



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA**

CLEUTON ALMEIDA DA COSTA

**MARCAS DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA DINÂMICA FLUVIAL NO
MÉDIO-BAIXO JAGUARIBE-CE**

**FORTALEZA
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CLEUTON ALMEIDA DA COSTA

**MARCAS DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA DINÂMICA FLUVIAL NO
MÉDIO-BAIXO JAGUARIBE-CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia. Área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

Orientadora: Prof^a. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

FORTALEZA
2009

C837m COSTA, Cleuton Almeida
Marcas da ocupação do solo na dinâmica fluvial no Médio- Baixo
Jaguaribe-CE / Cleuton Almeida da Costa. – Fortaleza, 2009.
143.p ; il.
Orientador: Prof^ª. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade
Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.
1. Rio Jaguaribe. 2. Erosão. 3. Enchentes. I. Universidade Estadual do
Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.

CDD: 631.45

CLEUTON ALMEIDA DA COSTA

**MARCAS DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA DINÂMICA FLUVIAL NO
MÉDIO-BAIXO JAGUARIBE-CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia. Área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

Conceito obtido: **Satisfatório com louvor**

Nota obtida: **10**

Defesa em: **10/06/2009**

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro
Universidade Federal do Ceará - UFC
(Orientadora)

Prof. Phd. Jáder Onofre de Moraes
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Prof^a. Dra. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dedico este trabalho aos habitantes do Vale do Jaguaribe, que sempre tiveram uma relação muito próxima com os ambientes fluviais. A toda população atingida pelas chuvas nos anos 2008 e 2009, pois seca e enchente são faces de uma mesma moeda que atingem a região jaguaribana.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa resulta de um sonho gestado ainda nos bancos da Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos (FAFIDAM), na qual conclui a minha graduação em Geografia no ano 2007. Incentivado pelos professores daquela instituição, trilhei o caminho da Pós-graduação no Mestrado Acadêmico em Geografia (MAG) da Universidade Estadual do Ceará, onde aprendi com grandes mestres que sempre estiveram solícitos às minhas indagações.

Agradeço aos professores do MAG (Daniel Pinheiro, Elmo Vasconcelos, Luzia Neide, Zenilde Baima, Flávio Rodrigues, Lúcia Mendes, Lúcia Brito e Marcos Nogueira), dos quais tive a felicidade de ser aluno. De forma especial, agradeço ao Professor Jáder Onofre de Moraes, que participou de trabalhos de campo, e à Professora Lidriana de Souza Pinheiro, que conduziu a orientação deste trabalho sempre de forma ponderada.

No LGCO, Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica, adquiri amigos (João, Gustavo, Mariana Navarro, Mariana, Carlos, Raquel, Tatiana Falcão, Sílvio), que compartilharam das alegrias e dificuldades na execução desta pesquisa. Dentre esta equipe, agradeço de forma especial à Judária Augusta Maia, Davis Pereira de Paula, Alex Costa da Silva e Aluizio dos Santos Araújo, os quais participaram diretamente dos trabalhos de campo e das análises laboratoriais e de geoprocessamento.

De outras instituições, expresso o meu agradecimento a Luiz José Almeida Correia e Frederico Holanda (SEMACE); Ricardo de Lima Brandão e José Francisco Rego e Silva (CPRM); José Gerardo, Raimundo Castelo e José Carlos (UFC). Do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), agradeço à Professora Marta Celina Linhares Sales, que acompanhou a execução deste trabalho durante o Seminário e Qualificação.

Outrossim, agradeço à Professora Irla Vanessa Andrade de Sousa Ribeiro, que participou da etapa de Qualificação da Dissertação, além da Professora Andrea Almeida Cavalcante, que desde a graduação me conduziu à pesquisa.

Durante os trabalhos de campo, tive o apoio de Araci, Daniel Neto (Modelo) e Djani (MacGyver). Agradeço também a eles e, de forma especial, ao Marcos Bryto, que compartilharam das experiências no rio Jaguaribe. Aos motoristas, que sempre foram pacientes, e às secretárias Júlia e Lúcia, pela ajuda nos assuntos burocráticos.

Agradeço a CAPES pelo financiamento da pesquisa, ao LGCO por disponibilizar os equipamentos indispensáveis às incursões ao rio Jaguaribe. À Prefeitura Municipal de Tabuleiro do Norte e São João do Jaguaribe, por conceder recursos para aquisição de transportes em alguns meses. Aos membros da Secretaria Municipal de Educação de São João do Jaguaribe, por acreditarem no êxito deste trabalho.

Agradeço aos amigos da Graduação – Flávia Simone, Jordanna, Sérgio Luís, Regina, Ângela, dentre outros – que durante as discussões acadêmicas me instigavam à pesquisa. Aos amigos conquistados no MAG (Diego, Paulo Massey, André Camaguira, Camila, Anna Emília, Elizabeth, Marisa, Luis, Keane, Paulo Valdenor), em especial Rosilene, Daniely e Fábio. Aos mestrandos da turma 2007 do PRODEMA da UFC, em particular Francinise e Ana Cristina, além de Sinhá Moreira, mestranda em Geografia/UFC.

Dos amigos Abraão, Rita, Marília e Sergiano, que me acolheram e incentivaram, possibilitando uma melhor adaptação durante os primeiros meses longe de casa, sempre levarei as boas lembranças deste convívio. À amiga Bernadete Freitas sou grato pelos debates científicos durante os cafezinhos da tarde.

Não poderia me eximir de falar dos meus amigos tabuleirenses (Evilázio, Deca, Hilda, Nilda, Napoleão e Dona Maria *In memoriam*): obrigado por terem compartilhado das alegrias durante a seleção e aprovação no Mestrado. Agradeço a Erivanir, que de forma especial sempre esteve ao meu lado mesmo nas horas difíceis.

Por último, enalteço o apoio de minha família, que sempre acreditou nos meus sonhos. De forma especial agradeço à minha mãe, Judite Moreira de Almeida, e ao meu pai, Zacarias Rebouças da Costa *In memoriam*, que sempre zelaram pela minha formação nos bancos de escolas públicas, além de mostrar os valores indispensáveis à vida social.

“A paisagem é sempre uma herança. Na verdade ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente a herdaram como território de atuação de suas comunidades”.

(AB' SÁBER, 2003, p. 9)

RESUMO

As correntes fluviais constituem agentes indispensáveis no processo de evolução morfológica da superfície da terra, atuando fortemente na dissecação do relevo. Nas áreas mais rebaixadas, os rios vão perdendo sua competência em transportar sedimentos, proporcionando a formação das planícies, através de processos deposicionais e de sedimentação. No Estado do Ceará, apesar da irregularidade hídrica fluvial, foi a partir desse espaço que se iniciou a colonização de suas terras. A área em estudo situa-se na porção leste do Estado, mais precisamente na área de transição do médio para o baixo curso da Bacia Hidrográfica do rio Jaguaribe. O recorte espacial da bacia possui uma área de aproximadamente 3.556 Km². Nesta pesquisa, busca-se analisar a tipologia de uso/ocupação e suas implicações na produção de sedimentos no médio-baixo Jaguaribe, objetivando fornecer subsídio para a gestão ambiental. O entendimento da dinâmica fluvial a partir de uma visão integrada dos elementos naturais, associado ao estabelecimento do conjunto de atividades desenvolvidas na área, implicou na utilização do método sistêmico. As transformações sócio-espaciais ocorridas na região jaguaribana, principalmente a partir de meados do século XX, têm implicações significativas na dinâmica fluvial do rio Jaguaribe. A construção de açudes proporciona o remodelamento da paisagem, retendo a maior parte de sedimentos que flui de áreas montantes, além de impulsionar algumas atividades econômicas que intensificam a erosão do solo. Das coletas realizadas do rio Jaguaribe nos meses de março, maio, junho e agosto de 2008, com exceção do mês de maio, as vazões variaram de 6,1 a 9,8 m³/s. No mês excetuado foi registrado maior deflúvio, cuja vazão no município de São João do Jaguaribe atingiu 364 m³/s, transportando 15.688 ton/mês de material em suspensão. Apesar do controle hidrológico exercido por grandes açudes na bacia do Jaguaribe, em anos em que as chuvas excedem a média histórica, como observados em 2008 e 2009, as cidades jaguaribanas são atingidas por inundações, gerando transtornos à população local. O sistema deposicional do rio Jaguaribe reflete a sazonalidade pluviométrica que se estabelece em sua bacia, ora transportando mais sedimentos nos períodos de chuvas, ora menos no período de estiagens. É essa irregularidade que imprime nesta bacia uma paisagem singular.

Palavras-chave: Rio Jaguaribe. Erosão. Enchentes.

ABSTRACT

The water flows are essential agents during the morphological evolution process of the earth surface, working hard at dissecting the relief. In the more depressed areas, the rivers lose their competence to carry sediments, providing the formation of plains, by means of deposition and sedimentation processes. Despite the irregular river water, the colonization of lands in the State of Ceará started in that region. The studied area is in the east of the State, precisely in the transition area from the medium to the lower course of Jaguaribe River Basin. The spatial clipping of the basin is an approximate area of 3,556km². This research analyzes the use/occupation typology and its implications for sediment production in the medium-lower Jaguaribe, aiming at offering subsidies for environmental management. The understanding of river dynamics from an integrated view of natural elements, associated to the establishment of a set of activities developed in that area, resulted in the use of the systemic method. The socio-spatial changes in Jaguaribe region, especially from the mid-twentieth century on, have significant implications in the river dynamics of Jaguaribe River. The construction of dams provides the landscape remodeling, retaining most of sediment flowing in the areas and boosting some economic activities that intensify soil erosion. According to data collected in Jaguaribe River in March, May, June and August 2008, the outflow ranged from 6.1 to 9.8m³/s. In May a superior runoff was registered, the outflow in the city of São João do Jaguaribe reached 364m³/s, carrying 15,688 tons per month of material in suspension. Despite of the hydrological control carried out by great dams in Jaguaribe basin, in the years when rainfalls exceed historical average, as observed in 2008 and 2009, the Jaguaribe cities are flooded, causing inconvenience to local population. The depositional system of Jaguaribe River reflects the seasonal rainfall settled in its basin, sometimes carrying more sediment during the rainy season, some other times less during the drought. It is this irregularity that prints in this basin a unique landscape.

Key-words: Jaguaribe River. Erosion. Flood.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Mapa de Uso/cobertura vegetal.....	65
Mapa 2 - Mapa dos Sistemas Ambientais.....	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização dos postos pluviométricos da bacia.....	82
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala granulométrica de Wentworth.....	47
Tabela 2 - Granulações, profundidades e tempos para análises granulométricas por Pipetagem.....	48
Tabela 3 - Precipitações registradas entre os meses de fevereiro e maio de 2008, nas regiões pluviometricamente homogêneas do Estado do Ceará.....	85
Tabela 4 - Vazões liberadas pelo açude Castanhão (2008).....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.....	22
Figura 2 - Fluxograma Metodológico Esquemático.....	36
Figura 3 - Pontos de monitoramento.....	38
Figura 4 - Ponto 1 (São João do Jaguaribe).....	38
Figura 5 - Ponto 2 (Peixe Gordo).....	38
Figura 6 - Ponto 3 (Sítio Morros).....	38
Figura 7 - Uso do ADCP para medir vazão do rio Jaguaribe em 12-05-2008.....	40
Figura 8 - Utilização do Molinete em trabalhos de campo no rio Jaguaribe.....	40
Figura 9 - Perfil transversal da seção molhada do rio Jaguaribe em tempo real através da utilização de um ADCP (Sítio Morros - 05/2008).....	42
Figura 10 - Garrafa de integração vertical utilizada nas coletas de material em suspensão.....	43
Figura 11 - Distribuição da velocidade da corrente, concentração de sedimentos e da descarga sólida em suspensão nos cursos fluviais.....	45
Figura 12 - Localização da Mesorregião do Jaguaribe.....	49
Figura 13 - Demarcação da primeira Sesmaria do Jaguaribe em 1708.....	50
Figura 14 - Testemunho do plantio de carnaúbas (São João do Jaguaribe-CE)	56
Figura 15 - Principais atividades econômicas desenvolvidas na Bacia (1900 - 1950/1950-2008).....	61
Figura 16 - Plantação de feijão nas margens do rio Jaguaribe.....	63
Figura 17 - Inundação de casas na cidade de São João do Jaguaribe.....	63
Figura 18 - Depressão Sertaneja - Município de Iracema (Out./2008).....	67
Figura 19 - Vegetação de Caatinga no período chuvoso (maio/2008).....	68
Figura 20 - Bacia do Médio Jaguaribe.....	70
Figura 21 - Maciço residual da Serra do Pereiro (Município de Erêre).....	71
Figura 22 - Visão panorâmica da Chapada do Apodi.....	72
Figura 23 – Espessura dos solos do tipo Argissolos recobrimdo os Tabuleiros..	74
Figura 24 - Planície Fluvial do rio Jaguaribe nas proximidades de Peixe Gordo	75
Figura 25 - (A) Mapa de drenagem atual; (B) Nova proposta de classificação de Maia (2005).....	77
Figura 26 - Imagem do satélite NOA, mostrando a ação da ZCIT no Ceará.....	81
Figura 27 - Célula de Walker em condições de El Niño.....	82
Figura 28 - Distribuição das chuvas no intervalo de 30 anos (1979-2008).....	83

Figura 29 - Anomalias de Temperatura na Superfície do Mar (TSM) em março de 2008.....	84
Figura 30 - Variação mensal das precipitações na bacia hidrográfica estudada no ano 2008.....	85
Figura 31 - Variação mensal das precipitações e evaporação na bacia hidrográfica do rio Figueiredo.....	86
Figura 32 - Vazão média mensal do rio Figueiredo no período de 2000-2007 e no ano de 2008.....	88
Figura 33 - Médias históricas da vazão do rio Jaguaribe na localidade de Peixe-Gordo no período de 1961-2002, 1998-2008 e em 2004.....	89
Figura 34 - Vazão do rio Figueiredo no mês de janeiro de 2004.....	90
Figura 35 - Vazão diária do rio Jaguaribe na localidade de Peixe-Gordo no ano de 2008.....	91
Figura 36 - Perfis topográficos da seção molhada em São João do Jaguaribe no ano de 2008.....	95
Figura 37 - Perfil da seção molhada do rio Jaguaribe em S. João, contendo a velocidade de corrente (cm/s) no dia 12 de maio de 2008.....	96
Figura 38 - Campos de velocidade da seção de Peixe Gordo (março de 2008).	97
Figura 39 - (A) Campos de velocidade da seção molhada de Peixe Gordo, no Médio Jaguaribe, em maio de 2008. (B) Visão panorâmica do rio Jaguaribe em Peixe Gordo em abril de 2008.....	98
Figura 40 - Campos de velocidade da seção de Peixe Gordo nos meses de junho e agosto de 2008.....	99
Figura 41 - Campos de velocidade da seção do Sítio Morros nos meses de março, junho e agosto de 2008.....	100
Figura 42 - Perfil da seção molhada do rio Jaguaribe no S. Morros contendo a velocidade de corrente (cm/s) no dia 12 de maio de 2008.....	101
Figura 43 - Granulometria dos sedimentos (A) Seção de São João do Jaguaribe (B) Peixe Gordo (C) Sítio Morros.....	104
Figura 44 - Afloramento rochoso na margem direita do rio Jaguaribe (Sítio Morros).....	105
Figura 45 - Vazão do rio Jaguaribe medida nos meses de março, maio, junho e agosto de 2008 nos pontos monitorados.....	108
Figura 46 - Abertura das comportas do açude Castanhão (Abril/2008).....	109
Figura 47 - Destruição de parte da estrutura da passagem molhada que liga os municípios de Tabuleiro do Norte e Limoeiro do Norte – CE.....	110
Figura 48 - Vazão do rio Jaguaribe na seção de Peixe Gordo (Out/2006 - Dez/2008).....	111
Figura 49 - Variação mensal da concentração de sedimentos nos pontos monitorados.....	113
Figura 50 - Passagem molhada – Tabuleiro/Limoeiro.....	114
Figura 51 - Rompimento da Passagem molhada Tabuleiro/Limoeiro.....	116
Figura 52 - Descarga sólida dos principais rios brasileiros.....	118
Figura 53 - Descarga sólida do rio Jaguaribe nos pontos monitorados.....	120

Figura 54 – Bifurcação dos rios Jaguaribe/Quixeré (Abril/2008).....	122
Figura 55 - Relação vazão/concentração dos pontos monitorados por Cavalcante et al. (2007). Medição realizada em setembro de 2006.....	124
Figura 56 - Relação vazão/concentração dos pontos monitorados por Cavalcante et al. (2007). Medição realizada em janeiro de 2007.....	125
Figura 57 – Percentual da descarga sólida em São João do Jaguaribe.....	125
Figura 58 – Percentual da descarga sólida em Peixe Gordo.....	126
Figura 59 – Percentual da descarga sólida no Sítio Morros.....	126
Figura 60 - Planície Fluvial do rio Jaguaribe (São J. do Jaguaribe/ fev 2008)....	127
Figura 61 - Planície Fluvial do rio Jaguaribe (São J. do Jaguaribe/ abril 2008)..	127
Figura 62 - Danificação da passagem molhada de São João do Jaguaribe.....	128
Figura 63 - Retirada de areia da passagem molhada Tabuleiro do Norte/ Limoeiro do Norte.....	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
ANA	Agência Nacional de Água
APA	Área de Proteção Ambiental
BNB	Banco do Nordeste
CCM	Complexo Convectivos de Mesoescala
CE	Ceará
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNAEE	Departamento Nacional de Energia Elétrica
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EEUU	Estados Unidos
ENOs	El Niño-Oscilação Sul
ETM	Enhanced Thematic Mapper
FAFIDAM	Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GEIDA	Grupo Executivo para Irrigação e Desenvolvimento Agrícola
GEVJ	Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe
GPS	Global Positioning System
GTDN	Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDACE	Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará
IFOCS	Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas
LGCO	Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica
LI	Linha de Instabilidade
MES	Material em suspensão
PIMN	Perímetro Irrigado de Morada Nova
PIN	Programa de Integração Nacional

