra e produção social do espaço.

Para a realização da compartimentação dos sistemas utilizou-se da caracterização físico-geográfica e os produtos geocartográficos da área, levantada anteriormente, juntamente com produtos de sensoriamento remoto aplicado as geotecnologias. Mas o elemento principal de análise foi o mapeamento geomorfológico, devido ao modelado do relevo ser mais fácil de identificar, além de garantir uma delimitação mais rigorosa e precisa. Souza 2000 destaca que:

a compartimentação geomorfológica deriva de herança da evolução geoambiental, pelo menos Terciário-Quaternária. Como tal, cada compartimento tende a ter padrões próprios de drenagem superficial, arranjos típicos de solos e características singulares quanto aos aspectos fitofisionômicos. (SOUZA, 2000, p.11).

O mapeamento dos sistemas da sub-bacia do Aracoiaba tomou como base SOUZA (1973; 1988; 2000; 2011) e deu-se através da identificação das unidades naturais homogêneas na escala de 1:50.000 e de pesquisas de campo que foram fundamentais para a melhor compreensão da dinâmica dos sistemas.

Os sistemas encontrados através de uma visão integrada dos componentes ambientais e socioeconômicos na sub-bacia do Aracoiaba são: Planícies fluviais, Planícies alveolares, Planícies lacustres / Áreas de inundação, Tabuleiros interiores, Platô central úmido, Platô meridional, Vertente setentrional, Vertente oriental úmida e Vertente oriental sub-úmida, Depressão dissecada, Depressão conservada / aplainada, Cristas e Serra Ubirajara.

As Planícies fluviais dos rios Aracoiaba, Putiú, Salgado, Candéia e outros, são ambientes formados pela ação fluvial (deposição). Diferenciam-se frente à depressão sertaneja existente na sub-bacia, por apresentarem melhores condições de solo e de disponibilidade hídrica. Apresentam-se na forma de relevo plano a suave ondulado, com declives inferiores a 8%. As planícies fluviais são recobertos em grande parte por neossolos flúvicos, dotados de alta fertilidade, favorecendo o uso agrícola. Em geral essas planícies apresentam pequenos resquícios de mata ciliar, devido ao desmatamento para a utilização

desse sistema ambiental para a agropecuária. Na figura a seguir temos as imagens da planície do rio Aracoiaba em dezembro de 2012, nas proximidades da sede de Aracoiaba, a montante do açude Aracoiaba, e a jusante do açude, próximo ao rio Choró.

Figura 28: Planície Fluvial do rio Aracoiaba a montante e a jusante do açude Aracoiaba.



Fonte: Autora

Na delimitação dos sistemas ambientais da área de estudo classificou-se como planície flúvio-lacustre / área de inundação sazonal as margens do açude Aracoiaba, por terem alguma representatividade e principalmente por serem submetidas a periódicas inundações. A figura 29 mostra a planície lacustre / área de inundação do Açude Aracoiaba.

Figura 29: Planície lacustre / área de inundação do Açude Aracoiaba.



Fonte: Autora

Os tabuleiros existentes são do terció-quaternário e do holoceno, sendo do Grupo Barreiras Indiviso, os arenitos e conglomerados e dos Aluviões, os sedimentos argilo-arenosos. Apresentam níveis altimétricos que variam de 80 – 140 m, com declives não superiores a 8%. Os índices pluviométricos variam entre 900-1200 mm, mal distribuídos no tempo e no espaço. São recoberto em sua maioria por solos espessos com predominância dos argissolos. Essas manchas de tabuleiros interiores explicam a grande produção de castanha de caju nos municípios de Aracoiaba e Baturité, já que o cajueiro é uma árvore característica dos tabuleiros.

Figura 30: Plantação de Cajueiro no Tabuleiro argiloso.



Fonte: Autora.

O domínio dos escudos e maciços antigos pré-cambriano exibiu a maior diversidade dos sistemas ambientais existentes na sub-bacia do Aracoiaba. Iniciamos a descrição pelas depressões dissecada e aplainada/conservada.

As depressões representam mais de 40% da área total da sub-bacia do Aracoiaba, são ambientes dissecados em morros, cristas e lombas intercaladas por vales pedimentados e influenciada por deformações estruturais pretéritas. Possuem pluviometria maior que a média do semiárido nordestino beneficiado com a proximidade do maciço residual úmido que proporciona chuvas orográficas nestas depressões que localizam-se no lado oriental (barlavento) do maciço de Baturité. Mesmo apresentando médias pluviométricas que variam de 700-1000 mm, apresentam chuvas más distribuídas no tempo e no espaço, sua drenagem exhibe padrão dendrítico e escoamento fluvial semiperene. As depressões são recobertas por solos argissolos-vermelho eutróficos, e algumas manchas de neossolos litólicos, recobertos por mata seca e caatinga arbórea/arbustiva. Na figura 31 verifica-se a depressão dissecada no município de Baturité.

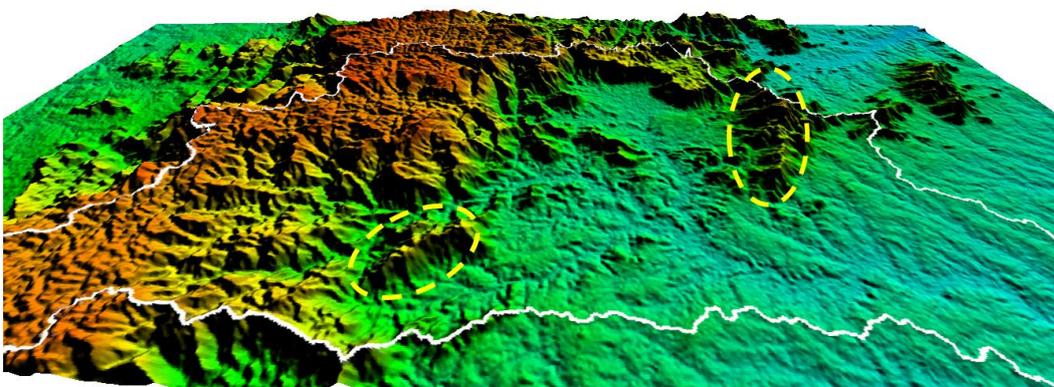
Figura 31: Depressão Dissecada no município de Baturité.



Fonte: Autora

Pertencente também ao domínio dos escudos e maciços antigos as Cristas e serra Ubirajara constituem relevos residuais dissecado em morros e cristas intercaladas por vales pedimentados. Resultam em ressaltos topográficos com material consolidado consequente do trabalho seletivo da erosão diferencial. Possuem níveis altimétricos entre 400-700m e declives inferiores a 45%. Seus índices pluviométricos anuais variam entre 700-1000 mm. O padrão de drenagem característico é dendrítico e escoamento fluvial semiperene. Domínio de Argissolos-Vermelho eutróficos, recobertos por mata seca e caatinga arbórea/arbustiva.

Figura 32: Crista residual e Serra do Ubirajara (esquerda para direita).



Fonte: Dados altimétricos do TOPODATA/INPE. Elaborado pela autora.

O maciço de Baturité compreende os sistemas ambientais Platô central úmido, Platô meridional, Vertente Setentrional, Vertente Oriental úmida, Vertente Oriental sub-úmida, e as planícies alveolares.

As planícies alveolares estão presentes em quase todos os sistemas ambientais do Maciço de Baturité, constituem locais de alargamento dos vales, com vegetação natural primária degradada e com intenso uso agrícola. O uso nesses locais é intensificado devido à declividade ser mais amena, com presença de relevo suave ondulado, configurando ambientes de exceção dentro do maciço, que tem predominância de alta declividade. A

figura 33 mostra uma planície alveolar no município de Aratuba com plantações de banana e hortaliças.

Figura 33: Planície alveolar no município de Aratuba.



Fonte: Campo ZEE de Baturité, 2009.

O Platô central úmido é constituído de superfícies moderadamente dissecadas em morros altos, cristas e colinas intercaladas por vales profundos e estreitos em rochas cristalinas. A altitude nesse sistema varia entre 850-900m, com declividades altas caracterizando relevo montanhoso. Essa elevada altitude e a proximidade com o oceano proporcionam chuvas orográficas bem distribuídas durante o ano. Os totais pluviométricos anuais variam entre 1300-1500 mm. A temperatura em média não ultrapassa os 23 °C durante todo o ano. A rede fluvial é densa e o padrão de drenagem dendrítico. Há a ocorrência de nascentes fluviais, como a do Aracoiaba, e seus afluentes, Candeia e Putiú. Os solos são profundos com predomínio dos argissolos eutróficos, que são recobertos pela mata plúvio-nebular. A manutenção da dinâmica progressiva desse sistema é fundamental para toda a sub-bacia do Aracoiaba.

Figura 34: Platô Central úmido (Guaramiranga).



Fonte: BASTOS, 2009.

O Platô Meridional fica situado a sudoeste da sub-bacia do Aracoíaba. Estabelece-se na altitude entre 740-840m, com declives. Os índices pluviométricos variam de 900-1200 mm, distribuídos durante todo o ano, mas com maior intensidade no primeiro semestre. A rede fluvial tem padrão dendrítico-retangular com evidente controle estrutural e escoamento intermitente. Os solos predominam os argissolos medianamente profundos, recoberto por mata degradada e mata seca e com uso agrícola predominante. Nesse sistema ambiental as planícies alveolares se mostram mais alargadas proporcionando o seu uso intensivo, ocasionando áreas mais degradadas pela agropecuária.

Figura 35: Planície Alveolar no Platô Meridional.



Fonte: Campo ZEE de Baturité, 2009.

A vertente setentrional localiza-se na porção norte da sub-bacia em estudo. O relevo dessa área é dissecado em morros, colinas e lombas intercaladas por vales medianamente profundos. Esse sistema ambiental encontra-se na faixa de 600-730m de altitude. Possui total pluviométrico alto, entorno de 1200-1400 mm, assim como também possui declividade elevada superior a 20%, caracterizando relevo forte ondulado. A drenagem possui padrão dendrítico e escoamento superficial semi-perene. Com relação aos solos predomina os argissolos e os neossolos flúvicos, denotando a presença de planícies alveolares.

Figura 36: Vertente Setentrional.



Fonte: OLIVEIRA , 2011.

A vertente oriental úmida bordeja o platô central úmido e o platô meridional, varia na faixa de 600-750m com presença de declives que variam de relevo ondulado a montanhoso. Possui total de precipitação entorno de 1300-1600 mm. Padrão de drenagem da área é dendrítico com escoamento fluvial semiperene. Há predominância dos argissolos recobertos pela mata pluvionebular. Nos locais de alargamento dos vales, há ocorrência de planícies alveolares com vegetação natural primária degradada e com uso agrícola.

Figura 37: Rio Aracoiaba na vertente oriental úmida no município de Guaramiranga (Cachoeira do Perigo).



Fonte: Autora

A vertente oriental sub-úmida muito se assemelha com as descrições da vertente oriental úmida. Possui também superfície dissecada em morros e colinas intercaladas por vales medianamente profundos, mas encontra-se em altitudes menores que variam de 400-600 m, além disso registram total pluviométrico um pouco menor, entorno de 1000-1200 mm. Com relação aos solos há também um predomínio dos argissolos, só que estes seriam recobertos por mata pluvio nebular e mata seca, em alguns pontos desse sistema ocorre ainda a existência de planícies alveolares. A vertente oriental sub-úmida se apresenta, portanto como uma faixa de transição entre a vertente oriental úmida e a depressão dissecada.

Figura 38: Vertente Oriental Sub-úmida.



Fonte: Autora.

Fundamentado em Souza (2011) o quadro 07 apresenta de forma sintética as características naturais dominantes, a capacidade de suporte e as estratégias de uso, informações básicas necessárias para subsidiar o planejamento territorial.

Em seguida, os sistemas ambientais da sub-bacia do Aracoiaba são representados espacialmente através do mapa 09.

Quadro 07: Síntese dos Sistemas Ambientais.**Sistema ambiental: Planícies Fluviais**

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|--|--|--|---|---|--|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| <p>Faixa de acumulação aluvial do rio Aracoíaba e de seus afluentes, com larguras variadas e embutidas nas rochas do embasamento cristalino e nos sedimentos das Formação Barreiras. Caracterizam-se em superfícies planas, oriundas de acumulação de sedimentos inconsolidados fluviais sujeitas a inundações sazonais revestidas primariamente por matas ciliares; ocorrem como feições sazonais, ocupando faixas de deposição aluvial, bordejando as calhas fluviais. Índices pluviométricos anuais entre 700-1200 mm, em declives inferiores a 8%. Domínio dos Neossolos Flúvicos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Degradação das matas ciliares. * Desencadeamento de processos erosivos nos leitos fluviais e agravamento de inundações. * Inundações e Cheias. | <ul style="list-style-type: none"> * Recursos Hídricos. * Agroextrativismo. * Agropecuária. * Agricultura de Irrigação. * Atividade de Lazer. | <ul style="list-style-type: none"> * Restrições legais * Expansão urbana e agrícola nos baixos níveis de terraços fluviais. | <ul style="list-style-type: none"> * Recuperação das áreas degradadas de matas ciliares. | <ul style="list-style-type: none"> * Poluição dos recursos hídricos. * Moradias nas áreas ribeirinhas. |

Continua...