PMTN	Prefeitura Municipal de Tabuleiro do Norte
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNM	Pressão ao Nível do Mar
PROMOVALE	Programa de Valorização Rural do Baixo e Médio Jaguaribe
RFF	Repercussões das Frentes Frias
SAG	Sistema de Análise Granulométrica
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TSM	Temperatura na Superfície do Mar
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transverse Mercator
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

xvi

INTRODUÇÃO	17
1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO- METODOLÓGICO	26
2.1 Procedimentos Metodológicos	35
2.1.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico.....	35
2.1.2 Sensoriamento remoto e Geoprocessamento.....	36
2.1.3 Contexto histórico da ocupação da bacia.....	37
2.1.4 Morfodinâmica de canais.....	37
2.1.5 Campos de velocidade e vazão.....	40
2.1.6 Material em suspensão e descarga sólida.....	43
2.1.7 Sedimentologia do leito.....	46
3 OS CURRAIS DE GADO À AGRICULTURA MECANIZADA: panorama da ocupação dos ambientes fluviais no Baixo e Médio Jaguaribe	49
3.1 Ciclo da cera de carnaúba	54
3.2 Modernização agrícola no Baixo Jaguaribe	57
4 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS	66
4.1 Sertões Moderadamente Dissecados do Médio Jaguaribe	66
4.2 Maciço Residual da Serra do Pereiro	69
4.3 Rebordo e Patamares da Chapada do Apodi	71
4.4 Tabuleiros Interiores	73
4.5 Planície Fluvial	75
5 CONTEXTO HIDROCLIMATOLÓGICO	80
6 DINÂMICA DO CANAL FLUVIAL	94
6.1 Hidrologia e Características Morfológicas dos Canais	94
6.2 Registro da morfodinâmica e hidrodinâmica nos sedimentos de fundo	102
7 CONTEXTO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO MÉDIO-BAIXO JAGUARIBE	107
7.1 Regime de vazões	107
7.2 Concentração de sedimentos	111
7.3 Descarga sólida	118
CONCLUSÃO	130
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	134

INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, os ambientes fluviais forneceram condições para a fixação do homem por apresentarem dois requisitos essenciais à sobrevivência humana: solo e água. Esses dois elementos tornaram-se a base para o surgimento de grandes civilizações ao longo dos séculos, e, a título de exemplo, é notório mencionar a importância do rio Nilo para o Egito, pois, mesmo situado em áreas desérticas, durante as inundações sazonais, depositava nutrientes fundamentais à exploração agrícola.

No território que corresponde ao atual Estado do Ceará, apesar da irregularidade hídrica fluvial, foi nos ambientes fluviais que se iniciou a colonização de suas terras. Através dos leitos dos rios secos, pouco a pouco os rebanhos foram avançando pelo sertão, surgindo pequenas fazendas que deram origem com o tempo às Vilas. “[...] As primeiras vilas localizavam-se nas proximidades das margens dos rios, facilitando assim a obtenção de água e o aproveitamento dos solos mais férteis para a agricultura de subsistência.” (SOUSA, 2005, p. 18).

Seguindo os cursos fluviais do Jaguaribe e do Acaraú, o colonizador conseguiu adentrar as terras cearenses. Os rios, durante a maior parte do ano, apresentam-se como verdadeiras estradas de areias, o que desafia a permanência do europeu colonizador, que, além da deficiência hídrica, tinha que se adaptar ao clima semi-árido.

A própria vegetação de caatinga, com seus galhos espinhentos, era um verdadeiro escudo a ser vencido na conquista dos sertões. Neste sentido, Ab’ Sáber (2003) acentua que o uso de animais de montaria foi o principal sistema de transporte dos sertões nordestino, “[...] facilitando os deslocamentos de pessoas e mercadorias pelo leito seco dos rios, pelas veredas situadas à margem de pequenas e estreitas matas ciliares ou pelos primeiros caminhos rasgados nos dorsos das colinas sertanejas.” (p. 96).

As correntes fluviais constituem agentes indispensáveis no processo de evolução morfológica da superfície da terra, atuando fortemente na dissecação do relevo. Nas áreas mais rebaixadas, os rios vão perdendo sua competência em

transportar sedimentos, proporcionando a formação das planícies através de processos deposicionais e de sedimentação.

Segundo Riccomini et al. (2003), as planícies fluviais são feições típicas de acumulação reflexos do trabalho que os rios executam: erosão em seu alto curso, transporte no médio curso e deposição em baixo curso. “Apesar do significado espacial pouco representativo, as planícies fluviais por suas potencialidades naturais, constituem ambientes de exceção nas depressões sertanejas semi-áridas” (SOUZA, 1988, p. 78).

A situação hídrica no Nordeste reflete as influências de suas condições naturais, em especial as ligadas a litologia dos terrenos e à irregularidade e má distribuição das chuvas. A distribuição da precipitação dentro do território cearense relaciona-se com a atuação de diferentes sistemas atmosféricos sobre os fatores geográficos locais e regionais. (ZANELLA, 2005).

Nas regiões serranas, a exemplo do Planalto da Ibiapaba e nas áreas que ficam a barlavento da serra de Baturité, as precipitações chegam muitas vezes a ultrapassar 1700 mm anuais. No litoral, apesar das chuvas não acompanharem o mesmo padrão das encontradas nas serras, as precipitações ficam na casa de 1000 a 1350 mm anuais. Contrastando com o perfil pluviométrico observado nas outras unidades ambientais, no sertão, que possui maior dimensão territorial no Ceará, a pluviometria varia de 550 a 850 mm, e em alguns locais é inferior a 550 mm, a exemplo de Irauçuba e do Sertão dos Inhamuns (ZANELLA, 2005).

Apesar das chuvas serem razoáveis em comparação com outras regiões semi-áridas do mundo, a alta taxa de evaporação, que chega a ultrapassar 2000 mm (TEIXEIRA, 2004), associada ao domínio de terrenos cristalinos, reflete na intermitência dos rios. Isto reduz o armazenamento natural da água no subsolo, sendo necessária a sua acumulação artificial nos diversos barramentos distribuídos no espaço cearense.

Outra característica importante para a hidrossedimentologia é o regime torrencial, com aproximadamente 80% do volume das chuvas concentrada em um período de 3 a 5 meses (BRASIL, 1996). As máximas vazões advindas de eventos climáticos extremos são relevantes na evolução morfológica dos canais fluviais e da planície fluvial em curto prazo.

Para equacionar o problema da escassez hídrica no Estado do Ceará, onde a semiaridez chega a se espacializar por 92% do seu território, Teixeira (2004) afirma que a construção de pequenos barramentos em rios e riachos foi a principal ação do Governo provincial até 1848.

Os maiores açudes do Estado datam da década de 1960, a partir da construção do açude Orós com 1,94 bilhões de m³ (1961) e do Arrojado Lisboa (Banabuiú) com 1,7 bilhões de m³ em 1966, ambos na bacia do Jaguaribe. Atualmente, o Ceará possui aproximadamente 5 mil açudes, entre públicos e particulares, onde 131 são monitorados pela COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará), dentre os quais o Castanhão merece destaque, pois é o maior do Estado do Ceará, com capacidade de acumular 6,7 bilhões de m³ d'água.

A açudagem e o controle de vazões têm papel relevante na evolução geomorfológica dos canais, processos erosivos e de sedimentação no Vale do Jaguaribe, e que por sua vez controlam a disponibilidade e a qualidade dos Recursos Hídricos.

O desmatamento, seja para a agricultura de sequeiro e/ou irrigada e áreas de pastagens, tem provocado a remoção dos horizontes superficiais do solo, aumentando consideravelmente a produção de sedimentos que têm quase sempre como destino final o rio. Exemplo disto é a grande quantidade de sedimentos, que a partir do fluxo hídrico convergem para os canais fluviais e contribuem para o assoreamento destes, considerando a ineficiência de transporte da maioria dos rios semiáridos. Assim aumentam as possibilidades de inundações nas comunidades que vivem próximo às margens dos canais de drenagem, pois, não encontrando o caminho bem delimitado para fluir suas águas, os rios expandem-se lateralmente.

A alta concentração de sedimentos nos corpos hídricos reflete diretamente na qualidade da água para consumo humano ou para dessedentação de animais. Portanto, o entendimento sobre a dinâmica fluvial do rio Jaguaribe, no contexto histórico dos agentes produtores do espaço, objetivo deste trabalho, é primordial para uma melhor gestão de sua bacia hidrográfica. A falta de planejamento adequado para a mesma reflete nas comunidades ribeirinhas, onde os impactos são percebidos de forma mais expressiva.

Considerado tema de grande relevância no Século XXI, as questões relacionadas à disponibilidade hídrica mundial não poderiam estar desvinculadas dos problemas advindos da forma inadequada de ocupação dos ambientes fluviais.

A mudança das funções socioeconômicas exercida pelo rio refletiu em alterações do fluxo de matéria e energia entre seus componentes ambientais. Portanto, o conhecimento dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos na área de transição do médio para o baixo curso desta bacia constitui ferramentas importantes para subsidiar melhor as formas de uso desses espaços. Em face do exposto, os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Analisar o histórico de uso/ocupação dos ambientes fluviais nas microrregiões do Baixo e Médio Jaguaribe, buscando compreender a relação entre usos econômicos e a produção de sedimentos na bacia estudada;
- Entender de forma sistêmica a susceptibilidade à erosão dos diferentes Sistemas Ambientais inseridos na área de transição do médio para o baixo curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe;
- Caracterizar o comportamento hidrossedimentológico sazonal do rio Jaguaribe, fornecendo subsídios aos programas de manejo ambiental.

Dessa forma, este trabalho foi estruturado em cinco capítulos que abordam o panorama da ocupação dos ambientes fluviais do Baixo e Médio Jaguaribe, as peculiaridades e usos dos Sistemas Ambientais, a hidroclimatologia no contexto histórico, a dinâmica em curto prazo do canal fluvial e o que todas essas variáveis integradas repercutem na hidrossedimentologia do médio e baixo curso, discutidas no último capítulo.

1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe ocupa uma área de 74.621 km², representando 48% da área do Estado do Ceará (SOUZA; OLIVEIRA; GRANGEIRO, 2002). Esta bacia é subdividida em cinco sub-bacias (Baixo, Médio e Alto Jaguaribe, Banabuiú e Salgado). A área em estudo situa-se na porção leste do Estado do Ceará, mais precisamente na área de transição do médio para o baixo curso da bacia do rio Jaguaribe (Figura 1). O recorte espacial da bacia de drenagem possui uma área de aproximadamente 3.556 km², englobando pequenas micro-bacias como a do Riacho do Bezerra e da Lagoa da Salina, além da bacia do rio Figueiredo, que contribuem para o aumento da vazão do rio Jaguaribe no período de chuvas.

A partir do açude Castanhão, limite escolhido dentro da bacia do Médio Jaguaribe, o rio Jaguaribe recebe a contribuição de pequenos tributários, drenando o território dos seguintes municípios: Jaguaribara, Alto Santo, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte e Limoeiro do Norte.

Esses tributários e canais secundários circundam rochas do Pré-cambriano e do Cretácio; e, ainda que com menor expressão, as dos Tércio-Quaternários e Quaternários. As rochas pertencentes ao Pré-cambriano são representadas pelo Embasamento, Suítes Granitóides, Metadioritos e Quartzitos (BRASIL, 1981). O Embasamento cristalino possui maior abrangência espacial. Apresenta solos pouco desenvolvidos que, associados à irregularidade pluviométrica, não suportam o desenvolvimento de uma vegetação de maior porte, sendo colonizados exclusivamente pela vegetação de Caatinga.

Manchas de Quartzitos, Metadioritos e Suítes Granitóides são observadas. Dentre estas, merece destaque os Suítes Granitóides que compõe a Serra do Pereiro, servindo de limite entre a bacia do rio Figueiredo e a bacia do rio Jaguaribe (BRASIL, 1996).

Os terrenos Cretáceos compõem basicamente a Formação Jandaíra, situados nos rebordos e patamares da Chapada do Apodi pertencente à bacia sedimentar Potiguar, bordejando praticamente toda a margem direita do canal fluvial do rio Jaguaribe.

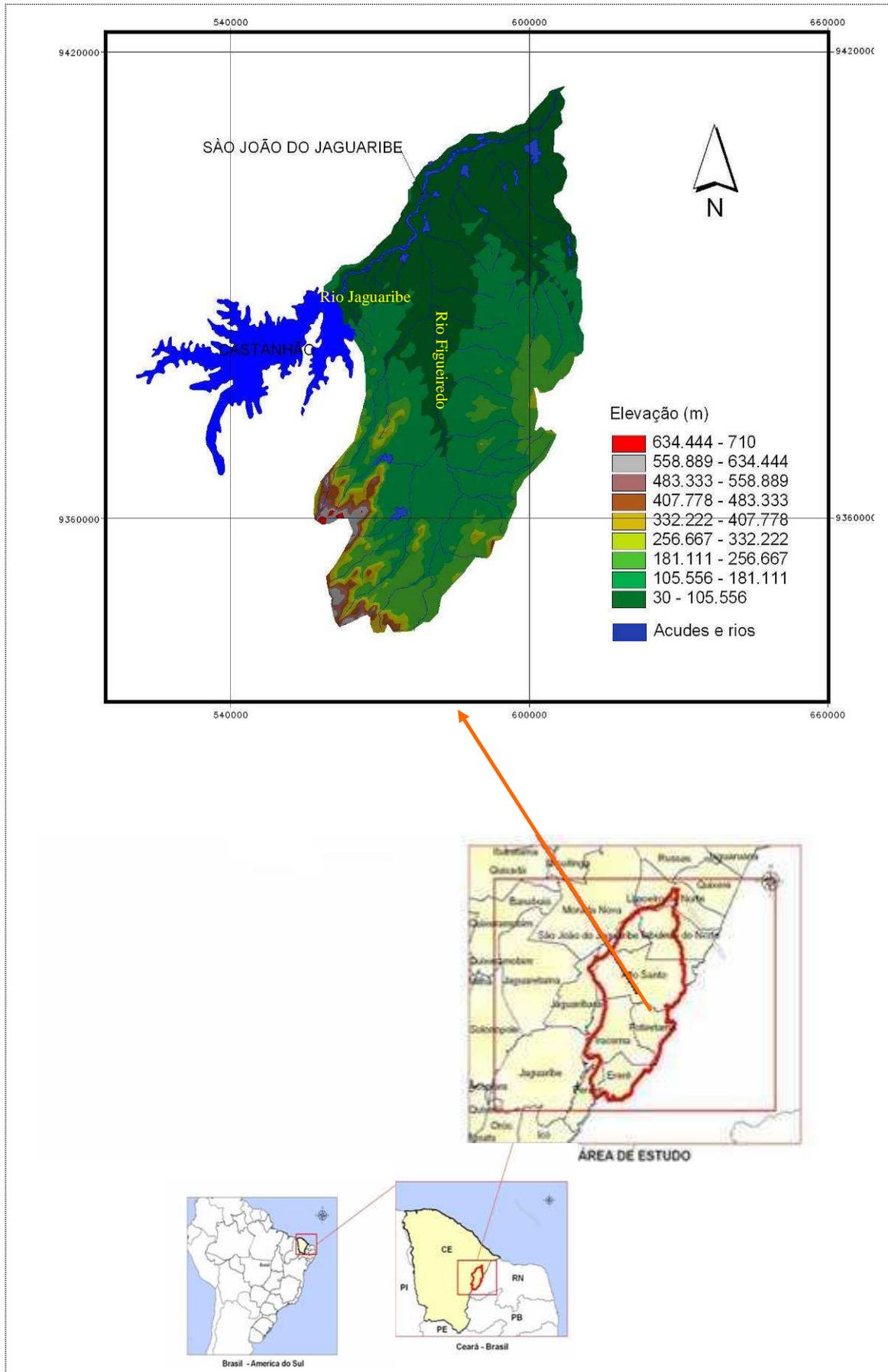


FIGURA 1 – Localização da área de estudo. *

* Todas as figuras presentes neste trabalho não referenciadas são de produção pessoal.

Dentre as litologias que possui menor expressão espacial na bacia de drenagem, estão os terrenos da Formação Faceira (Tércio-Quaternários), que se dispõe em manchas do lado esquerdo do canal do rio Jaguaribe. Apresenta uma morfologia plana, onde os terrenos que a constituem possuem um bom potencial de água subterrânea, pois a permeabilidade de suas rochas favorece a infiltração das águas provenientes das precipitações.

Os terrenos aluviais (Quaternário) são detentores de maior destaque. A partir do encontro das águas do rio Figueiredo com o rio Jaguaribe, no município de São João do Jaguaribe, a deposição do material transportado ao longo do rio, associado à morfologia local, propiciou condições para o surgimento de vasta planície, ganhando maiores proporções ao adentrar os municípios de Tabuleiro do Norte e Limoeiro do Norte. Aos poucos o rio vai deixando de drenar terrenos dominados pela Depressão Sertaneja, começando a percorrer as áreas de planície margeando os rebordos da Chapada do Apodi nas proximidades do município de Limoeiro do Norte.

No semi-árido, a atividade bioclimática é pouco intensa, tendo baixa umidade atmosférica e prevalência do intemperismo físico. Os solos são quase sempre jovens, em geral de pouca fertilidade natural, predominantemente rasos (menor que 50 cm de profundidade) e pouco profundos (de 50 a 100 cm), não raramente com presença de pedregosidade e afloramentos de rochas (PEREIRA; SILVA, 2005). Os solos predominantes na área estudada são os Argissolos, Luvisolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos e Vertissolos.

Os Argissolos apresentam uma profundidade variável, desde forte à imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, raramente brunadas ou acinzentadas (EMBRAPA, 2006). Na área da pesquisa se espacializa nos Rebordos e Patamares da chapada do Apodi, além de bordejar o Maciço Residual da Serra do Pereiro.

Os Luvisolos recobrem boa parte do alto e médio curso da bacia do Figueiredo. De acordo com Pereira e Silva (2005) são solos férteis, dotados de forte presença de minerais primários na sua constituição. Possuem boa capacidade de uso para a pecuária, lavoura de ciclo curto e pastagem, tendo, porém limitações pela forte deficiência de água, pouca profundidade, presença de pedregosidade e susceptibilidade à erosão.

Classificados anteriormente de solos Aluviais, os Neossolos Flúvicos acompanham a drenagem fluvial principalmente nas áreas de várzeas, sendo formados por sedimentos arenosos, argilosos e siltosos, evidenciados por processos deposicionais e de sedimentação. Apresentando alta fertilidade natural é utilizado principalmente na agricultura irrigada (PEREIRA; SILVA, 2005).

Já os Neossolos Litólicos possuem as seguintes características:

Solos rasos, textura arenosa ou média normalmente cascalhenta, com drenagem de moderada à acentuada. É comum possuírem pedregosidade e/ou rochoso na superfície, sendo ainda frequentemente encontrados associados com afloramento de rocha. Apresenta limitações ao uso agrícola, devido vários fatores: susceptibilidade a erosão, pedregosidade, rochoso, pouca profundidades e aos fortes declives das áreas sertanejas. (PEREIRA; SILVA, 2005, p. 197-198).

Em relação aos Vertissolos – encontrados na bacia em estudo nos Rebordos e Patamares da Chapada do Apodi – segundo Embrapa (2006): compreende solos constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, fendas profundas na época seca, e evidências de movimentação de massa do solo, sob a forma de superfícies de fricção.

A vegetação é a resposta a esse leque de elementos, cujo solo merece destaque especial. Apesar da diversidade dos Sistemas Ambientais na área estudada, a cobertura vegetal que predomina são as Caatingas. Essa vegetação apresenta “[...] um caráter fisionômico dominado pela perda de folhas durante o período de estiagem, ou seja, a caducifolia e outras adaptações morfológicas e fisiológicas da seca”. (PEREIRA; SILVA, 2005, p. 199).

A vegetação de Caatinga pode ser dividida em dois estratos: o arbóreo e o arbustivo (FERNANDES, 2000). A Caatinga arbórea apresenta-se em áreas que sofreram menos intervenções humanas, onde merece destaque o pau-branco (*Auxemma oncocalyx*), o angico (*Anadenanthera macrocarpa*), a aroeira (*Myracrodium urundeuva*), a imburana (*Commiphora sp*), o pau d’arco (*Tabebuia impetiginosa*) e o juazeiro (*Ziziphus joazeiro*). O estrato arbustivo é representado por espécies como marmeleiro (*Croton sonderianus*), cumaru (*Amburana cearensis*), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) etc. (PEREIRA; SILVA, 2005).

Todavia em meio ao vermelho refletido pela Caatinga, surge uma vegetação verdejante, ao longo dos canais fluviais, lagoas e ressurgências d'água na chapada do Apodi. A carnaúba (*Copernicia prunifera*), o juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) e a oiticica (*Licania rigida*) merecem atenção especial por serem perenes, ou seja, não perdem as folhas durante a estação seca. Além do sombreamento que contribui para amenizar a temperatura do solo, as raízes dessas plantas funcionam como barreiras à erosão lateral dos canais de drenagem.

De acordo com dados do IBGE (2007), a concentração populacional da área estudada é de aproximadamente 80 mil habitantes. Observando a expressividade da população que habita as regiões semi-áridas, é fácil perceber a importância das planícies fluviais, pois as condições ambientais desse espaço favorecem múltiplos usos não encontrados na Depressão Sertaneja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO- METODOLÓGICO

A necessidade do entendimento da dinâmica fluvial a partir de uma visão integrada dos elementos naturais, associada ao estabelecimento do conjunto de atividades desenvolvidas na área, implicou na utilização do método sistêmico como referencial desta pesquisa. De acordo com Tricart (1977), essa abordagem corrige o excesso unilateral da atitude analítica, onde a paisagem passa a ser entendida a partir de uma visão integrada dos elementos que a constituem.

Segundo Christofolletti (1999, p. 1), a abordagem sistêmica é fundamental para compreender como as entidades ambientais, expressando-se em diferentes organizações espaciais, se estruturam e funcionam.

Os sistemas ambientais físicos representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através de fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal. (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42)

Bertrand (1971) entende a paisagem como resultado da dinâmica instável de elementos físicos, biológicos e humanos que reagem simultaneamente uns sobre os outros, sendo a mesma um conjunto indissociável em contínua evolução. “A paisagem é o reflexo e a marca impressa da sociedade dos homens na natureza.” (BERTRAND, G.; BERTRAND, C., 2007, p. 262).

A paisagem que se mostra ao pesquisador é fruto de ações que se estabelecem sobre determinado espaço, seja ela resultante de ações naturais ou sócio-espaciais.

[...] a paisagem é sempre uma herança. Na verdade ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente a herdaram como território de atuação de suas comunidades. (AB' SÁBER, 2003, p. 9).

Portanto, para a compreensão do funcionamento de uma bacia hidrográfica, é fundamental avaliar a disposição dos elementos naturais e suas inter-relações na construção das características morfológicas fluviais, bem como mensurar os fluxos de matéria e energia nesses ambientes.

O conhecimento do tipo de leito, do canal fluvial e do padrão de drenagem é imprescindível para a compreensão da dinâmica que se estabelece em uma bacia hidrográfica.

Em relação aos canais, estes são classificados em três tipos principais: retilíneos, anastomosados e meândricos. A forma em que se apresenta o canal está diretamente ligada à condição de escoamento da bacia, a partir das seguintes variáveis: clima, litologia, carga sedimentar, fluxo hídrico, declive, largura, profundidade e rugosidade do leito.

Os canais retilíneos são menos frequentes, restringindo-se a pequenos trechos onde existe um leito rochoso homogêneo. Os canais anastomosados geralmente apresentam um grande volume de carga sedimentar de fundo, contribuindo para a formação de pequenas ilhas pela deposição de materiais durante o período de grandes vazões (SUGUIO; BIGARELLA, 1990).

Já os canais meandrantos são preponderantes em áreas úmidas, onde o predomínio do intemperismo químico contribui para a existência de uma carga sedimentar composta por materiais de menor granulometria, não promovendo, assim, a corrosão intensiva das margens pelo atrito mecânico das rochas. Outra característica deste tipo de canal é o equilíbrio do percentual de material transportado em suspensão e no fundo.

Cunha (2001) afirma que a classificação dos padrões de drenagem pode ser entendida a partir do escoamento, de sua gênese ou de sua geometria. Segundo os padrões de escoamento, as bacias de drenagem podem ser exorréicas (quando as águas correm para o mar), endorréicas (escoamento interno, não se faz para o oceano), arréica (quando não se verifica estruturação hidrográfica) e criptorréica (quando fluem subterraneamente).

Fato interessante deve ser colocado para o Nordeste brasileiro, em que a grande maioria de suas bacias, a exemplo do Jaguaribe, é classificada como exorréicas, enquanto em outras regiões semi-áridas há uma predominância de padrões endorréicos, pela dificuldade dos rios alcançarem o oceano.

Ab'Sáber (2003) afirma que o exorreísmo da maior parte dos rios nordestinos contribui para a inexistência de salinização excessiva nas áreas sertanejas. Segundo ele, apenas nos baixos rios do Estado do Rio Grande do Norte

esse fenômeno acontece com mais intensidade, desenvolvendo-se ali uma das maiores áreas de extração de sal do país.

Com base na geometria dos canais, pode-se classificar uma determinada bacia de drenagem a partir das seguintes características: dendrítica, retangular, paralela, radial, anelar e irregular.

A drenagem dendrítica tem uma configuração parecida com os galhos de uma árvore, desenvolvendo-se sobre rochas de resistência uniforme. Já a drenagem retangular está adaptada às condições estruturais e tectônicas. Na drenagem paralela os rios possuem poucas ramificações e desníveis topográficos mantendo espaçamento regular, advindo do controle tectônico (CUNHA, 2001).

A drenagem radial tem seu desenvolvimento em diferentes tipos de embasamentos e estruturas (domos, cones vulcânicos, depressões, crateras etc.). Por último, temos a drenagem anelar e a irregular, cuja primeira é típica de áreas dômicas profundamente entalhadas e a segunda surge em locais onde a drenagem não teve tempo de se organizar, a exemplo das áreas de sedimentação recentes, de erosão ou que sofreram levantamentos (CUNHA, 2001).

Em áreas de regimes pluviométricos mais uniformes e de estrutura sedimentar, há uma predominância de rios classificados como perenes, ou seja, de fluxo contínuo. Por outro lado, em regiões semi-áridas como o Ceará, as condições litológicas, associadas à irregularidade das chuvas, determinam a existência de rios classificados como intermitentes ou de fluxo descontínuo.

Segundo Bigarella (2003), a idéia de esculturação do relevo, ligada à ação dos rios, foi desenvolvida por pesquisadores do Século XVIII. Porém no início persistia o conceito de que os vales fluviais fossem resultados de uma ação catastrófica, isto é, os rios teriam passado a drenar vales anteriormente formados. Entretanto, no final daquele Século, o conceito da ação catastrófica foi contestado, estabelecendo-se o princípio de que os rios escavavam seus próprios vales a partir dos processos de erosão efetuados pelas correntes fluviais.

A dinâmica das correntes fluviais, ou seja, o trabalho que o rio executa (erosão, transporte e deposição de sedimentos) está ligado diretamente à turbulência, à velocidade, à viscosidade e ao volume das águas, bem como da

declividade, da forma da seção, do coeficiente de rugosidade, influenciados pela morfologia do canal (SUGUIO; BIGARELLA, 1990).

Contudo, esse trabalho promovido pelo rio depende do escoamento superficial que é controlado, principalmente, pelas condições climáticas de uma área, ou seja, pelo regime de precipitações particulares de cada local.

A relação entre escoamento e precipitação é variável de região para região, dependendo de vários fatores, entre eles, o recobrimento florestal (BIGARELLA, 2003). Entre outros, a condição litológica e os níveis de declividade do terreno também constituem dois importantes fatores para a determinação da taxa de escoamento, haja vista as questões referentes aos processos de infiltração e permeabilidade que relacionados ao gradiente dos rios podem interferir num maior ou menor tempo de escoamento da água.

O conhecimento da litologia em uma bacia hidrográfica proporciona o maior entendimento da morfodinâmica e hidrodinâmica que se estabelece neste ambiente, além da maior compreensão da produção de sedimentos, pois a litologia é uma variável importante que deve ser levada em consideração nos estudos de processos erosivos.

Quando da ocorrência de chuvas, o escoamento superficial só acontece quando os espaços vazios entre as partículas do solo já estão totalmente preenchidos. De acordo com Coelho Neto (1995), no entendimento da infiltração, duas forças devem ser consideradas: a atração capilar e a força gravitacional. A força gravitacional direciona a água em sentido vertical do perfil do solo, enquanto a força capilar impulsiona a água em todas as direções.

Ao percolar no solo pela ação da força gravitacional, a água sofre a resistência da força capilar. “Capilaridade é a tensão exercida nas paredes dos tubos de pequenos diâmetros (tubos capilares) quando em contato com líquidos que é direcionado para cima [...]” (COELHO NETO, 1995, p. 122-123). Portanto, quanto menores forem os poros existentes em determinadas partículas, o escoamento superficial ocorrerá com maior facilidade. Já nos poros maiores (provocados pela ação da fauna e raízes mortas) a ação capilar é inexistente.

Neste sentido, o conhecimento das características pedológicas e do regime de precipitações de uma bacia de drenagem torna-se fundamental para a

compreensão do comportamento hidrológico e da produção de sedimentos durante as precipitações.

A importância do recobrimento vegetal, para a relação precipitação e escoamento citado por Bigarella (2003), é dada por vários fatores, entre eles a possibilidade de intermediar maiores ou menores taxas de infiltração. Áreas desprovidas de vegetação proporcionam maior escoamento e menor infiltração, uma vez que as gotas de chuva impactando diretamente os solos escoam-se com mais facilidade, principalmente se forem intensas e rápidas. Do contrário, a presença da vegetação possibilita um tempo de infiltração maior, e, conseqüentemente, menor escoamento.

Tricart (1977) aponta duas importantes contribuições da cobertura vegetal na intervenção da erosão pluvial. A primeira seria a própria interceptação das gotas d'água, evitando que as mesmas atinjam de forma direta a superfície do solo. Já a segunda se constitui no fornecimento de detritos vegetais que contribuem para amortecer o impacto da chuva além de favorecer os processos de infiltração da água.

Nas regiões semi-áridas, a vegetação de Caatinga, por ser caducifólia¹, exerce pouca proteção contra a ação das águas pluviais, principalmente na incidência das primeiras chuvas. No entanto, após uma semana de precipitações essa vegetação apresenta maior poder de proteção, todavia, é no início do período chuvoso que os processos erosivos são evidenciados com maior intensidade.

As gotas podem ser consideradas como bombas em miniaturas que golpeiam a superfície do solo, rompendo os grânulos e torrões, reduzindo-os a partículas menores e, em conseqüência, fazendo diminuir a capacidade de infiltração de água no solo. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008, p. 75).

Silva, Schulz e Camargo (2003) apontam diferentes formas de erosão hídrica, na qual merece destaque a erosão laminar e linear. A erosão laminar é caracterizada pela remoção de uma camada fina do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial. Já na erosão linear, a remoção e o transporte de partículas arrastadas pelas águas se dão em alta velocidade processando a formação de canais de dimensões variáveis.

¹ Perde as folhas durante determinadas estações do ano.

Uma bacia hidrográfica é considerada um sistema aberto onde ocorre a entrada e saída de matéria e energia. Portanto, para compreender uma determinada unidade que compõe este sistema é primordial entender as inter-relações deste com o todo.

Enquanto unidade espacial de gestão, calcada na questão dos recursos hídricos em um contexto amplo de planejamento ambiental, uma bacia hidrográfica deve ser estudada através de uma metodologia sistêmica e holística baseada na interdisciplinaridade, e que permita a investigação de suas paisagens, identificando os impactos ambientais resultantes das ações sócio-espaciais [...] (NASCIMENTO; CARVALHO, 2003 p. 65).

As planícies fluviais são receptoras dos fluxos advindos de processos que ocorrem em toda bacia hidrográfica, principalmente durante as cheias, quando todos os sistemas de drenagem se interligam (açudes, riachos, lagoas, rios etc.). Portanto, a observância do que ocorre no entorno dos canais de drenagem fruto da dinâmica natural e/ou da influência dos sistemas sócio-econômicos é fundamental para uma melhor compreensão da configuração expressa na paisagem.

Qualquer alteração no sistema em seqüência será refletida por alteração na estrutura do sistema morfológico (isto é, na forma), através de reajustamento das variáveis, em vista a alcançar um novo equilíbrio, estabelecendo uma nova forma. Por outro lado, as alterações ocorridas nas formas podem alterar a maneira pela qual o processo se realiza [...] (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 7).

Dentro dessa premissa, para uma maior compreensão dos impactos provocados pelo desmatamento advindo de atividades como extração de madeira, pastoreio, agricultura de sequeiro e/ou agricultura irrigada a esses espaços, é fundamental a quantificação de sedimentos que se deslocam pelo fluxo fluvial. Isto possibilita compreendê-los como resultado não somente de processos naturais, mas também impulsionado pelas atividades econômicas desenvolvidas na bacia hidrográfica.

Sob determinadas circunstâncias, as taxas de erosão são 100 vezes maiores, com a interferência humana, do que seria apenas considerando-se em termos geológicos. A erodibilidade do material natural recebe forte interferência de perturbações na estrutura do solo por tratamento inadequado [...] (CARVALHO et al., 2000, p. 5-6).