Sistema ambiental: Tabuleiros Interiores

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|---|---|--|---|--|---|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| Superfície com caimento topográfico suave para o litoral, com interflúvios tabuliformes, fraco entalhamento da drenagem de padrão paralelo. Sob aspecto litológico há os argilo-arenosos e os arenito e conglomerados. Apresentam solos espessos com predominância dos argissolos vermelho-amarelo eutrófico. | <ul style="list-style-type: none"> * despejo inadequado de resíduos sólidos e efluentes. * Desmatamento da vegetação nativa de tabuleiro. | <ul style="list-style-type: none"> * Agroextrativismo. * Material para construção civil. * Águas Subterrâneas. * Agricultura Irrigada. | <ul style="list-style-type: none"> * Baixa fertilidade dos solos * Deficiência hídrica na estação seca. | <ul style="list-style-type: none"> * Expansão Urbana. * Instalação Viária. | <ul style="list-style-type: none"> * Poluição dos recursos hídricos. * Mineração descontrolada. |

Continua...

Sistema ambiental: Depressão Dissecada e Conservada

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|---|---|---|---|--|--|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| Relevo dissecado em morros, cristas e lombas intercaladas por vales pedimentados e influenciada por deformações estruturais pretéritas em rochas do embasamento cristalino. Índices pluviométricos anuais entre 700-1000 mm, em nível altimétrico < 400 m e declives inferiores a 20%. Rede fluvial densa, padrão dendrítico e escoamento fluvial semiperene. Domínio de Argissolos-Vermelho eutróficos, e algumas manchas de neossolos litólicos, recobertos por mata seca e caatinga arbórea/arbustiva. | * Superfície degradada com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário. *Aceleração de ações erosivas em razão de modelos agrícolas sem técnicas de conservação. | * Solos com fertilidade alta. * Extrativismo vegetal controlado. | * Deficiência hídrica durante estiagem. * Solos rasos. *Afloramento Rochosos. | * Expansão Urbana. * Instalação Viária. | * Queimadas indiscriminadas. * Desmatamento intensivo da vegetação. |

Continua...

Sistema ambiental: Cristas e Serra Ubirajara

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|--|--|---------------------------------|---|--|---|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| <p>Relevos residuais dissecado em morros e cristas intercaladas por vales pedimentados e influenciada por deformações estruturais pretéritas em rochas do embasamento cristalino. Resultam em ressaltos topográficos com material consolidado resultante do trabalho seletivo da erosão diferencial. Índices pluviométricos anuais entre 700-1000 mm, em nível altimétrico entre de 400-700m e declives inferiores a 45%. Padrão dendrítico e escoamento fluvial semiperene. Domínio de Argissolos-Vermelho eutróficos, recobertos por mata seca e caatinga arbórea/arbustiva.</p> | <p>* Grau de proteção da cobertura vegetal muito baixa em razão do avanço da degradação.</p> <p>* Processos erosivos ativos.</p> | <p>* Recuperação Ambiental.</p> | <p>* Forte declividade das vertentes</p> <p>* Alta susceptibilidade à erosão.</p> | <p>* Plantio em nível.</p> <p>* Cortes e aterros apenas para construção de vias.</p> | <p>* Queimadas indiscriminadas.</p> <p>* Agrotóxicos sem controle.</p> <p>* Desmatamentos de áreas de preservação.</p> <p>* Resíduos de criação de animais não devem ser lançados nos cursos d'água</p> |

Continua...

Sistema ambiental: Platô Central Úmido

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|--|--|---|--|---|--|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| <p>Superfície moderadamente dissecada em morros altos, cristas e colinas intercaladas por vales profundos e estreitos em rochas cristalinas. Índices pluviométricos anuais entre 1300-1500 mm, em nível altimétrico médio de 850-900m e declives. Rede fluvial densa, de padrão dendrítico e escoamento fluvial semiperene. Domínio de Argissolos (profundos, textura argilosa, imperfeitamente drenados) recoberto por mata plúvio nebuloso, com ambiente parcialmente fitoestabilizado ou em dinâmica progressiva. Nos locais de alargamento dos vales, há ocorrência de planícies alveolares com vegetação natural primária degradada e com uso agrícola.</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Superfície degradada com pequenas manchas remanescentes de recobrimento vegetal primário. * Exploração agrícola em áreas incompatíveis com esse tipo de uso. * Processos erosivos ativos. * Empobrecimento da biodiversidade. * Paisagem serrana parcialmente descaracterizada. * Nascentes fluviais parcialmente comprometidas * Matas ciliares degradadas. | <ul style="list-style-type: none"> * Condições Hidroclimáticas e edáficas. * Solos profundos. * Patrimônio paisagístico. * Reflorestamento com espécies nativas. * Práticas de educação ambiental. | <ul style="list-style-type: none"> * Forte declividade das vertentes. * Alta e média susceptibilidade à erosão. * Argissolos distróficos nos níveis altimétricos mais elevados. | <ul style="list-style-type: none"> * Manejo da flora e da fauna. * Vertentes com maiores declives requerendo técnicas de conservação * Plantio em nível. * Culturas anuais diversificadas, integradas à criação de animais de pequeno porte, reflorestamento dirigido ao sombreamento e conservação dos solos. * Apicultura. * Adubação orgânica. * Ações de recomposição florística. * Abertura e conservação de trilhas para passeios de lazer e turismo. * Cortes e aterros apenas para construção de vias. | <ul style="list-style-type: none"> * Queimadas indiscriminadas. * Agrotóxicos sem controle. * Desmatamentos de topo de morros vertentes íngremes e entorno de nascentes fluviais. * Resíduos de criação de animais não devem ser lançados nos cursos d'água. * Desmatamentos de remanescentes florestais. |

Continua...