A erosão do solo tem se tornado um dos principais problemas ambientais da sociedade moderna, repercutindo diretamente na produção agrícola mundial.

Apesar da complexidade dos processos que exercem influência na erosão, alguns fatores se destacam: solo, geologia, clima, topografia e cobertura do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

O solo serve de suporte para a fixação da vegetação, além de servir de morada para outros organismos. Quando da ocorrência de chuvas, não só a vegetação proporciona a diminuição do impacto das gotas d'água no solo, mas a própria serrapilheira, constituída de restos de plantas e animais em decomposição, amenizam esse processo. “[...] A matéria orgânica retém duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração, com a diminuição das perdas por erosão [...]” (SILVA; SCHULZ ; CAMARGO, 2003, p. 16).

Os fatores geológicos repercutem diretamente na formação do solo, considerando que este é originado pela decomposição do material de origem. Os agentes intempéricos, formados principalmente pelo clima, entre outros, incidem de forma mais evidente onde a litologia é mais frágil, proporcionado assim a sua erosão diferencial.

No entanto, cabe mencionar que a topografia tem influência destacável no que tange à erosão, pois a declividade propicia uma maior ação erosiva pluvial, devido à maior velocidade do escoamento advindo da força gravitacional. Portanto, quanto mais acentuado for o declive de determinado terreno, mais susceptível será a erosão.

Silva, Schulz e Camargo (2003) mencionam dois aspectos primordiais para o entendimento dos processos erosivos na atualidade: a erosão natural e a erosão acelerada (induzida). Sendo a erosão natural ou geológica fruto das condicionantes dos agentes naturais, e a erosão acelerada fruto das influências proporcionadas pela ação do homem na produção do espaço.

Em terras utilizadas para fins agrícolas há não só o problema da diminuição ou até mesmo eliminação da cobertura vegetal sobre o solo, mas também outros tipos de manejos do solo que podem alterar algumas de suas propriedades físicas, e/ou químicas, tendo por consequência a perda da fertilidade que levará à perda da produtividade e ainda simultaneamente, a perda da resistência a erosão, acarretando perdas de solo e água cada vez maiores. (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003, p. 53)

A remoção da cobertura vegetal potencializa as incisões erosivas laminares, tendo em vista uma maior ação das gotas das chuvas, proporcionando o

carreamento do solo pelo fluxo hídrico. Se por um lado esse material é erodido de áreas mais elevadas, acaba se depositando nas áreas mais rebaixadas, sendo a planície um reflexo desse processo.

A alta taxa de sedimentos nos corpos hídricos interfere na qualidade da água, além de sua alta turbidez dificultar a fotossíntese de alguns organismos aquáticos. “[...] Partículas de sedimentos agem como potencializador dos problemas causados por pesticidas, agentes químicos, decorrentes do lixo, resíduos tóxicos, nutrientes, bactérias patogênicas, vírus, etc.” (CARVALHO et al., 2000, p. 8).

Carvalho et al. (2000) afirma que o período chuvoso responde pelo transporte por 70 a 90% da carga sólida dos rios durante o ano hidrológico. Cavalcante (2001), considerando as limitações climáticas impostas pela semi-aridez de nossa região, estima que 98% do que é transportado no rio Jaguaribe coincide com a época das precipitações.

A velocidade que a água adquire no canal fluvial depende de vários fatores: declividade do perfil longitudinal; volume das águas; forma da seção transversal; coeficiente de rugosidade do leito e viscosidade da água. Portanto, qualquer alteração em um desses fatores altera a dinâmica da bacia de drenagem (CUNHA, 2001).

O material transportado pelos cursos d'água advém da erosão de diferentes pontos da bacia e, conseqüentemente, do próprio leito e das margens atacadas pelo processo de corrasão.

Quando a água adquire uma maior velocidade no fluxo fluvial, a sua competência em transportar material de maior granulometria aumenta, com isso o ataque às margens se torna mais intenso, culminando com o aumento da largura do canal. No entanto, a ampliação do canal implica na diminuição da velocidade da água e o rio tende a equilibrar-se novamente.

Carvalho (1994, p. 56) menciona três formas em que o sedimento é transportado pelo fluxo fluvial: carga sólida de arrasto, saltante e em suspensão.

Durante o transporte em arraste, as partículas de sedimentos rolam ou escorregam longitudinalmente no curso d'água, estando em contato com o leito o tempo todo. Já a carga sólida saltante é fruto do efeito provocado pela ação da correnteza ou do choque entre partículas fazendo com que as mesmas saltem ao

longo do curso fluvial. Por último, a carga em suspensão é proveniente de partículas suportadas pelos componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto é transportada pelos componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas o suficiente para permanecerem em suspensão.

Dependendo da velocidade da corrente e do efeito de turbulência, partículas do leito podem entrar no meio líquido e ficar em suspensão e aí permanecer até que voltem a se mover no leito quando as forças atuantes se reduzirem. As partículas se movem no leito também sob a ação da corrente, mas cada uma está sujeita à resistência de atrito, o que resulta em menor velocidade de movimento do que aquelas que estão em suspensão. (CARVALHO. et. al., 2000, p. 10)

A carga sólida varia de tamanho no decorrer do curso fluvial, no alto curso o material de grosso calibre tem primazia. Ao se penetrar nas áreas mais rebaixadas domina materiais de pequena granulometria, pois, a menor declividade propicia a diminuição da velocidade, implicando na precipitação dos componentes mais pesados e, conseqüentemente, a carga passa a ser bem mais selecionada.

Em suspensão no meio líquido encontram-se em maior quantidade partículas finas, como argilas e siltes, e pequena quantidade de material grosso, como areias. Na carga sólida do leito encontram-se o material grosso, como areias e pedregulhos. Em regime de baixas velocidades as partículas mais grossas, como pedregulho, deixam de se mover, aumentando a quantidade de material de areias em movimento. (CARVALHO et al., 2000, p. 11).

Cunha (2001) aponta que a carga em suspensão, composta de pequenas partículas (silte e argila), conserva-se suspensa na água até a velocidade do fluxo decrescer, atingindo o limite crítico que corresponde à menor velocidade requerida por uma partícula de determinado tamanho para movimentar-se no fluido fluvial.

No Estado do Ceará, a ação do intemperismo físico associado à preponderância de terrenos cristalinos contribui para que no período chuvoso materiais de maior granulometria sejam carregados ao longo do curso fluvial, onde através do processo de corrasão das margens a largura do canal se amplia. Quando da diminuição da força das águas o rio é entalhado com materiais grosseiros, proporcionando a baixa profundidade dos canais.

Pesquisas realizadas no rio Jaguaribe, objetivando mensurar a quantidade de sedimentos transportados pelo fluxo fluvial, tem contribuído para o melhor entendimento da dinâmica desse ambiente. No entanto, a dificuldade em coletar

dados no período de grandes cheias é um dos principais problemas enfrentados nas pesquisas, pois o espaçamento entre as mesmas atinge muitas vezes 20 anos.

Não obstante, os trabalhos ora realizados no baixo curso do rio Jaguaribe vêm gerando subsídios importantes ao gerenciamento dessa bacia. Neste sentido destacam-se os trabalhos de Cavalcante (2001); Cavalcante, Maia e Moraes (2006); Moraes et al. (2008); Pinheiro e Paula (2006); e Cavalcante e Cunha (2008). De acordo com Carvalho et al. (2000), o conhecimento da descarga sólida fluvial é fundamental para análises do estado de degradação destes ambientes.

2.1 Procedimentos Metodológicos

2.1.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico

Buscando resgatar o histórico de uso/ocupação da área em estudo, foram realizados levantamentos bibliográficos e cartográficos da área em consulta às bibliotecas da Universidade Estadual do Ceará (UECE), Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE), Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará (IDACE), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Universidade Federal do Ceará (UFC), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos (FAFIDAM), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Instituto Histórico e Geográfico do Ceará, além das prefeituras municipais da região.

A análise de mapas temáticos e imagens de satélites foram fundamentais para a observação das alterações na dinâmica natural da bacia, bem como para analisar a distribuição das atividades desenvolvidas na área.

A base cartográfica de geologia, geomorfologia, pedologia, drenagem foi gentilmente cedida pela CPRM em formato digital. As mesmas foram publicadas como Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará, 2003. As imagens de satélite Landsat ETM 7 1999 foram cedidas gentilmente pela SEMACE.

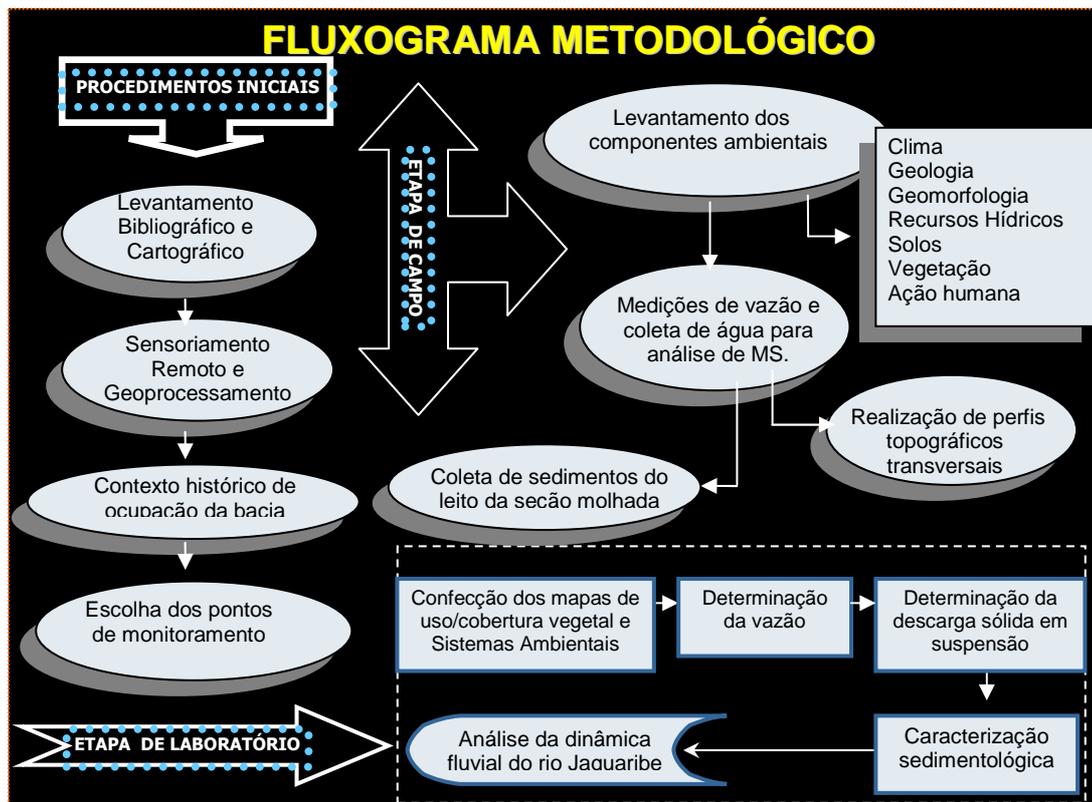


FIGURA 2 – Fluxograma Metodológico Esquemático.

2.1.2 Sensoriamento remoto e Geoprocessamento

Nesta etapa foi confeccionado, a partir de ajustes na base cartográfica digital da CPRM e do tratamento de imagens, o mapa de Sistemas Ambientais, de pedologia e de Uso/cobertura vegetal.

Os ajustes e correções na base cartográfica foram efetuados a partir de atividades de campo, georreferenciamento e plotagem de informações de cada tema pertinente.

O mapa de uso/cobertura vegetal foi obtido a partir de classificação supervisionada de imagens Landsat ETM 7, composição das bandas 3, 4 e 5, datadas de 1999. Para isto foi utilizada a extensão Imagem Análise do software ArcView® (Licença da Universidade Estadual do Ceará). Parte do processamento foi realizada sob a supervisão do Departamento de Geoprocessamento da SEMACE.

A partir da delimitação da bacia através de Modelo Digital de Terreno, optou-se por utilizar como limites o açude Castanhão, localizado no município de

Alto Santo, e a localidade de Sítio Morros, situada no município de Limoeiro do Norte, ambos no curso do rio Jaguaribe. No entanto, observou-se a existência de afluentes que convergiam para dentro do rio Jaguaribe, merecendo destaque a bacia do rio Figueiredo, cuja drenagem corta os territórios dos municípios de Pereiro, Ererê, Iracema, Potiretama Alto Santo e São João do Jaguaribe. Neste último encontra-se com o rio Jaguaribe em uma comunidade denominada Barra do Figueiredo, que dista aproximadamente 10 km da sede municipal.

2.1.3 Contexto histórico da ocupação da bacia

Na tentativa de correlacionar os ciclos econômicos e as transformações sócio-espaciais com os processos fluviais, foram realizados intensos levantamentos bibliográficos e consulta aos acervos de prefeituras. Bases cartográficas antigas e publicações locais também foram utilizadas.

Foram consultados historiadores, além de famílias que detinham os registros dos ciclos econômicos e de sua espacialização na área da pesquisa. Essas informações foram obtidas através de depoimentos registrados em cardeneta de campo. Foram realizadas visitas para verificação dos possíveis remanescentes, substituição de cultura e possíveis alterações em médio e curto prazo da natureza pedológica e geomorfológica da bacia hidrográfica.

A partir do cruzamento destas informações foi possível aferir as principais transformações e processos sedimentares hidrossedimentológico deles desenvolvidos.

2.1.4 Morfodinâmica de canais

O critério utilizado para a escolha dos locais de monitoramento (Figuras 3, 4, 5 e 6) foi o de trabalhar com alguns pontos monitorados pela Agência Nacional de Águas (ANA), COGERH e pelo Projeto CT. Hidro (CNPq) coordenado por Moraes (2008). Os pontos monitorados se distribuíram ao longo do canal do rio Jaguaribe, sendo justificado pela regularidade de sua vazão, fato esse não observado na micro-bacia do Riacho do Bezerra e na bacia do rio Figueiredo.

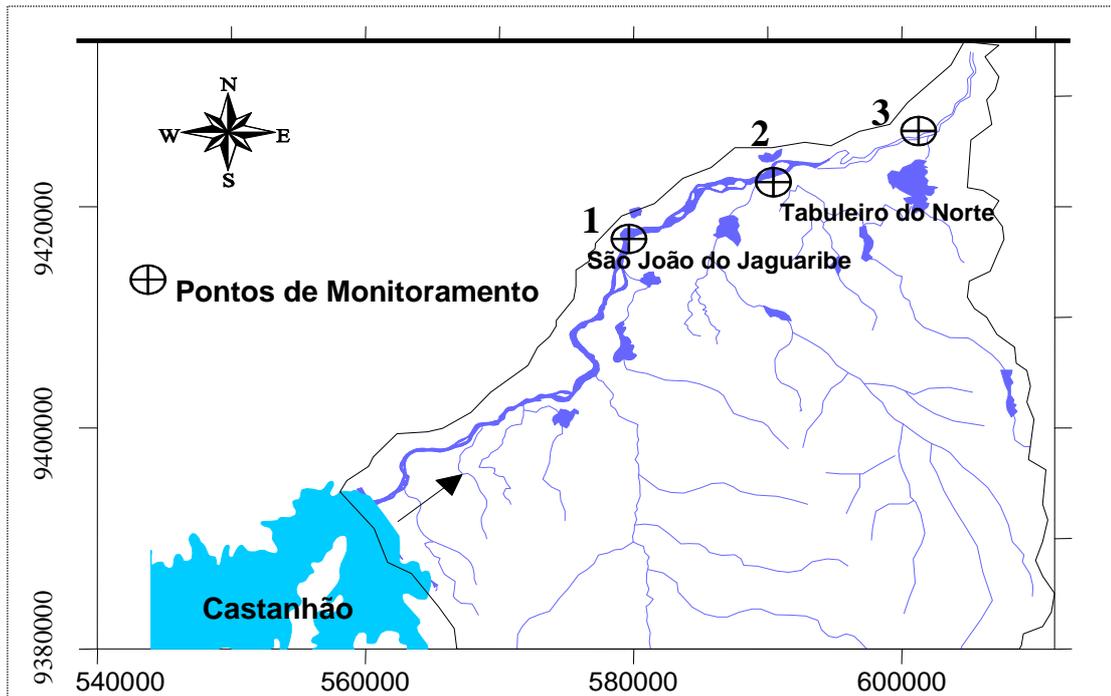


FIGURA 3 – Pontos de monitoramento.

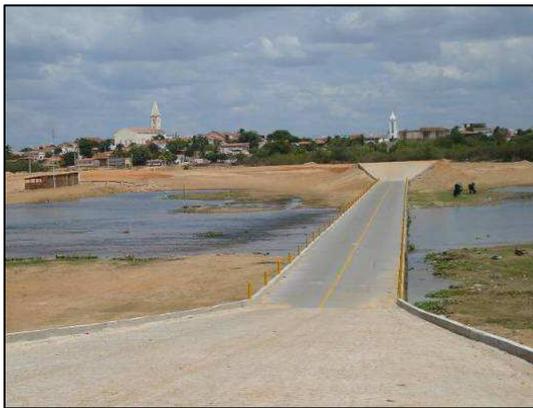


FIGURA 4 – Ponto 1 (São João do Jaguaribe).

Coord: UTM 579.951
9.417.728



FIGURA 5 – Ponto 2 (Peixe Gordo).

Coord: UTM 589.036
9.422.203



FIGURA 6 – Ponto 3 (Sítio Morros).

Coord: UTM 600.987
9.426.205

O primeiro ponto de monitoramento (Figura 4) situa-se próximo à sede do município de São João do Jaguaribe. Durante o período de chuvas a vazão registrada neste ponto resulta também das águas provindas do rio Figueiredo, que adentra o canal do rio Jaguaribe aproximadamente a 10 km a montante do local de coleta.

O segundo ponto, localizado no Distrito de Peixe Gordo (Figura 5), município de Tabuleiro do Norte, recebe o fluxo que passa no primeiro ponto monitorado além da contribuição do Riacho do Bezerra no período de chuvas. A distância deste ponto para o primeiro é de aproximadamente 10 km.

O terceiro ponto se localiza no Sítio Morros (Figura 6), aproximadamente 15 km do ponto 2. Vale ressaltar que este ponto está situado no rio Quixeré, onde escoam as águas provenientes do médio curso da bacia do Jaguaribe, pois o antigo canal do Jaguaribe não assume mais a função de rio principal.

Dois dos três pontos monitorados possuem estruturas perpendiculares ao curso do rio, uma passagem molhada vazada em São João do Jaguaribe e uma ponte em Peixe Gordo. As medidas foram realizadas jusante desses pontos. Todavia, a passagem molhada de São João do Jaguaribe foi destruída durante as chuvas, não sendo mais perceptível nas coletas realizadas no mês de agosto de 2008.

As mudanças sazonais na morfologia do leito fluvial foram obtidas a partir de levantamento topo-batimétricos. Para isto, foi utilizada a Estação total, top can, tripé e mira a laser, além de bote inflável e equipamentos de segurança do LGCO (Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica) da UECE. Vale ressaltar que este método foi utilizado devido às baixas profundidades e inviabilidade de navegação nos meses de março, junho e agosto. A delimitação do referencial de nível e os dados topo-batimétricos foram obtidos a cada 2 metros ao longo da seção.

No mês de alta vazão (maio/2008), a área da seção molhada foi obtida pelo uso do ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) da marca Sontek, acoplado à embarcação e computador portátil do LGCO (Figura 7). Neste período foi observado aumento de aproximadamente 5 metros do nível médio de profundidade nas seções monitoradas.



FIGURA 7 – Uso do ADCP para medir a vazão do rio Jaguaribe em 12-05-2008.

Os dados coletados em campo foram filtrados, corrigidos e plotados pelo método “Kriging” em programas 3D, a exemplo do Surfer e Matlab®. Com isto foi obtida a área da secção e observados processos de sedimentação no canal.

2.1.5 Campos de velocidade e vazão

Para determinar a vazão líquida foram realizadas medições das velocidades das correntes em pontos distribuídos na seção transversal associada à determinação da área. Para medir a velocidade da corrente foi utilizado um molinete do tipo hélice (Marca Hidromec - modelo Newton 22031), que registra a velocidade de corrente através de um contador eletrônico a partir da movimentação de sua hélice conforme indicado na Figura 8.



FIGURA 8 – Utilização do molinete em trabalhos de campo no rio Jaguaribe.

As medições foram estabelecidas utilizando-se os seguintes critérios:

- ⇒ Profundidades entre 0,15m e 0,60m, um ponto de medição a uma altura de 60% da profundidade;
- ⇒ Profundidades entre 0,60m e 1,20m, duas medições, a 20% e 80% da profundidade;
- ⇒ Profundidades entre 1,20m e 2,00m, três medições, a 20%, 60% e 80% da profundidade;
- ⇒ Profundidades entre 2,00m e 4,00m, quatro medições, a 20%, 40%, 60% e 80% da profundidade.

O cálculo da área da seção foi efetuado mediante a determinação da área da seção molhada. Assim a vazão líquida corresponde: $Q_L = \sum V.A$

Q_L = vazão líquida

V = velocidade da corrente

A = área da seção transversal

Durante o mês de abril de 2008, as fortes precipitações culminaram com a elevação do nível das águas do rio Jaguaribe e seus afluentes. Neste sentido, foram feitas várias incursões a campo objetivando medir a vazão através de um molinete acoplado a um guincho. No entanto, a força da água não permitiu o estabelecimento das leituras com boa curacidade. Razão esta da utilização de curva-chave estabelecida pelas campanhas de monitoramento da CPRM em um dos pontos monitorados (Peixe Gordo) a partir de leitura de régua linimétrica.

De acordo com Rodrigues e Adami (2005, p. 153), as curvas-chaves são obtidas com base em medições múltiplas de vazões em seções transversais que apresentem formas ajustadas com tendência à estabilidade, podendo existir uma correlação imediata entre o nível d'água e a vazão associada.

Com o objetivo de gerar informações inéditas de vazões máximas no rio Jaguaribe, foi utilizado o ADCP (Acoustic Current Doppler Profiler) da marca Sontek acoplado a uma lancha e computador para o registro das vazões, cedido gentilmente

pelo LGCO/UECE. O ADCP 3D (Acoustic Doppler Current Profiler) com sensor acústico de frequência 1,5 MHz, produzido pela SONTEK/YSI, faz medições de perfis contínuos ao longo da coluna de água, através do efeito Doppler de três sensores que são direcionados com um ângulo de 25 graus em relação à vertical apontado para o fundo.

Os três sensores medem a direção (graus com relação ao norte magnético) e a intensidade da corrente (metros por segundo) ao longo dos eixos X, Y e Z, com relação ao fundo, assim como a distribuição de sedimentos em suspensão na seção medida. O valor resultante da direção e da intensidade da corrente é calculado pela média dos três valores obtidos ao longo dos três eixos. As vantagens do uso do ADCP são: maior quantidade e qualidade de dados; maior precisão (erro da ordem de 5%); medição em tempo real (Figura 9); alta taxa de reprodutibilidade; possibilidade de estimar o movimento dos sedimentos de fundo e correção do desvio de rota em seções descontínua.

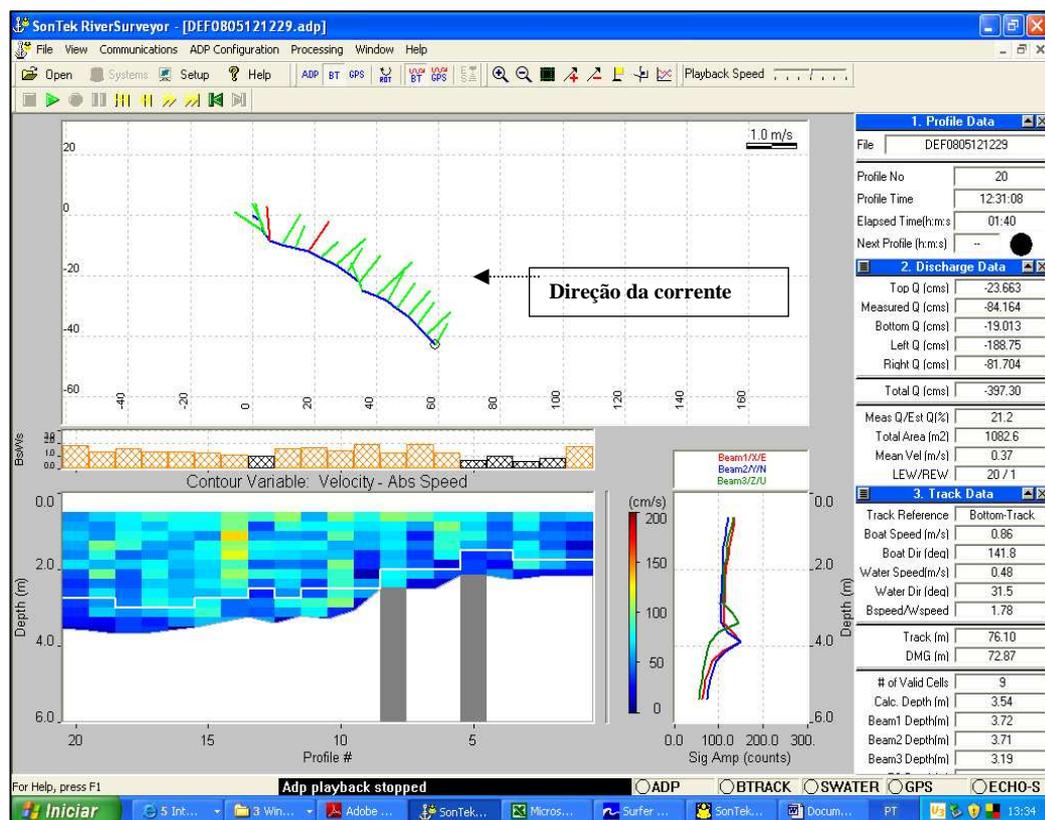


FIGURA 9 – Perfil transversal da seção molhada do rio Jaguaribe em tempo real através da utilização de um ADCP (Sítio Morros - 05/2008).

Fonte: Dados da pesquisa.

Os procedimentos para coletas foram efetuados em transectos ao longo do rio com o auxílio de uma embarcação, onde foram instalados a sonda do ADCP,

o receptor de dados, notebook (para visualização dos dados *in situ*) e um GPS (Global Positioning System) para auxiliar na navegação.

Os dados foram filtrados e tratados estatisticamente em laboratório. Deste processo foram obtidas informações sobre o horário dia e abertura das comportas do açude Castanhão, gentilmente repassado pela base de operação da COGERH localizado no município de Limoeiro do Norte. Os campos de velocidade foram plotados nos eixos X e Y pelo método “Kriging” no programa Surfer e Matlab®.

2.1.6 Material em suspensão e descarga sólida

Para o levantamento de dados relacionados à descarga sólida fluvial, adotou-se a metodologia sugerida por Carvalho (1994) e aplicada por Cavalcante (2001) no rio Jaguaribe. Foram coletados dados de vazão e concentração de sedimentos a partir de medições de velocidade de corrente e coleta de amostra para análise de material em suspensão.

O Material em Suspensão (MES) foi coletado utilizando-se de uma garrafa de integração vertical do tipo US-DH-59 (Figura 10). Considerando que a concentração de sedimentos nos rios varia da superfície ao fundo, a trajetória vertical da garrafa se deu em velocidade constante, possibilitando maior representatividade das amostras.



FIGURA 10 – Garrafa de integração vertical utilizada nas coletas de material em suspensão.

Na amostragem por integração na vertical, a mistura água-sedimento é acumulada continuamente no recipiente, e o amostrador se move verticalmente em uma velocidade de trânsito constante entre a superfície e um ponto a poucos centímetros acima do leito, entrando a mistura numa velocidade quase igual à velocidade instantânea da corrente em cada ponto na vertical (CARVALHO, 2000).

Em cada vertical foram coletados 1/2 litro de água, perfazendo um total de 10 litros na seção molhada conforme metodologia indicada por Carvalho (2008). As coletas foram realizadas nos meses de março, maio, junho e agosto, representando assim períodos de chuvas e estiagens. As análises laboratoriais foram realizadas com o apoio das instalações do LGCO/UECE.

Em laboratório foi realizada a quantificação do material recolhido, a partir do processo de filtração em membranas de celulose da marca Milipore (45 mm de diâmetro) adaptadas a um sistema de filtragem a vácuo.

Antes de iniciar o processo de filtração, as membranas foram levadas a uma estufa com a temperatura de 60°C, as quais permaneceram por 30 minutos para retirar a umidade, onde após sua pesagem obteve-se o peso inicial. Depois da filtração, as amostras foram submetidas novamente a uma estufa a 60°C durante 60 minutos. Posteriormente, as membranas foram retiradas e encaminhadas ao dessecador e pesadas na balança de precisão, obtendo-se o peso final.

Este procedimento é resumido através da seguinte equação:

$$SST = \frac{P_F - P_i}{Vol}$$

Onde:

SST = Sólidos Suspensos Totais.

P_F = Peso final, resultado do peso do filtro mais o peso do material sólido retido no filtro.

P_i = Peso inicial, que é o peso do filtro antes da filtragem.

Vol = Volume em *ml* da amostra utilizada.

Obtendo-se os dados de vazão e material em suspensão, foi calculada a descarga sólida em suspensão determinada pela equação (CARVALHO, 2000):

$$Q_{ss} = Q_L \cdot C_s$$

Onde:

Q_{ss} – Descarga Sólida em Suspensão

Q_L – Vazão Líquida

C_s – Concentração de sedimentos

Sendo:

Q_L – obtido pela velocidade de corrente x área da seção

C_s – obtido pela quantidade de sedimentos pelo volume da amostra

A velocidade da corrente e a concentração de sedimentos sofrem variações da superfície ao fundo. A corrente é mais forte nas águas superficiais diminuindo sua velocidade em direção ao fundo. Por outro lado, a concentração de sedimentos apresenta um comportamento inverso, pois a concentração é menor nas camadas superficiais da água, conforme mostra a Figura 11.

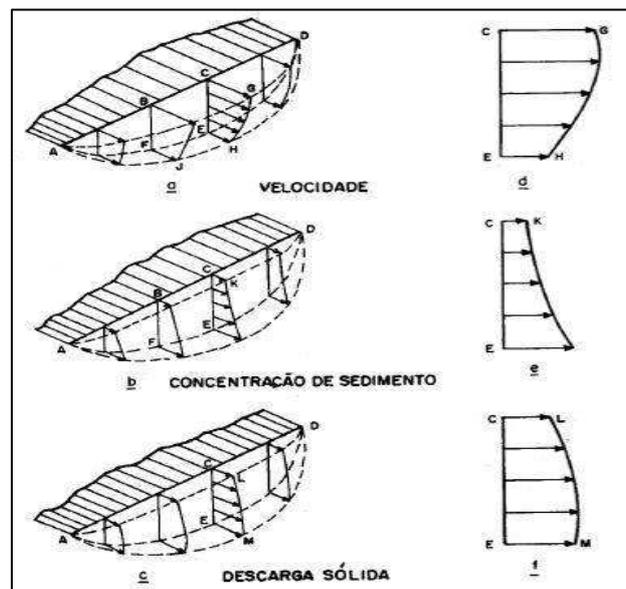


FIGURA 11 – Distribuição da velocidade da corrente, concentração de sedimentos e da descarga sólida em suspensão nos cursos fluviais. Fonte: Carvalho et al. (2000).

No entanto, a descarga sólida mantém certa uniformidade da superfície ao fundo, pois a menor concentração de sedimentos na parte superior da coluna d'água é compensada pela velocidade da corrente.

Nesse sentido, a passagem de sedimentos com maior rapidez na superfície contribui para que num espaço de tempo x , os sólidos suspensos que passam sobre determinado ponto apresentem um volume comparado à parte mais profunda que se desloca sobre este ponto com menor velocidade. Portanto, as coletas de água para análise do material em suspensão e as medições devem contemplar toda a vertical.

2.1.7 Sedimentologia do leito

Buscando investigar possíveis alterações na sedimentologia foram coletados sedimentos no leito da seção molhada (margem direita, meio e margem esquerda) do rio Jaguaribe nos três pontos de monitoramento. As coletas foram efetuadas nos meses de março e agosto. Vale ressaltar que o espaço temporal entre esses dois meses coincidiu com o período de maiores precipitações na área estudada.

Em cada seção transversal foi coletado um total de 300 gramas, sendo 100 gramas para cada ponto (margem direita, meio e margem esquerda). As amostras coletadas foram armazenadas em sacos plásticos e, após sua identificação, levadas ao LGCO da Universidade Estadual do Ceará, onde foram analisadas através do peneiramento mecânico e úmido conforme metodologia sugerida por Wentworth (1922 *apud* SUGUIO, 1973).

Os valores dos pesos das frações grossas e finas foram lançados no Sistema de Análise Granulométrica (SAG) desenvolvido pela Universidade Federal Fluminense para cálculo do padrão estatístico. Para a realização das análises utilizou-se como referência a escala de Wentworth (1922 *apud* SUGUIO, 1973), evidenciado na Tabela 1.

De acordo com Suguio (1973), este procedimento permite estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição granulométrica de um determinado ponto. No entanto, sedimentos menores que 1/16 mm (0,062 mm) foram mensurados pelo

processo de pipetagem, pois, diferentemente das partículas maiores (areias e seixos) que decantam sob condições de inércia, os sedimentos siltosos e argilosos decantam sob condições de resistência viscosa.

TABELA 1 – Escala granulométrica de Wentworth			
Diâmetro	Diâmetro (mm)	Wentworth (americana)	Tipo de Sedimento
	1024-256	Matacão	Bloco
	256-64	Bloco	Bloco
	64-4	Seixo	Seixo
	4-2	Grânulo	Seixo
	2-1	Muito grossa	Areia
1 – 0,5	1- ½	Grossa	Areia
0,5 – 0,25	½ - ¼	Média	Areia
0,25 - 0,125	1/4 -1/8	Fina	Areia
0,125 - 0,062	1/8 -1/16	Muito fina	Areia
0,062 - 0,031	1/16 -1/32	Grosso	Silte
0,031 – 0,016	1/32 - 1/64	Médio	Silte
0,016 – 0,008	1/64 -1/128	Fino	Silte
0,008 – 0,004	1/128 -1/256	Muito fino	Silte
0,004 – 0,001	1/256 – 1/1024	Argila	Argila
0,001 – 0,0005	1/1024 – 1/2048	Ultra-argila	Argila

Fonte: Suguio (1973).