Sistema ambiental: Platô Meridional

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|---|--|---|--|---|--|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| Superfície moderadamente dissecada em morros, e colinas medianamente baixos intercalados por vales pouco profundos em rochas do embasamento cristalinos. Índices pluviométricos anuais entre 900-1200 mm, em nível altimétrico entre de 740-840m e declives. Rede fluvial dendrítica-retangular, com evidente controle estrutural e escoamento intermitente. Domínio de Argissolos (medianamente profundos, textura areno-argilosa, imperfeitamente drenados) recoberto por mata degradada e mata seca e com uso agrícola predominante. Nos locais de alargamento dos vales, há ocorrência de planícies alveolares com vegetação natural primária degradada e com uso agrícola. | <ul style="list-style-type: none"> * Superfície degradada com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário. * Exploração agrícola em áreas incompatíveis com esse tipo de uso. * Processos erosivos ativos. * Empobrecimento da biodiversidade. * Paisagem serrana parcialmente descaracterizada. * Nascentes fluviais parcialmente comprometidas * Matas ciliares degradadas. | <ul style="list-style-type: none"> * Condições Hidroclimáticas e edáficas. * Solos profundos. * Patrimônio paisagístico. * Reflorestamento com espécies nativas. * Práticas de educação ambiental. | <ul style="list-style-type: none"> * Forte declividade das vertentes. * Alta e média susceptibilidade à erosão. * Argissolos distróficos nos níveis altimétricos mais elevados. | <ul style="list-style-type: none"> * Manejo da flora e da fauna. * Vertentes com maiores declives requerendo técnicas de conservação * Plantio em nível. * Culturas anuais diversificadas, integradas à criação de animais de pequeno porte, reflorestamento dirigido ao sombreamento e conservação dos solos. * Apicultura. * Adubação orgânica. * Ações de recomposição florística. * Abertura e conservação de trilhas para passeios de lazer e turismo. * Cortes e aterros apenas para construção de vias. | <ul style="list-style-type: none"> * Queimadas indiscriminadas. * Agrotóxicos sem controle. * Desmatamentos de topo de morros vertentes íngremes e entorno de nascentes fluviais. * Resíduos de criação de animais não devem ser lançados nos cursos d'água. * Desmatamentos de remanescentes florestais. |

Continua...

Sistema ambiental: Vertente Setentrional

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|--|---|--|---|---|--|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| <p>Vertente setentrional dissecada em morros, colinas e lombas intercaladas por vales medianamente profundos. Índices pluviométricos anuais entre 1200-1400 mm, em nível altimétrico entre de 600-730m e declives. Rede fluvial densa de padrão dendrítico e escoamento superficial semi-perene. Domínio de Argissolos eutróficos e Neossolos Flúvicos recobertos por mata plúvio-nebular e com ambientes parcialmente fitoestabilizados ou em dinâmica ambiental progressiva. Nos locais de alargamento dos vales, há ocorrência de planícies alveolares com vegetação natural primária degradada e com uso agrícola.</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Superfície degradada com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário. * Exploração agrícola em áreas incompatíveis com esse tipo de uso. * Processos erosivos ativos. * Empobrecimento da biodiversidade. * Paisagem serrana parcialmente descaracterizada. * Nascentes fluviais desprotegidas. * Desmatamento e ocupação das áreas marginais dos rios. | <ul style="list-style-type: none"> * Condições Hidroclimáticas e edáficas. * Solos profundos e com boas condições de fertilidade natural. * Paisagem de exceção. * Práticas de educação ambiental. | <ul style="list-style-type: none"> * Forte declividade das vertentes. * Alta susceptibilidade à erosão. | <ul style="list-style-type: none"> * Plantio em nível. * Apicultura. * Adubação orgânica. * Ações de recomposição florística. * Cortes e aterros apenas para construção de vias. | <ul style="list-style-type: none"> * Queimadas indiscriminadas. * Agrotóxicos sem controle. * Desmatamentos de topo de morros vertentes íngremes e entorno de nascentes fluviais. * Desmatamentos de remanescentes florestais. |

Continua...

Sistema ambiental: Vertente Oriental Úmida

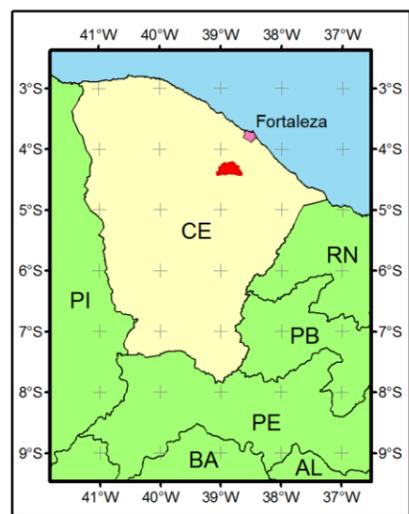
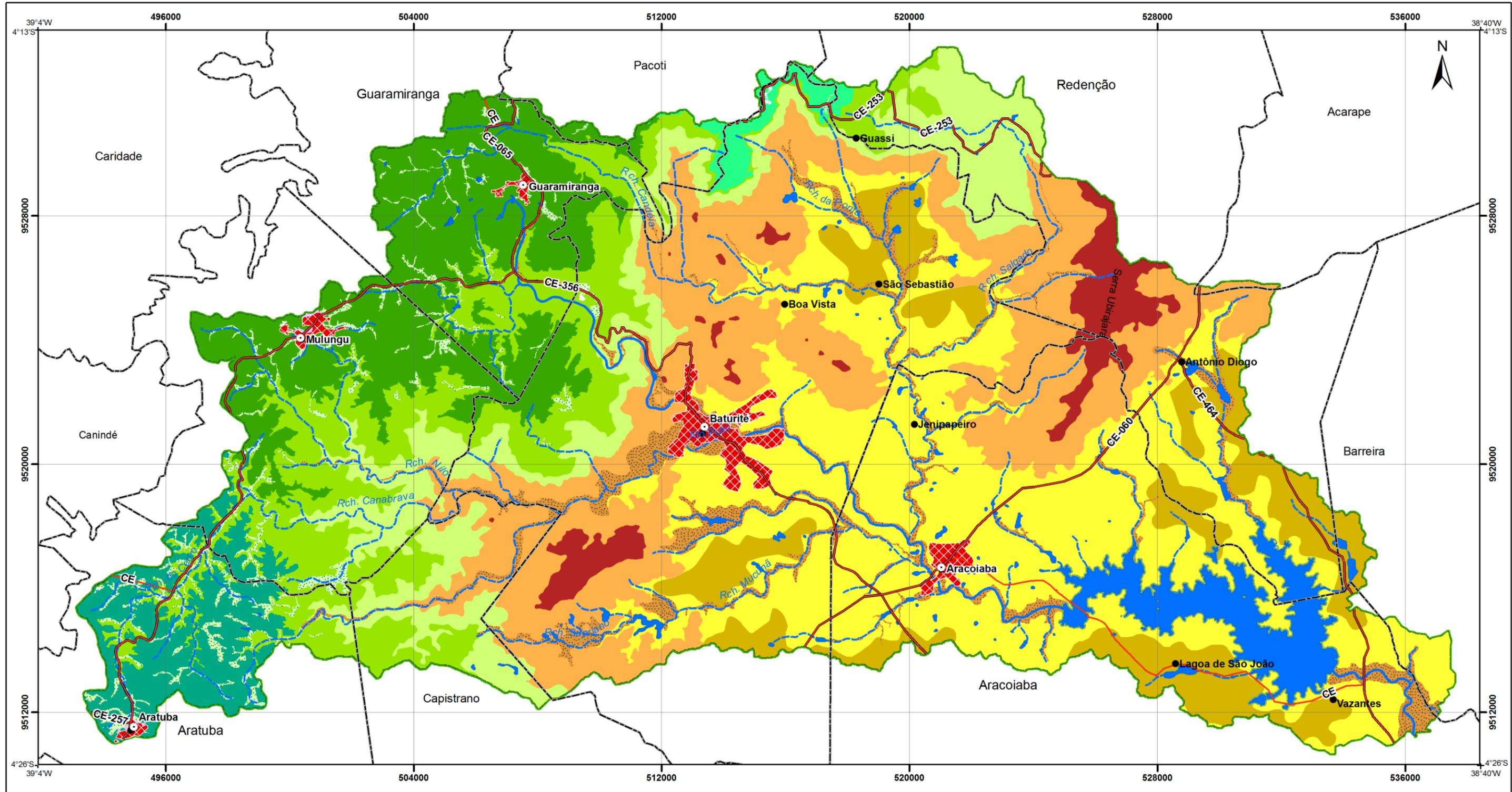
| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|--|--|--|--|--|---|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| Superfície dissecada em morros altos e colinas intercaladas por vales profundos e estreito em rochas do embasamento cristalino. Índices pluviométricos anuais entre 1300-1600 mm, em nível altimétrico entre de 600-750m e declives. Rede fluvial densa, padrão dendrítico e escoamento fluvial semiperene. Domínio de Argissolos eutróficos (profundos, textura argilosa, imperfeitamente drenados), recobertos por mata úmida plúvio nebuloso com ambiente parcialmente fitoestabilizado ou em dinâmica progressiva. Nos locais de alargamento dos vales, há ocorrência de planícies alveolares com vegetação natural primária degradada e com uso agrícola. | <ul style="list-style-type: none"> * Superfície degradada com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário. * Exploração agrícola em áreas incompatíveis com esse tipo de uso. * Processos erosivos ativos. * Empobrecimento da biodiversidade. * Paisagem serrana parcialmente descaracterizada. * Nascentes fluviais comprometidas. * Matas ciliares degradadas. | <ul style="list-style-type: none"> * Condições hidroclimáticas e edáficas. * Solos profundos. * Reflorestamento com espécies nativas. * Patrimônio paisagístico. | <ul style="list-style-type: none"> * Forte declividade das vertentes * Alta susceptibilidade à erosão. | <ul style="list-style-type: none"> * Plantio em nível. * Manejo da flora e da fauna. * Adubação orgânica. * Vertentes com maiores declividades requerendo técnicas de conservação. * Cortes e aterros apenas para construção de vias. | <ul style="list-style-type: none"> * Queimadas indiscriminadas. * Agrotóxicos sem controle. * Desmatamentos de áreas de preservação. * Desmatamentos de remanescentes florestais. |

Continua...

Sistema ambiental: Vertente Oriental Sub-úmida

| Características Naturais Dominantes | Problemas Ambientais e Riscos de Ocupação | Capacidade de Suporte | | Estratégias de Uso | |
|--|---|--|--|--|--|
| | | Potencialidades | Limitações | Compatíveis | Proibidos |
| <p>Superfície dissecada em morros e colinas intercaladas por vales medianamente profundos. Índices pluviométricos anuais entre 1000-1200 mm, em nível altimétrico entre de 400-600m e declives. Rede fluvial densa, padrão dendrítico e escoamento fluvial semiperene. Domínio de Argissolos eutróficos, recobertos por vegetação de transição (mata pluvionebular com mata seca). Nos locais de alargamento dos vales, há ocorrência de planícies fluviais com vegetação natural primária degradada e com uso agrícola.</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Superfície degradada com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário. * Exploração agrícola em áreas incompatíveis com esse tipo de uso. * Processos erosivos ativos. * Empobrecimento da biodiversidade. * Paisagem serrana parcialmente descaracterizada. * Matas ciliares degradadas. | <ul style="list-style-type: none"> * Condições Hidroclimáticas e edáficas. * Solos profundos. * Reflorestamento com espécies nativas. * Patrimônio paisagístico. | <ul style="list-style-type: none"> * Forte declividade das vertentes * Alta susceptibilidade à erosão. | <ul style="list-style-type: none"> * Plantio em nível. * Manejo da flora e da fauna. * Vertentes com maiores declividades requerendo técnicas de conservação. * Cortes e aterros apenas para construção de vias. | <ul style="list-style-type: none"> * Queimadas indiscriminadas. * Agrotóxicos sem controle. * Desmatamentos de áreas de preservação. * Desmatamentos de remanescentes florestais. * Resíduos de criação de animais não devem ser lançados nos cursos d'água |

Fonte: SOUZA, 2011.



SINAIS CONVENCIONAIS

LIMITES

- Distritos
- Sede Municipal
- ▣ Área Urbana
- ▭ Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
- Limites Municipais

ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS

- Drenagem
- Açude

RODOVIAS

- CE Pavimentada
- CE Carrocável

SISTEMAS AMBIENTAIS

- Planície Alveolar
- Planície Lacustre
- Planície Fluvial
- Tabuleiro Interior
- Cristas
- Depressão Conservada/Aplainada
- Depressão Dissecada
- Platô Central Úmido
- Plato Meridional
- Vertente Setentrional
- Vertente Oriental Úmida
- Vertente oriental Subúmida

Escala 1: 120.000

Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: IMBITUBA - S. CATARINA
 Datum Horizontal: SAD - 69 - MINAS GERAIS
 Origem da quilometragem: UTM "Equador de Meridiano 39 W.GR." acrescido as constantes 10.000 Km e 500 Km.

FONTE: Limites Municipais: IPECE - 2010.

Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROPGEO
 Mestrado

MAPA DOS SISTEMAS AMBIENTAIS
MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
 PROPGEO/UECE, gezylicastro@gmail.com
 Maria Lúcia Brito da Cruz
 PROPGEO/UECE, mlbcruz@gmail.com

5.2. Subsídios ao Planejamento Territorial da sub-bacia do Aracoiaba

Os diferentes graus de vulnerabilidade ambiental dos sistemas são interpretados como informações integradas do meio físico quanto ao nível de suporte ou de respostas do ambiente frente à dinâmica dos diferentes modos de uso, permitindo o planejamento territorial do espaço.

Os graus de vulnerabilidade dos sistemas foram determinados a partir de Tricart (1977) e adaptados por Souza (2000) para realidade local, como citado anteriormente no Referencial Teórico (capítulo 1). O quadro 2 (pag. 29) apresenta uma síntese das classes ecodinâmicas: o balanço morfogênese e pedogênese, a vulnerabilidade ambiental e a sustentabilidade ambiental.