A lei de Stokes foi utilizada como referência na análise granulométrica das pequenas partículas. Um dos princípios desta lei é que partículas inferiores a 0,062 mm decantam com velocidade constante em meio fluido, tão logo a resistência do fluido iguale-se à força da gravidade que age sobre a partícula (SUGUIO, 1973).

Utilizando a pipeta, foram coletadas várias amostras com intervalos de tempo definidos em profundidades que corresponde ao material escolhido para a amostragem, conforme mostra a Tabela 2.

TABELA 2 – Granulações, profundidades e tempos para análises granulométricas por Pipetagem						
	Diâmetro (mm)		Profundidade (cm)	H	min	s
Areia muito fina	1/16	(0,062)	20	0	0	58
Silte grosso	1/32	(0,031)	10	0	3	52
Silte médio	1/64	(0,016)	10	0	7	44
Silte fino	1/128	(0,008)	10	0	31	0
Silte muito fino	1/256	(0,004)	10	2	3	0
Argila	1/512	(0,002)	10	8	10	-
Argila	1/1024	(0,001)	5	16	21	-
Argila	1/2048	(0,0005)	5	65	25	-

Fonte: Suguio (1973).

Os resultados foram cruzados na forma de curvas acumuladas. Esse trabalho possibilitou o entendimento dos processos de sedimentação no período de cheias e estiagens da área de transição do médio para o baixo curso da bacia do Jaguaribe.

3 DOS CURRAIS DE GADO À AGRICULTURA MECANIZADA: PANORAMA DA OCUPAÇÃO DOS AMBIENTES FLUVIAIS DO BAIXO E MÉDIO JAGUARIBE²

A colonização da capitania do Siará-Grande tem sua gênese na interiorização da criação de gado. Buscando aumentar a produção de açúcar para abastecer o mercado europeu, a Coroa portuguesa determinou o afastamento dos rebanhos das áreas de plantio de cana-de-açúcar, Zona da Mata nordestina, obrigando os criadores adentrar o sertão.

Aos poucos, a paisagem sertaneja começa a ser pontilhada por fazendas, que têm na criação de bovinos sua maior atividade. Em torno das fazendas aglutinava-se uma grande quantidade de trabalhadores, sobrevivendo das relações paternalistas, prática muito comum naquele período.

O marco da ação colonizadora no território, atualmente denominado de mesorregião do Jaguaribe (classificação do IBGE; Figura 12), teve início com a doação da primeira sesmaria do Jaguaribe, em 1681, a Manuel Abreu Soares e seus treze companheiros, que teriam combatido os nativos da região durante a denominada “guerra dos bárbaros” (GIRÃO, R., 1948).

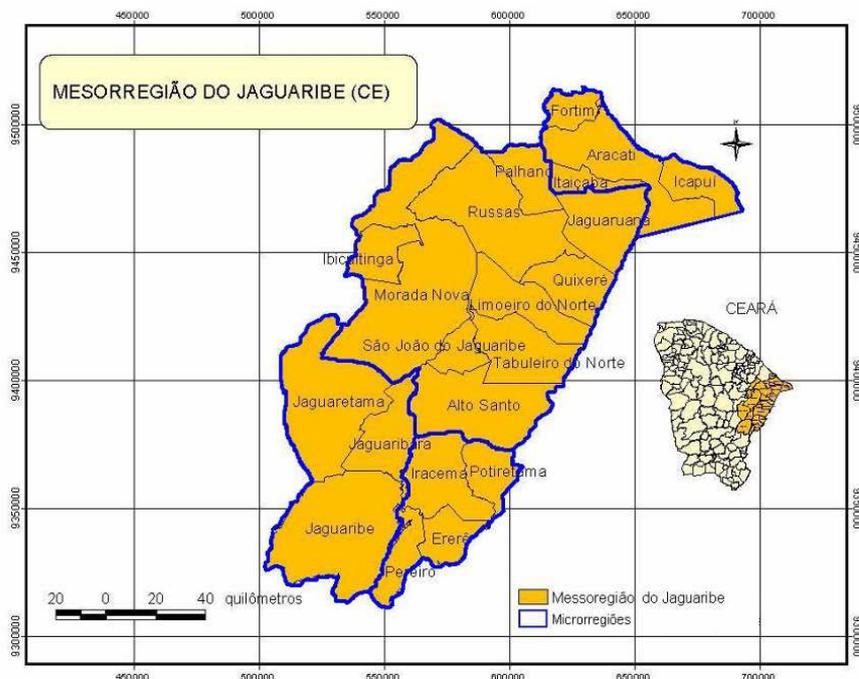


FIGURA 12 – Localização da Mesorregião do Jaguaribe.
Fonte: Adaptado do IBGE.

² Parte deste capítulo foi publicada com o título: Dos currais de gado à agricultura mecanizada: descortinando a paisagem do Baixo Jaguaribe – CE, por COSTA, C. A. e PINHEIRO, L. S., no livro: Cenários Geográficos: reflexões e enfoques pela EdUECE, 2009, 15 páginas.

Conforme mostra a Figura 12, essa mesorregião subdivide-se em quatro microrregiões: Serra do Pereiro (Erêre, Iracema, Pereiro e Potiretama); Médio Jaguaribe (Jaguaribe, Jaguaribara e Jaguaretama); Baixo Jaguaribe (Alto Santo, Ibicuitinga, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte); e Litoral de Aracati (Aracati, Fortim, Itaiçaba, e Icapuí).

O canal fluvial do rio Jaguaribe serviu como a principal referência para a demarcação dessa sesmaria, pois, além das potencialidades naturais, era mais fácil a comunicação com o litoral. Estendendo-se da foz do rio Jaguaribe (atual município de Fortim) ao Boqueirão do Cunha (Município de Alto Santo), agregava os melhores terrenos próximos ao leito do rio ou das áreas de inundação sazonal (Figura 13).

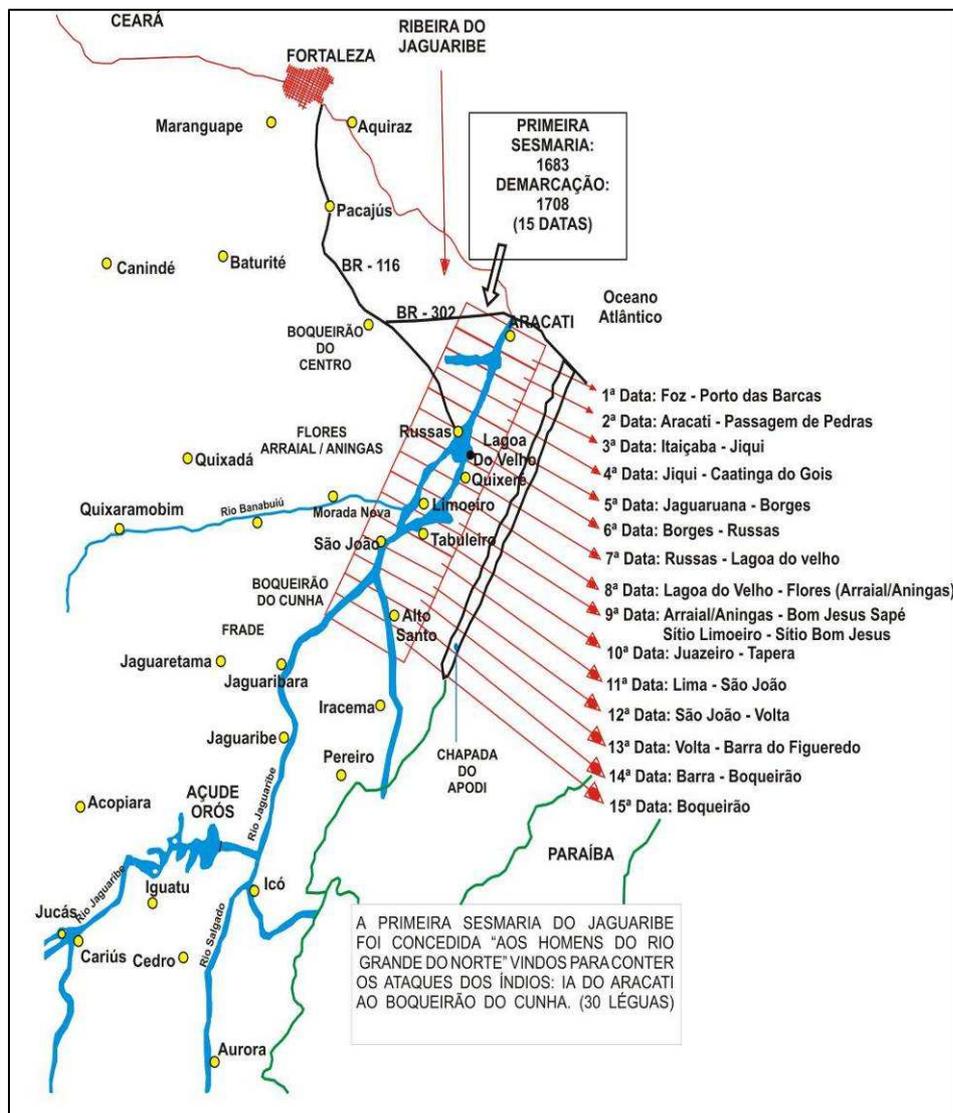


FIGURA 13 – Demarcação da primeira sesmaria do Jaguaribe em 1708.
Fonte: Adaptado de Lima (1997).

De acordo com Lima (1997), a sesmaria foi dividida em quinze datas, cada uma com uma légua (6 km) de largura de cada lado do canal fluvial, perfazendo um total de duas léguas (12 km) de largura, com duas léguas ao longo do rio, formando aproximadamente um quadrilátero de quatro léguas (144 km²).

As datas seccionavam o canal do rio perpendicularmente, possibilitando a utilização das áreas de vazantes quando o fluxo hídrico gerado durante a estação das chuvas desaparecesse. Além do canal principal do rio Jaguaribe, os seus afluentes, a exemplo dos rios Banabuiú e Figueiredo, configuravam como partes requeridas pelos sesmeiros à Coroa portuguesa.

Durante o Século XVIII, avança a ocupação do Baixo Jaguaribe pelas duas principais vias de penetração: a que seguia o rio São Francisco e descia para o Ceará pelo rio Salgado (afluente do Jaguaribe) e a que subia pela foz do Jaguaribe nas proximidades da Vila de Aracati. “[...] Chegavam, também, vaqueiros, com seus rebanhos de gado pelo Olho D’água da Bica, (chapada do Apodi), saindo pertinho de Limoeiro e Tabuleiro do Norte [...]” (LIMA, 1997, p. 32).

Primordialmente, a criação de gado tornou-se a principal atividade desenvolvida nessa região, todavia, consorciada com esta, praticava-se uma agricultura de subsistência nas áreas de vazantes, durante os longos períodos de estiagens. Os rebanhos eram criados de forma extensiva, ultrapassando as áreas delimitadas oficialmente para os sesmeiros. Quando a água proveniente das chuvas começava a se exaurir, o gado refugiava-se próximo ao rio, que, mesmo não escoando em superfície, garantia o abastecimento de água das fazendas por meio da exploração do lençol freático.

Na instalação dos currais, no Século XVII, os espaços de várzeas eram considerados os mais “férteis”, os mais promissores para o desenvolvimento da pecuária, tanto devido à facilidade de água para os animais, como para a produção de gêneros alimentícios de primeira necessidade para a população ribeirinha [...]. (SOARES, 2000, p. 5).

De acordo com Girão.V.C. (1996), a criação de gado na região jaguaribana excedia a capacidade de consumo interno, pois, das rezes abatidas, muitas vezes era aproveitado apenas o couro para a fabricação de vestes e utensílios indispensáveis à vida sertaneja. A alternativa encontrada pelos criadores

foi a de exportar o gado para o Nordeste canavieiro, que necessitava de alimentos para abastecer a população que se concentrava nas proximidades dos engenhos.

A necessidade de transportar o gado para outras áreas propiciou o surgimento de vias, merecendo destaque a Estrada Geral do Jaguaribe, cuja trajetória ia de Aracati, seguindo o curso do rio Jaguaribe, até as proximidades da nascente do rio Salgado. Nesse período, o Baixo Jaguaribe passa a ser dominado pela presença de currais de gado, além de servir como entreposto comercial, pois nesse espaço ocorria o encontro de algumas vias que recortava o território cearense (GIRÃO, R., 1948).

O deslocamento das boiadas em direção a Pernambuco e à Bahia propiciou a abertura de estradas, onde em cada confluência surgiam povoações que logo adquiriam notoriedade. A Vila de Icó resulta desse processo, pois era o ponto de repouso dos boiadeiros e donos de “comboios” que transportavam mercadorias pela capitania (LIMA, 1997).

A lucratividade com a venda do gado restringia-se a criadores situados nas áreas sertanejas da capitania, em razão de maior proximidade com Pernambuco. A participação das fazendas próximas ao litoral, no entanto, tornava-se inviável, em razão dos elevados custos requeridos no deslocamento das boiadas. A alternativa para este problema foi o transporte do animal abatido, surgindo assim as charqueadas, em que a carne era salgada e secada ao sol, sendo posteriormente transportada pelo porto de Aracati (GIRÃO, V. C., 1996). “[...] Para a salga dispunham das salinas naturais do Aracati, da foz do Jaguaribe, enquanto os bois vinham do litoral e do baixo e médio curso deste rio [...]” (ANDRADE, 1964, p. 183).

Com o incremento das charqueadas, as boiadas confluem em direção à Aracati, sendo que, antes de serem abatidas, eram engordadas em pastos nas proximidades do atual município de Limoeiro do Norte (LIMA, 1997). “Aracati, como porto de mar acessível, relativamente próximo do Recife e de Salvador, tornou-se, mesmo antes de ser elevada a Vila, o Pulmão da economia colonial da Capitania [...]” (GIRÃO, V. C., 1996, p. 74).

Em fins do Século XVIII, o Ceará foi acometido por vários anos de estiagens (1777-1778; 1790-1793), dizimando boa parte dos rebanhos cearenses, o que contribuiu para o declínio das charqueadas. Fatores associados ao impacto

provocado pelas estiagens, todavia, à concorrência com a carne provinda do Rio Grande do Sul e ao surgimento do algodão como possibilidade econômica, contribuíram para a decadência deste ciclo econômico (GIRÃO, V. C., 1996).

A cultura algodoeira é impulsionada no interior cearense, adquirindo seu período áureo durante a Guerra Civil Americana (Guerra da Secessão) que perdurou de 1861 a 1865, pois, os Estados Unidos era um grande fornecedor do algodão ao mercado inglês.

Nesse período, o Ceará passou a exportar sua produção de algodão à Inglaterra. A cultura algodoeira aponta como principal produto da Capitania do Ceará, espalhando-se por suas melhores terras, onde, consorciada com a criação de gado redefine os usos das áreas sertanejas.

Corroborar-se a afirmação de Soares (2000), quando acentua que o algodão permitiu maior exploração das terras do sertão cearense. O seu cultivo não se restringiu apenas aos espaços úmidos das planícies fluviais, mas se espalhou pela Depressão Sertaneja, unidade ambiental de maior expressão no Estado do Ceará.

Com a implantação do cultivo do algodão enquanto uma atividade comercial, no final do Século XVIII no Ceará, os espaços além várzeas são incorporados ao processo produtivo em função da formidável adaptação da cultura às condições naturais do semi-árido. [...]. (SOARES, 2000, p. 5).

A implantação do sistema ferroviário e rodoviário, ligando os centros de produção de algodão a Fortaleza, possibilita, pela primeira vez, a ascensão desta como cidade mais importante do Estado, suplantando Aracati (SOUSA, 2005). As vantagens do algodão para o Ceará foi primeiramente, sua capacidade de adaptação ao clima semi-árido, bem como a possibilidade de seu cultivo em pequenas propriedades.

Após o término da Guerra Civil Americana, o algodão produzido no sul desse País voltou a ter a preferência do mercado inglês. A falta de competitividade do algodão cearense, em relação à produção americana sob o viés de Modernidade, contribui para desestruturar a economia desta província balizada no “ouro branco” (SOUSA, 2005).

O binômio boi-algodão, no entanto, contribuiu para o crescimento econômico do Baixo Jaguaribe durante o Século XIX e início do Século XX. “No

decorrer das primeiras décadas do Século, a principal cultura agrícola do Ceará continuaria sendo a do algodão. Na década de 1920, sua importância era tão grande que correspondia 70 a 80% das exportações do Estado.” (FERREIRA NETO, 2003, p. 446).

3.1 Ciclo da cera de carnaúba

Em meados do Século XX, o Baixo Jaguaribe tem sua economia dinamizada pelo extrativismo vegetal, tornando-se a extração da cera de carnaúba a principal atividade desenvolvida nessa região. Embora a utilização da cera tenha sido descoberta por Manuel Antônio Macedo ainda no Século XVII, seu uso ficava restrito à fabricação de velas para o consumo da população local. A descoberta de sua utilização industrial (graxas de sapato, cera de lustrar assoalhos, indústria do disco etc.), possibilitou o enriquecimento dos proprietários de terras que possuíam uma grande quantidade de carnaubais (LIMA, 1997).