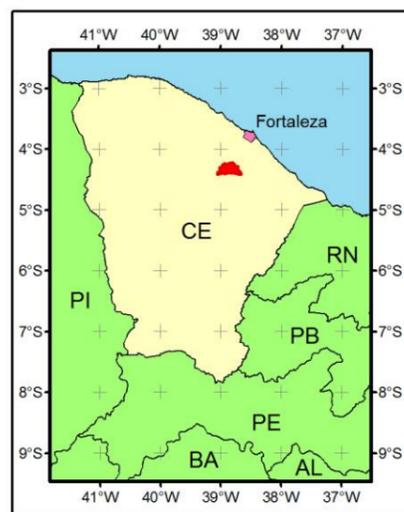
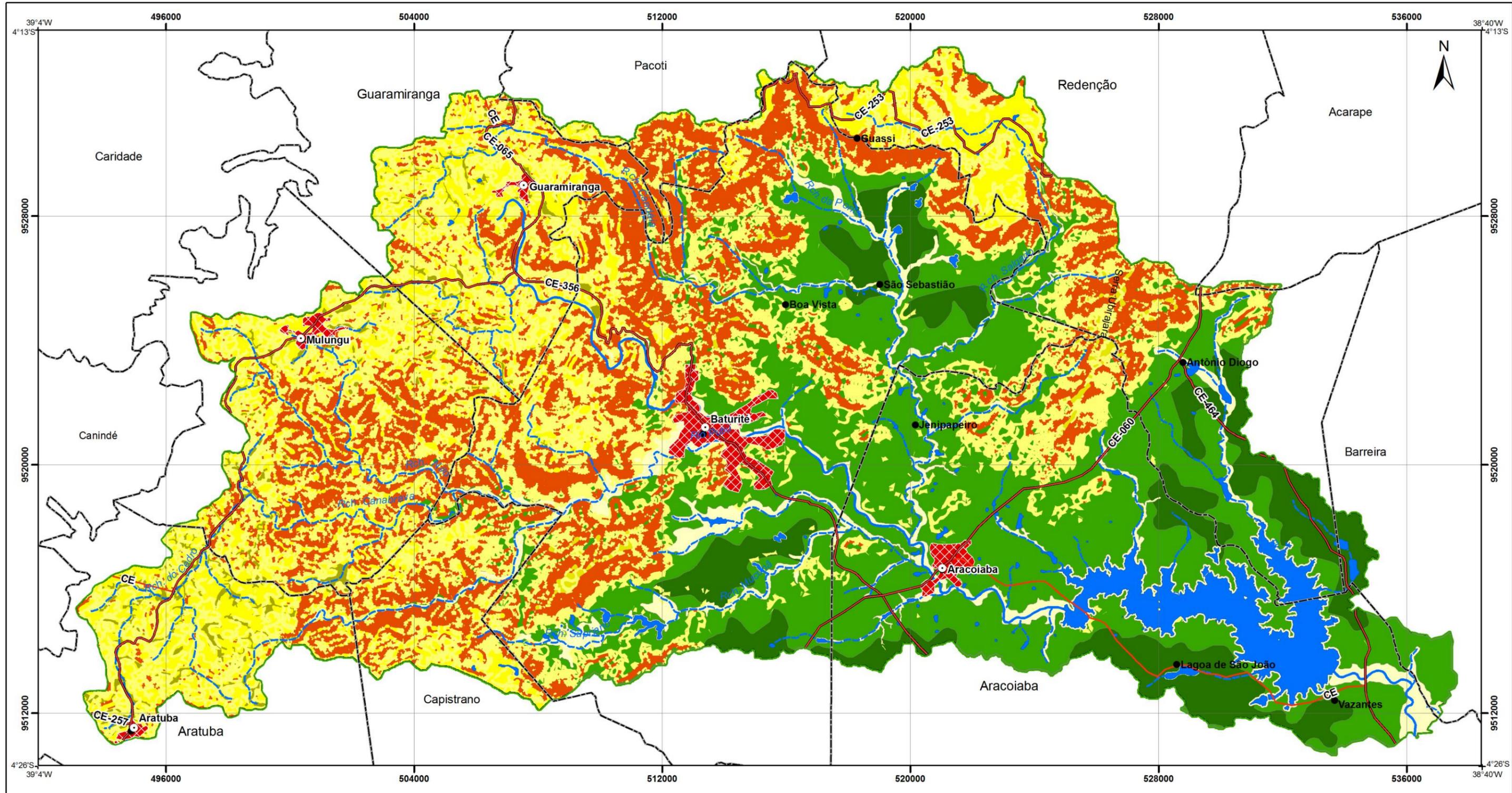
Com base na metodologia abordada anteriormente, o mapeamento do grau de vulnerabilidade dos sistemas ambientais (mapa 10) da sub-bacia do rio Aracoiaba foi elaborado levando em consideração o uso e ocupação da área, que tem modificado, sobremaneira, a paisagem natural da sub-bacia.

As categorias de vulnerabilidade ambiental dos sistemas da sub-bacia do Aracoiaba estão destacadas no quadro 08.

Quadro 08: Vulnerabilidade Ambiental nos Sistemas Ambientais na sub-bacia do Aracoiaba.

| GRAUS DE VULNERABILIDADE | | SISTEMAS AMBIENTAIS |
|---------------------------------|---|---|
| Alta |  | * Vertentes Íngrimes com declive > 20%, caracterizando relevo forte ondulado e relevo montanhoso. |
| Moderada |  | * Relevo Ondulado |
| |  | * Cristas |
| |  | * Planície Fluvial |
| |  | * Planície Alveolar |
| |  | * Platô Central Úmido |
| |  | * Platô Meridional |
| |  | * Vertente Setentrional |
| |  | * Vertente Oriental Úmida |
| Nula ou muito Baixa |  | * Depressão Sertaneja |
| |  | * Tabuleiros Interiores |

Fonte: Autora.



SINAIS CONVENCIONAIS

LIMITES

- Distritos
- Sede Municipal
- ▨ Área Urbana
- ▭ Limite da Sub-bacia do rio Aracoiaba
- Limites Municipais

ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS

- Drenagem
- Açude

RODOVIAS

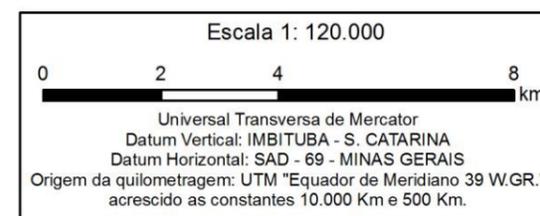
- CE Pavimentada
- CE Carroçável

GRAUS DE VULNERABILIDADE

| | |
|---------------------|--|
| Alta | |
| Moderada | |
| Nula ou muito Baixa | |

SISTEMAS AMBIENTAIS

| | |
|----------|---|
| Alta | * Vertentes Íngremes com declive > 20%, caracterizando relevo forte ondulado e relevo montanhoso. |
| Moderada | * Relevo Ondulado |
| | * Cristas |
| | * Planície Fluvial |
| | * Planície Alveolar |
| | * Platô Central Úmido |
| | * Platô Meridional |
| | * Vetente Setentrional |
| | * Vetente Oriental Úmida |
| | * Vetente Oriental Sub-Úmida |
| | * Depressão Sertaneja |
| | * Tabuleiros Interiores |



FONTE: Limites Municipais: IPECE - 2010.