Nesse período, a Companhia dos EEUU Johnson & Johnson instala-se no Ceará e inicia suas pesquisas objetivando o aumento da produção e da qualidade da cera (BNB, 1972). Além de sua vasta aplicabilidade como matéria-prima para as indústrias, esta era requisito indispensável à indústria bélica durante os anos de guerra, conforme aponta Oliveira Filho (2003).

Durante esta fase histórica, grandes áreas rurais foram ocupadas por plantações de carnaubeiras, visando atender às necessidades do mercado internacional – principalmente ao norte-americano – que descobriu neste vegetal, ser possível extrair o ácido pícrico, de extrema utilidade na fabricação de explosivos. Isto, coincidentemente, associa a época de ouro da carnaúba, com a Segunda Grande Guerra Mundial. (p. 31).

Por um período de aproximadamente três décadas (1930 a 1960), o “Ciclo da Cera de Carnaúba” contribuiu para o enriquecimento dos proprietários que possuíam terras cobertas por carnaubais. Nem todos, no entanto, puderam ser beneficiados por esse processo, pois era necessário uma grande quantidade dessa planta para ensejar lucros satisfatórios.

De acordo com Soares (2002), para atingir valores significativos na produção de cera, era necessário possuir, no mínimo, entre 43 e 72 hectares de terras cobertas por carnaúbas.

Aos pequenos proprietários, restava apenas a venda dos seus carnaubais, já que não detinham condições financeiras para o pagamento das tarefas requeridas na extração da cera. Alguns, porém consorciavam as áreas de extrativismo com a agricultura de subsistência.

O comércio foi impulsionado, surgindo, assim, estabelecimentos comerciais em boa parte das cidades e vilas jaguaribanas. Esta nova classe passaria a dominar o controle político e econômico da região, elegendo os seus representantes que ainda hoje são referenciados na historiografia local (LIMA, 1997).

A carnaúba (*Copernícia prunífera*) sempre fez parte do cotidiano do jaguaribano, onde sua utilização era diversificada, desde servir de estruturas para a construção das residências sertanejas até utensílios domésticos como vassouras e urupemas³.

Durante esse período áureo, as várzeas do Jaguaribe recobertas por vastos carnaubais eram protegidas de ações que possibilitassem o extermínio desta planta. Isto, contudo, não advinha de preocupações ecológicas, e sim econômicas, pois, quanto mais unidades de carnaúbas existissem em determinada propriedade, mais aumentava o potentado dos “barões da cera” (SOARES, 2002).

Apesar da alta valorização da cera de carnaúba, ainda havia áreas descobertas por essa vegetação nas várzeas do Jaguaribe, sendo resquício de usos desenvolvidos no passado, principalmente quando essa planta não tinha notoriedade econômica. Nas estiagens, as carnaúbas mais novas eram derrubadas para a alimentação dos rebanhos.

Inúmeras palmeiras foram derrubadas para ceder terras à lavoura, sobretudo de algodão, nos períodos em que este produto alcançava preços elevados. Também nas épocas de seca, quando escasseava o alimento para o gado, costumava-se derrubar os “quandus” - carnaubeiras novas – para alimentar os rebanhos [...]. (ANDRADE, 1964, p. 209-210).

Alguns proprietários preenchiam os espaços vazios com novas espécies ou cultivavam outras áreas, a exemplo dos Tabuleiros Interiores, no Município de Russas. “Na década de 1940, o Ministério da Agricultura iniciou um programa para

³ Peneira de fibra vegetal.

incentivar o plantio de carnaúba, que tinha por objetivo servir como fonte de renda além de reflorestar áreas sujeita a erosão” (BNB, 1972).

Estudos realizados pelo BNB (1972) assinalam que, até o ano de 1939, os Municípios de Alto Santo, Limoeiro do Norte, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte tinham cerca de 894.000 carnaúbas adultas, resultado do plantio de mais de três milhões de sementes (Figura 14).



FIGURA 14 – Testemunho do plantio de carnaúbas (São João do Jaguaribe-Ce). Observar o espaçamento entre as plantas.

Apesar da importância desta ação, os resultados positivos restringiram-se ao período de valorização da cera, pois, posteriormente, assistiu-se a uma verdadeira destruição dessa espécie vegetal na região jaguaribana. Aos poucos, nas áreas de solo exposto, foram sendo desenvolvidos cultivos de frutas irrigadas com a utilização de cata-ventos, permitindo o uso da água subterrânea, abundante na planície fluvial (BNB, 1972).

De acordo com Soares (2000), o crescimento de cidades como Fortaleza, Mossoró, Natal e Recife contribuía para a expansão dos pomares jaguaribanos, já que tinham se tornado o principal mercado consumidor de sua produção.

O “Ciclo da Cera de Carnaúba” impulsionou a economia da região até meados do Século XX. Com a substituição gradativa de produtos naturais por

sintéticos derivados do petróleo, porém, essa atividade entrou em declínio em virtude da sua desvalorização no mercado internacional.

É notório que existem alternâncias de ciclos econômicos, em que muitas vezes um se sobrepõe a outro sem eliminá-lo. É claro que, mesmo com a “cera de carnaúba”, o “binômio boi-algodão” não deixou de ter importância para a economia local. Novas dinâmicas, todavia, surgem oferecendo uma nova roupagem à paisagem local.

3.2 Modernização agrícola no Baixo Jaguaribe

Após a decadência do “Ciclo da Cera de Carnaúba”, a agricultura irrigada começou a ganhar lugar na economia local. Os espaços banhados pelas águas dos rios Jaguaribe e Banabuiú começaram a ser utilizados mais intensamente com o aprimoramento das técnicas de irrigação.

A irrigação utilizada nas várzeas do Jaguaribe antes das intervenções governamentais era feita de forma rudimentar. O instrumento usado para captar água do lençol freático para a irrigação, o cata-vento, dependia de forças naturais, podendo, vez por outra, gerar prejuízos, principalmente se, porventura, em determinados momentos do processo produtivo, esse fenômeno não ocorresse.

A existência de um crescente mercado para as frutas produzidas nos pomares jaguaribanos estimulava a busca de novas opções que possibilitassem a expansão dos cultivos. Nessa perspectiva, os produtores com melhor poder aquisitivo começavam a substituir os velhos cata-ventos por motores a óleo diesel ou a gasogênio⁴ (SOARES, 2002).

A intensificação da irrigação no Baixo Jaguaribe ocorreu após a construção de obras hidráulicas que objetivavam perenizar as áreas drenadas pelo rio Jaguaribe e seus principais afluentes. A construção de infra-estruturas para o combate à seca no Estado do Ceará remonta ao período imperial com o início, em 1876, da construção do açude Cedro, em Quixadá, inaugurado somente em 1906, já no período republicano. “Naquele momento, a principal forma de intervenção centrava-se na política de obras contra as secas, baseada em ações isoladas,

⁴ Gás obtido com a queima de carvão vegetal.

especialmente com a construção de barragens e açudes [...]” (ELIAS, 2002, p. 293-294).

Assistiu-se, no final da década de 1960, a um processo de reorganização do setor agrícola da região jaguaribana com a criação, em 1968, do Grupo Executivo para Irrigação e Desenvolvimento Agrícola - GEIDA, com o intuito de definir políticas de irrigação para o Nordeste. De acordo com Soares (2002), o GEIDA foi sendo absorvido em etapas pelos Planos Nacionais de Desenvolvimento (I e II PNDs), cuja política de irrigação para o Nordeste regida pelo I PND foi assimilada pelo Programa de Integração Nacional (PIN), ficando sua execução sob a responsabilidade do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), enquanto sua coordenação ficaria a cargo da SUDENE.

Objetivando a regularização da drenagem do Baixo Jaguaribe, o DNOCS concluiu o açude Orós (1,94 bilhão de m³) em 1961, e o açude Arrojado Lisboa (Banabuiú) com 1,7 bilhão de m³ em 1966, perenizando essa área que se torna atrativa para investimentos na área de irrigação (SOARES, 2002).

Paralelo à construção dessas grandes obras, em 1961, a SUDENE, com a cooperação do DNOCS e do Governo francês, criou o Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe (GEVJ). Esse estudo objetivava compreender a dinâmica fluvial do rio Jaguaribe, diagnosticando as potencialidades existentes na bacia, além de propor alternativas que possibilitassem o rápido aproveitamento das águas drenadas pelo rio Jaguaribe.

A construção do açude Orós possibilitou a existência de uma vazão regular para o médio e baixo curso do rio Jaguaribe, promovendo uma reorganização desses espaços, advinda de um uso mais intenso no que tange à irrigação. Consoante Elias (2002, p. 294), “com a perenização dos rios, possibilitava-se a realização da agricultura irrigada de pequena dimensão técnica e econômica, voltada quase que exclusivamente para a subsistência”.

A inserção do baixo Jaguaribe no mercado nacional durante a década de 1970 e 1980 com a rizicultura irrigada e, atualmente, com a agricultura empresarial, que com a fruticultura atinge mercados internacionais, redefine a organização espacial da região. Baseado nas orientações contidas no relatório do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste - GTDN, a política modernizadora,

inicialmente, privilegiou a instalação de perímetros públicos de irrigação (SOARES, 2002).

Nesse período, o Baixo Jaguaribe foi privilegiado com dois projetos: o Perímetro Irrigado de Morada Nova - PIMN, com 12.500 hectares, inserido nos Municípios de Morada Nova (60%) e Limoeiro do Norte (40%), na planície fluvial do Banabuiú no ano de 1969; e o Perímetro de Jaguaruana em 1979, com pouco mais de 200 hectares no rio Jaguaribe (SOARES, 2002).

De 1980 em diante, no entanto, a orientação para expandir a irrigação no Baixo Jaguaribe passou a receber um novo direcionamento, pois se priorizava a irrigação privada, cuja criação do Programa de Valorização Rural do Baixo e Médio Jaguaribe (PROMOVALE) foi um reflexo desta política (SOARES, 2002).

O Promovale era um programa projetado para ser implantado em propriedade particular, não exigindo, assim, desapropriações, evitando por isso, segundo os seus formuladores, os onerosos e demorados processos administrativos de seleção, transferência e adaptação de parceiros, conforme exigido nos processos de colonização. (p. 96)

Na perspectiva de Elias (2002, p. 297), “A instalação dos perímetros públicos no Baixo Jaguaribe constituem-se em verdadeiros vetores de crescimento econômico para a região [...] e expansão do meio técnico-científico-informacional [...]”. Na atualidade, entretanto, os espaços além várzeas são alvos da agricultura empresarial, pois as novas tecnologias permitem captar água a quilômetros de distância ou efetuar a sua extração de lençóis subterrâneos, como ocorre na chapada do Apodi.

Apesar do desenvolvimento de projetos de irrigação em outros espaços, as áreas de planície continuam sendo exploradas, onde sua paisagem se torna cada vez mais artificial, resultado da intensidade dos usos realizados nos últimos decênios do Século XX, que se agrava na atualidade.

A intensificação dos usos nas várzeas do Jaguaribe, sem técnicas de manejo ambientalmente corretas, proporciona alterações na paisagem local. Lentamente as ribeiras do rio vão perdendo suas características naturais. Se no passado era possível contemplar os vastos carnaubais que recobriam toda a planície fluvial, agora isso se torna raro, pois suas margens foram dominadas pela irrigação de legumes, frutas e pastagens.

Elias (2002, p. 299) expressa que “esta região se destaca como uma das áreas que mais metamorfoseou a produção e o espaço geográfico”. Tais transformações, contudo, não se materializaram em uma melhor qualidade de vida de seus habitantes, uma vez que a modernização em curso no Baixo Jaguaribe é seletiva do ponto de vista espacial e excludente na perspectiva social.

As transformações sócio-espaciais ocorridas na região jaguaribana, principalmente a partir do início do Século XX, têm implicações significativas na dinâmica fluvial do rio Jaguaribe.

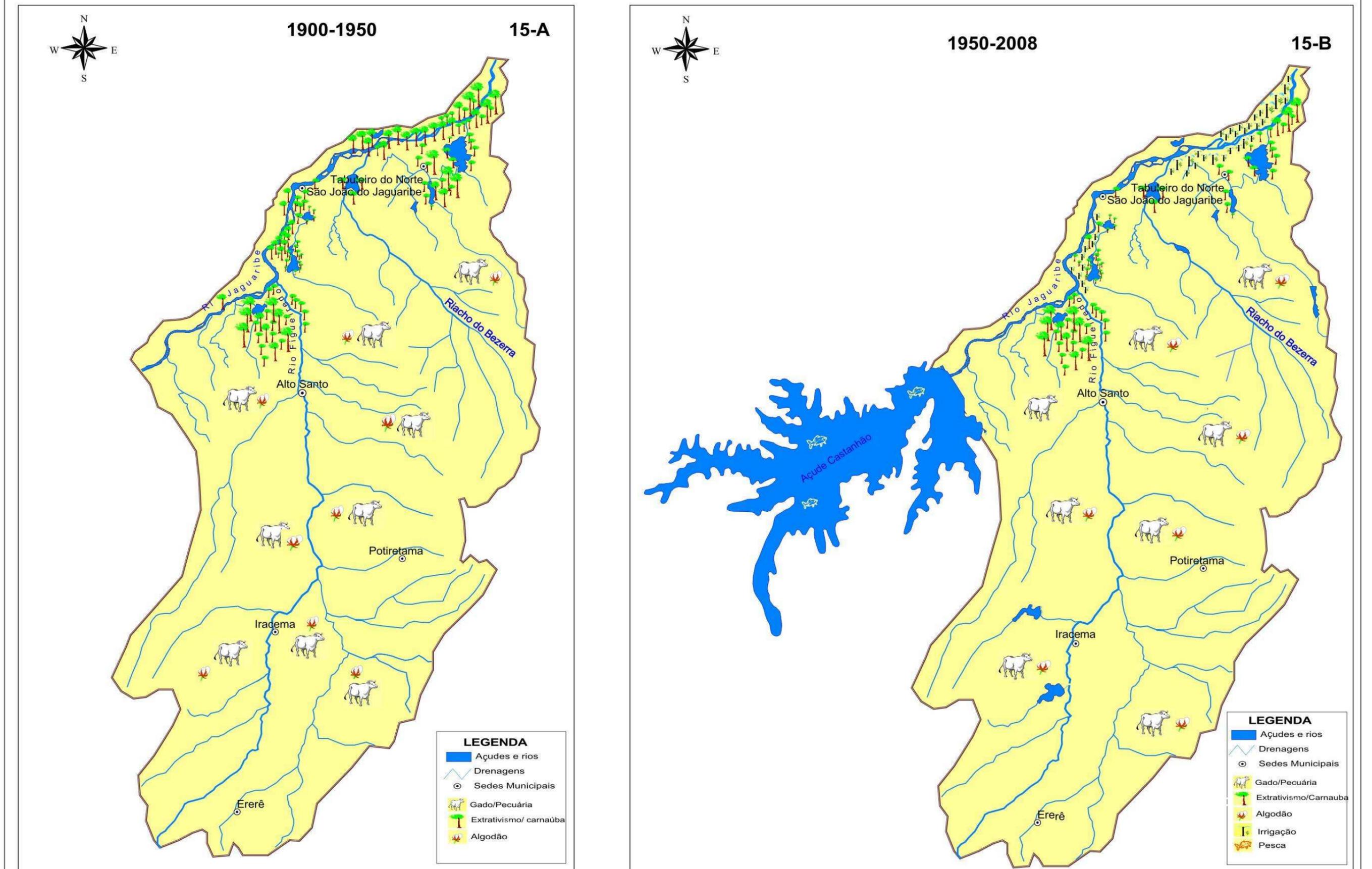
O retrato dos principais usos econômicos que se espacializam na área da pesquisa, para os períodos 1900-1950 e 1951-2008 (Figuras 15A e 15B), mostram que no primeiro período, apesar da persistência do binômio boi-algodão, a extração da cera de carnaúba foi a atividade preponderante. Provavelmente, a produção de sedimentos na bacia pesquisada foi menor, pois, apesar da existência de áreas desmatadas para o plantio do algodão nas áreas sertanejas, nos ambientes fluviais os carnaubais recobriam a quase totalidade desses espaços, dificultando assim a erosão do solo.

O estabelecimento de uma economia extrativista, balizada na extração da cera de carnaúba até meados do Século XX, culminou possivelmente com a menor intensidade da erosão do canal do rio. Portanto, a existência de uma vegetação ciliar diminuía a intensidade da corrosão fluvial, evitando assim o solapamento de margens.

No entanto, se por um lado havia menor contribuição de sedimentos das margens do rio Jaguaribe na área de transição do médio para o baixo curso desta bacia, o transporte de sedimentos era maior advindo de não ocorrer nesse período à interceptação do fluxo dos rios, devido à inexistência de açudes de grande porte na bacia (Figura 15A).

Neste sentido, os sedimentos oriundos das bacias, do Salgado, Alto e Médio Jaguaribe convergiam para esta área em direção à foz. Após a década de 1950 com a construção do açude Orós, parte desses sedimentos não mais fazia essa trajetória se acumulando neste reservatório.