Universidade Estadual do Ceará - UECE
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PROP GEO
Mestrado



MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL
MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS
DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARACOIABA:
SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO TERRITORIAL.

Geyziane Lima de Castro
PROP GEO/UECE, gezylicastro@gmail.com
Maria Lúcia Brito da Cruz
PROP GEO/UECE, mlbcruz@gmail.com

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento dos sistemas ambientais e os estudos realizados na sub-bacia hidrográfica do rio Aracoiaba, através da metodologia sistêmica e dos recursos geotecnológicos, ajudaram a espacializar e a compreender uma série de impactos existentes na área de estudo devido aos tipos irregulares de uso e a falta do planejamento territorial.

A poluição dos recursos hídricos, o desmatamento indiscriminado, a erosão dos solos, as queimadas, tem descaracterizado ambientes que anteriormente tinham dinâmica progressiva, a se tornarem ambientes vulneráveis.

Ao longo da pesquisa observou-se a deficiência de planejamento nos municípios inseridos na sub-bacia, e a pequena atenção do poder público aos problemas ambientais identificados. Mesmo nas áreas legalmente protegidas como a APA de Baturité, e as APP's verificou-se a ausência da aplicabilidade da legislação ambiental.

No alto curso da sub-bacia a especulação imobiliária, a instalação de casas e condomínios como segunda residência, a degradação das nascentes fluviais e contaminação dos recursos hídricos, as lavouras e a pecuária em lugares impróprios, evidenciam a ocupação desordenada que compromete a capacidade de suporte dos sistemas ambientais que se configuram no maciço.

No baixo curso da sub-bacia também se evidencia a degradação e contaminação dos recursos hídricos, as queimadas, o desmatamento indiscriminado, a pecuária extensiva e a agricultura de técnicas rudimentares, que também comprometem a capacidade de suporte dos sistemas ambientais identificados.

Os mapas temáticos evidenciaram as semelhanças e diferenças ambientais dentro da sub-bacia e foram essenciais na delimitação dos sistemas ambientais e na elaboração do mapa de vulnerabilidade.

Constatou-se que no geral, a sub-bacia tem ambientes com muitas potencialidades, e que essas potencialidades não são exploradas da melhor forma que beneficie a população.

Diante disso, o mapa dos sistemas ambientais e o seu quadro síntese que contém a capacidade de suporte, e a estratégia de uso de cada unidade ambiental em conjunto com mapa de vulnerabilidade ambiental esboçam propostas de uso para o planejamento territorial, e além dessas sugere-se: intensificar a fiscalização ambiental nas Unidades de Conservação e nas APP's inseridas na sub-bacia, criar e ampliar as obras de infraestrutura para minimizar problemas de saneamento básico (abastecimento de água, captação e tratamento de esgoto e resíduos sólidos) nas áreas urbana e rural, Criar um banco de dados

com informações socioeconômicas e ambientais, Mapear e monitorar as queimadas e os desmatamentos, Capacitar os agricultores, para que eles possam aumentar sua produção minimizando os impactos negativos da agricultura no meio ambiente, Criar programa de recuperação das matas ciliares e Promover oficinas de educação ambiental nas escolas e nos municípios inseridos na sub-bacia,

Em vista de tudo que foi discutido, e em busca da sustentabilidade para transformar a realidade comum da população da sub-bacia do Aracoíaba, a presente pesquisa espera ter contribuído cientificamente, no sentido de instigar uma mudança de postura na sociedade civil para a elaboração de políticas públicas por parte do poder Executivo resguardando os recursos remanescentes e recuperando áreas degradadas, garantindo assim, um ambiente equilibrado para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, Aziz. Nacib. **O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas Brasileiras**. In Geomorfologia. V.43. São Paulo, 1974.

AB'SABER, Aziz. Nacib. **Sertões e Sertanejos: Uma Geografia Humana Sofrida**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Análise geoambiental como subsídio ao planejamento territorial do município de Maracanaú, Ce.** (Dissertação de mestrado). PROP GEO – UECE, 2005.

BASTOS, Frederico Holanda. **Guaramiranga: propostas de zoneamento e manejo ambiental**. (Dissertação de Mestrado). PRODEMA/UFC, 2005.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2. ed. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1975.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da & BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Org. Erosão e Conservação de Solos. BERTRAND Brasil, 1999. Rio de Janeiro.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado; SILVA, Antonio Soares da. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In VITTE, Antônio Carlos; GUERRA, Antônio José Teixeira. Org. Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. BERTRAND Brasil, 2010. – 4ªed. - Rio de Janeiro.

BRASIL. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife, 1973. DNPEA/DPP-SUDENE/DRN. Recife, 1973.

CARVALHO, Gleuba Maria Borges de Souza; FILHO, Mario Valério; MEDEIROS, José Simeão de. **Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na identificação da erosão dos solos na bacia do rio Aracoiaba – Ce**. Anais do VII SBSR – Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1993.

CARVALHO, Joseane Carina Borges de Carvalho; MATIAS, Lindon Fonseca. **Concepções teóricas e metodológicas do modelo digital do ambiente aplicadas ao zoneamento ambiental**. Simpósio de pós-graduação em Geografia do Estado de São Paulo – SIMPGEO-SP. VIII Seminário de pós-graduação em Geografia Unesp – Rio Claro, 2008.

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2º ed. – São Paulo: Contexto, 1995.
CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH. **Planejamento estratégico dos comitês de bacias hidrográficas do estado do Ceará 2004/2005**. Fortaleza, 2006.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de Sistemas em Geografia**. 1º ed. – São Paulo, Universidade de São Paulo: HUCITEC, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1º ed. – São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

CRISPIM, Andrea Bezerra. **Sistemas ambientais e vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti - Ce**: subsídios ao ordenamento territorial. (Dissertação de Mestrado). PROPGEO/UECE, 2011.

DER. Departamento Estadual de Rodovias. Mapa Rodoviário e Político 2011. Disponível em: <http://portal.der.ce.gov.br/images/M_images/mapa_rodoviario2011/mapa_rodoviario_2011_oficial_verso.pdf> Acesso em Dezembro de 2012.

FARIAS, José Airton de. **História da Sociedade Cearense**. Edições livro técnico. Fortaleza, 2004.

FERNANDES, Afrânio Gomes. **Fitogeografia Brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 1998.

FERNANDES, Afrânio Gomes; SILVA, Edson Vicente da; PEREIRA, Raimundo Castelo Melo. **Fitogeografia do Maciço de Baturité: uma visão sistêmica e Ecológica**. In: BASTOS, Frederico Holanda. Org. Serra de Baturité: Uma visão integrada das questões ambientais. Expressão Gráfica Editora. Fortaleza, 2011.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO Namir Giovanni da Silva. **Principais Sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos**

Pacífico e Atlântico no clima da Região. Revista brasileira de Climatologia. ABC, ano 1, dez 2005.

FUNCEME/SEMACE. Mapeamento da cobertura vegetal e do uso/ocupação do solo da APA da Serra de Baturité – CE. Fortaleza, 2006.

GUERRA, Antônio José Teixeira e MENDONÇA, Jane Karina Silva. **Erosão dos Solos e a Questão Ambiental.** In VITTE, Antônio Carlos e Guerra Antônio José Teixeira. Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004. 280p.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto, **Formação sócio-espacial e questão ambiental no Brasil.** IN: BECKER, Berta K. et al. Geografia e meio ambiente no Brasil. São Paulo: Uicitec, 1995.

IICA, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **Formulação de subsídios para a elaboração do zoneamento ecológico - econômico do núcleo original de desertificação de Gilbués,** estudo de caso dos municípios de Gilbués e Monte alegre, no estado do Piauí / IICA – Brasília: IICA, 2010. 200p.

LIMA, José Auricélio Gois. **Relação sociedade/natureza e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio coaçu – região metropolitana de fortaleza/ce:** subsídios ao planejamento ambiental. (Dissertação de Mestrado). PROPGEO/UECE, 2010.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **Geografia e meio ambiente.** 5° ed. – São Paulo: Contexto, 2001.

MOREIRA, Ruy. **O pensamento geográfico brasileiro, vol.1:** as matrizes clássicas originárias. 2° ed.- São Paulo: Contexto, 2010.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do; SAMPAIO, José Levi Furtado. **Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrals da Paisagem.** Revista da Casa de Geografia de Sobral, Sobral, v.6/7, n.1, p.167-179, 2004/2005.

NETTO, Ana L. Coelho. **Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia.** In GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA Sandra Baptista Cunha. Org. Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. BERTRAND Brasil, 1995. – 2° ed. – Rio de Janeiro.

PEREIRA, Raimundo Castelo de Melo, SILVA, Edson Vicente da, e RABELO, Francisco Davy Braz. **Aspectos Pedológicos e suas Relações com Processos Morfodinâmicos na Serra de Baturité.** In: BASTOS, Frederico Holanda. Org. Serra de Baturité: Uma visão integrada das questões ambientais. Expressão Gráfica Editora. Fortaleza, 2011.

QUEIROZ, Pedro Henrique Balduino. **Planejamento Ambiental Aplicado a um Setor da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti – CE.** (Dissertação de Mestrado). UFC, 2010.

RODRIGUES, Cleide. **A teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais.** Revista do Departamento de Geografia, nº14, p. 69-77. 2001.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento.** 6º ed. – São Paulo: Contexto, 2001.

SANTOS, Jader Oliveira. **Vulnerabilidade ambiental e áreas de risco na bacia hidrográfica do rio cocó – Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará.** (Dissertação de Mestrado). PROPGEO/UECE, 2006.

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

SEMACE. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Zoneamento Ambiental da **APA da Serra de Baturité:** Diagnóstico e Diretrizes. Fortaleza: SEMACE, 1991.

SEMACE. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **APA da Serra de Baturité.** Disponível em: <<http://antigo.semace.ce.gov.br/biblioteca/unidades/APABaturite.asp>> Acesso em Dezembro de 2012.

SILVA, João dos Santos Vila da [et al]. **Zoneamentos ambientais:** quando uma unidade territorial pode ser considerada homogênea? Revista brasileira de Cartografia nº 59/01, Abril, 2007.

SOUZA, Enio Resende de; FERNANDES, Maurício Roberto. **Sub-bacias hidrográficas unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais.** Disponível em: <<http://blog.fimes.edu.br/gildomar/files/2010/04/18028098-manejo-de-bacias-hidrograficas.pdf>> Acesso em: 14 de março de 2012.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará.** In: Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000.

SOUZA, Marcos José Nogueira de [et al]. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: Subsídios ao macrozoneamento ambiental e a revisão do Plano Diretor Participativo – PDPFor.** Prefeitura Municipal de Fortaleza. Fortaleza, 2009.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. **Questões metodológicas da geografia física.** Fortaleza: MAG-UECE, 2000.

SOUZA, Marcos José Nogueira. **Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do estado do Ceará.** In: Revista de Geologia do departamento de geologia da UFC. Vol. 1, nº1. Fortaleza, 1988.

SOUZA, Marcos José Nogueira; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal. **Os Enclaves Úmidos e Sub-Úmidos do Semiárido do Nordeste Brasileiro.** In: Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 09, 2006.

SOUZA, Marcos José Nogueira. **Análise ambiental e ecodinâmica das paisagens no semiárido.** Apostila da disciplina Análise ambiental e ecodinâmica das paisagens no semiárido. PROP GEO – UECE. Fortaleza, 2011.

SOUZA, Marcos José Nogueira. **Geomorfologia do vale do Choró.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Geografia – F.F.L.C.H. – USP, 1973.

SPRINGER, Kalina Salaib. **Concepções de natureza na geografia: reflexões a partir da produção científica do PPGG – UFPR.** (Dissertação de Mestrado). UFPR, 2008. p.70.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. **Geografia Física e Geomorfologia: Uma [Re]Leitura.** 1º ed. – Ijuí: Unijuí, 2002.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, FIBGE-SOPREN. 1977.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** PAX Gráfica e Editora Ltda, 2ª Edição, 532 págs, 2001.

XAVIER, Teresinha de Maria Bezerra. **Tempo de chuva:** estudos climáticos e de previsão para o Ceará e o Nordeste Setentrional. ABC Editora. Fortaleza, 2001.

ZACHARIAS, Andréa Aparecida. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental:** um estudo de caso no Município de Ourinhos-SP. (Tese de doutorado). UNESP – Rio Claro, 2006.

ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares. **Considerações sobre o clima e a hidrografia do maciço de Baturité.** In: BASTOS, Frederico Holanda. Org. Serra de Baturité: Uma visão integrada das questões ambientais. Expressão Gráfica Editora. Fortaleza, 2011.