FIGURA 15 - PRINCIPAIS ATIVIDADES ECONÔMICAS DESENVOLVIDAS NA BACIA (1900 -1950 /1950 -2008)



FONTE:Elaboração: COSTA, Cleuton Almeida (2009)

A partir de 1950, com a decadência do Ciclo da cera de carnaúba e a regularização da drenagem de trechos do rio Jaguaribe, os carnaubais começam a ceder espaços à agricultura irrigada principalmente após a década de 1970 (Figura 15B). A perenização de trechos do rio Jaguaribe possibilitou uma maior diversidade de usos econômicos na bacia (agricultura irrigada, pecuária, lazer, piscicultura etc.), reforçado a partir da construção do açude Castanhão já no Século XXI.

A construção de açudes implica no remodelamento da paisagem, retendo a maior parte de sedimentos recebidos de áreas montantes. Se de forma direta aprisiona sedimentos, por outro lado de forma indireta impulsiona algumas atividades econômicas que podem implicar no aumento da produção de sedimentos em locais antes em equilíbrio.

Apesar de sua importância regional, o rio Jaguaribe apresenta uma paisagem bastante modificada, advinda da intensificação dos usos que este recebe principalmente no que tange à agricultura irrigada. Apesar da apropriação de outros espaços pela agricultura empresarial, esta unidade ambiental ainda é aproveitada, principalmente, no que concerne ao cultivo em pequena escala (arroz, feijão, batata, banana etc.). A utilização de técnicas degradantes, todavia, submete a risco este ambiente.

O desflorestamento da mata ciliar composta por carnaúba na maior parte do curso fluvial serve de indício para se entender a intensidade dos processos que transfiguraram esta paisagem. Além deste, a própria morfologia reflete as alterações impostas pela tipologia de uso/ocupação ao longo do processo histórico.

Apesar da predominância da grande propriedade nas áreas sertanejas, a estrutura fundiária nas áreas fluviais é totalmente diferenciada. Se na primeira predomina a figura do latifúndio improdutivo, na segunda prevalecem os minifúndios. A sucessão hereditária que proporcionou uma fragmentação do tamanho das propriedades ocasiona uma ampliação do desmatamento, haja vista que o produtor precisa utilizar a terra de forma intensiva para produzir satisfatoriamente.

Os usos econômicos da bacia implicaram no aumento das áreas de solo exposto, seja através do desmatamento para o estabelecimento da agricultura de sequeiro (sazonal) e/ou agricultura irrigada das margens do rio Jaguaribe e seus afluentes.

A erosão laminar incitada pela ação das chuvas é intensificada pela retirada da cobertura vegetal, proporcionando o desequilíbrio hidrológico na bacia, alterando a relação entre os componentes do balanço hídrico, diminuindo o tempo de concentração de águas na bacia, provocando picos de cheias mais elevados e estiagens mais prolongadas.

Conforme Silva, Schulz e Camargo (2003), além do desmatamento, outros tipos de manejos podem alterar algumas propriedades físicas, e/ou químicas, do solo, tendo por consequência a perda da fertilidade e da resistência à erosão. Esse processo acarreta uma aceleração do processo de transporte dos solos erodidos, conseqüentemente, observam-se o alarguecimento da calha do rio e a redução dos níveis de profundidade e declividade, como é observado no trecho do rio Jaguaribe nas proximidades da sede do município de São João do Jaguaribe.

Costa e Cavalcante (2007) assinalam que o cultivo de arroz nas margens do rio Jaguaribe é diretamente proporcional ao extermínio da mata ciliar (Figura 16). Após a sua decadência econômica, ela é retirada para ampliar as áreas de plantio, incidindo diretamente nos canais de drenagens, onde os diques marginais ficam descaracterizados pela incidência dos processos erosivos.

A evolução das antigas fazendas do período colonial para pequenos núcleos urbanos provocou mudanças profundas na configuração espacial destas áreas, pois boa parte das cidades, a exemplo de São João do Jaguaribe, cresceu às margens do canal fluvial. Quando da ocorrência de cheias, as casas são alagadas, trazendo sérios prejuízos aos municípios (Figura 17).



FIGURA 16 – Plantação de feijão nas margens do rio Jaguaribe. (Observar carnaúbas).



FIGURA 17 – Inundação de casas na cidade de São João do Jaguaribe (Maio/2008).

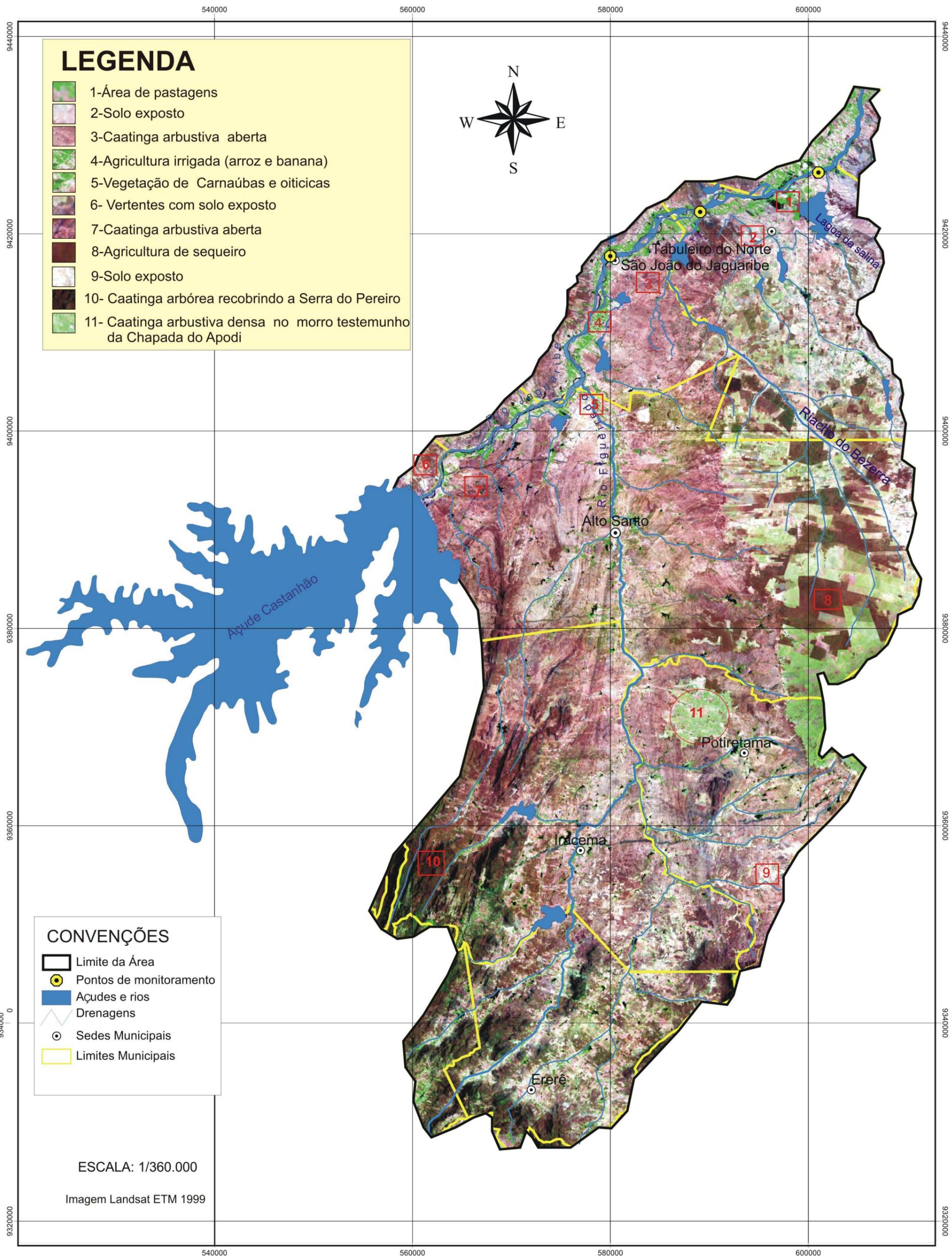
Outro elemento que interfere na dinâmica fluvial do rio Jaguaribe, na área estudada, é a açude Castanhão. Sendo o maior reservatório da bacia, exerce um intenso controle da vazão para jusante.

Vale ressaltar que outra função exercida por este é o controle das cheias no Baixo Jaguaribe. Antes do barramento, o aumento da vazão do rio Jaguaribe durante as cheias significava maior capacidade de transportar sedimentos além de promover a escavação do canal devido à intensidade do escoamento fluvial.

Na atualidade, o fluxo hídrico que converge para o trecho jusante do açude Castanhão não tem competência para transportar os sedimentos por longas distâncias, diminuindo assim o nível batimétrico do canal do rio advindo do forte assoreamento, como observado após a cheia de 2008.

A configuração atual do Baixo Jaguaribe resulta do longo processo de uso/ocupação de seu território, perpassando pelas impressões deixadas em sua paisagem a partir da exploração econômica (Mapa 1). Primeiro com a pecuária, em que as vias de circulação começaram a ser desenhadas, tendo nas charqueadas o seu ápice econômico. Posteriormente, o binômio boi-algodão permitiu a penetração mais intensa do sertão, haja vista a adaptação do algodão à aridez climática. Aos poucos, as vilas foram surgindo e o “rio das Onças” passou a ser explorado em sua completude, pois morar em suas proximidades era uma garantia de ter menos problemas com a escassez.

MAPA 1 - MAPA DE USO/COBERTURA VEGETAL



4 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS

Para uma melhor compreensão do arranjo paisagístico da bacia, foi realizado o estudo dos Sistemas Ambientais. “Em cada sistema verifica-se, comumente um relacionamento harmônico entre seus componentes e eles são dotados de potencialidades e limitações específicas sob o ponto de vista dos recursos ambientais [...]” (SOUZA et al., 2005, p. 9).

Os sistemas ambientais apresentam uma paisagem resultante dos fluxos de matéria e energia que se propagam em seu interior. No entanto, dada a intensidade dos processos de intervenção proporcionados pela sociedade moderna, a paisagem não pode ser entendida apenas através do viés natural, devendo ser vislumbrada de forma holística, pois a inserção de novos elementos pelo uso da técnica na produção do espaço vem alterando intensamente suas características.

Apesar do reconhecimento da interconexão existente entre os elementos que formam determinado ambiente, neste trabalho optou-se pela utilização da geomorfologia como principal elemento de delimitação dos Sistemas Ambientais, tendo em vista ser mais facilmente identificado. Para Souza (2000), os limites do relevo e as feições do modelado são passíveis de uma delimitação mais rigorosa e precisa.

A compartimentação geoambiental da área em estudo está expressa no Mapa 2 (Mapa dos Sistemas Ambientais), onde se sobressaem as seguintes unidades: Sertões Moderadamente Dissecados do Médio Jaguaribe; Maciço Residual da Serra do Pereiro; Rebordo e Patamares da Chapada do Apodi; Tabuleiros Interiores; e Planície Fluvial.

4.1 Sertões Moderadamente Dissecados do Médio Jaguaribe

Este sistema ambiental é composto pelos terrenos da Depressão Sertaneja, adquirindo maior abrangência dentro do território cearense e conseqüentemente da área estudada, sendo recoberta pela vegetação de Caatinga e dominada pelo clima semi-árido. “Situadas em níveis altimétricos inferiores a 400 metros, englobando 100.000 km², quase 70% do território estadual, dispõe-se na

periferia dos grandes planaltos sedimentares ou embutidos entre estes e os maciços residuais”. (SOUZA, 2000, p. 33).

Dentro da área estudada, localiza-se a oeste da bacia mesozóica potiguar, onde nas imediações dos municípios de Ererê e Iracema é pontilhado por cristas quartzíticas dispersas além de pequenos maciços sertanejos (Figura 18). Segundo Souza, Oliveira e Granjeiro (2002, p. 30), “essa depressão é herança de paleoclimas secos, mantendo suas características morfogenéticas pela semi-aridez atual que engendra processos de pedimentação”.



FIGURA 18 – Depressão Sertaneja – Município de Iracema (Out./2008).

A predominância de terrenos cristalinos datados do pré-cambriano, associada às condições climáticas impostas pela semi-aridez, contribui para a existência de solos rasos e pedregosos, a exemplo dos Neossolos Litólicos, dificultando assim o seu aproveitamento agrícola.

Diante das condições edafoclimáticas, emerge uma vegetação composta de Caatingas, adaptada às condições impostas pelo ambiente, que para proteger-se das adversidades climáticas perde suas folhas durante o período seco, retendo umidade em sua estrutura. Na maior parte do ano, a paisagem dos Sertões parece “pegar fogo” e, sob os olhos de um estranho, a presença de vida nos vegetais é despercebida.

No entanto, quando as primeiras chuvas atingem o Sertão a paisagem se transforma. As folhas brotam das árvores esqueléticas, onde as cores mortas cedem

lugar a um verde exuberante, conforme mostra a Figura 19. “[...] A existência de água na superfície dos solos, em combinação com a forte luminosidade dos Sertões, restaura a funcionalidade da fotossíntese” (AB’ SABER, 2003, p. 85).



FIGURA 19 – Vegetação de Caatinga no período chuvoso (Maio/2008).
Fonte: PMTN (2008).

A torrencialidade das chuvas que atingem as áreas sertanejas é responsável pela dissecação do relevo através da erosão pluvial. O adelgaçamento do solo provocado pelo escoamento superficial dificulta ainda mais a exploração desse ambiente pelos sertanejos, tendo em vista que os solos mais espessos restringem-se a pequenos espaços, a exemplo das planícies alveolares.

Contudo, apesar das limitações impostas pela susceptibilidade à erosão da maioria dos solos que compõe este sistema (Luvissoles, Argissolos e Neossolos Litólicos), estes possuem potencialidades naturais que podem ser aproveitados nas atividades agrícolas a partir de usos de técnicas de manejo corretas.

Todavia, a pequena espessura do solo dificulta o armazenamento d’água, limitando a produção agrícola a um curto período do ano. Em alguns locais o esgotamento dos solos se tornou iminente, onde a perda da vegetação vem deixando essas áreas expostas à torrencialidade das chuvas, aumentando assim a erosão laminar e linear. Esse processo contribui para o assoreamento dos canais de drenagem, pois é para lá que converge parte do material erodido.

A ocupação dos Sertões implicou no extermínio da maior parte da cobertura vegetal. Sá (2002) aponta que as técnicas utilizadas no tratamento do solo

têm transfigurado a paisagem sertaneja. Na área de transição do médio para o baixo curso da bacia do Jaguaribe, o uso do fogo foi a principal técnica utilizada para abrir espaços para o plantio do algodão a partir do Século XIX.

Embora brocas e queimadas (coivaras), constituam costume antigo ainda empregado na cultura agrícola cearense, os efeitos ao longo prazo contribuem para deixar os solos improdutivos. A curto prazo existem vantagens, como o aumento da quantidade de potássio, fósforo, magnésio e cálcio e a diminuição de alumínio. Sem dúvida esse tipo de prática para a agricultura e pecuária (o consórcio roça caprino), somado à extração de madeiras para diversos fins, modificou a paisagem cearense. (SÁ, 2002, p. 68)

Além da susceptibilidade dos solos que recobrem este Sistema Ambiental a processos erosivos, a torrencialidade das chuvas que atingem a região semi-árida proporciona a remoção do horizonte orgânico. Esse fenômeno provoca o aumento de sedimentos transportados pela rede de drenagem, além de reduzir a capacidade do uso do solo pela agricultura.

4.2 Maciço Residual da Serra do Pereiro

Este sistema ambiental tem importância significativa para a bacia hidrográfica estudada, pois é nesse espaço que se encontram as nascentes do rio Figueiredo. Devido estar situado em áreas mais elevadas, esse ambiente apresenta temperatura inferior às existentes nas Depressões Sertanejas.

A Serra do Pereiro, com níveis altimétricos entre 500-600 metros, funciona como divisor de águas das bacias do Figueiredo que flui em direção norte do Estado do Ceará alcançando o rio Jaguaribe nas imediações do município de São João do Jaguaribe, e a bacia do Médio Jaguaribe, cujas águas convergem em direção ao açude Castanhão (BRASIL, 1996).

Conforme observado na Figura 20, o Maciço Residual da Serra do Pereiro provoca uma mudança de aproximadamente 90° na direção do curso do rio Jaguaribe a jusante da barragem de Orós.

Após a barragem de Orós, o rio Jaguaribe recebe as águas do rio Salgado, que drena o Cariri Cearense, passando a desenvolver seu curso em direção Nordeste. A partir de então, apresenta abrupta mudança de direção de escoamento, dado em função do obstáculo representado pelo maciço do Pereiro que constitui elemento definidor do curso do rio [...] (MAIA, 2005).

Caatinga arbustiva aberta nas vertentes. Os principais usos econômicos neste Sistema Ambiental advêm da agropecuária, em que merece destaque a criação de bovinos e suínos e os cultivos de feijão, milho e mandioca.



FIGURA 21 – Maciço residual da Serra do Pereiro (Município de Erêre).

A sua condição geomorfológica denota áreas de declives acentuados, a exemplo das vertentes. A retirada da cobertura vegetal desses espaços acaba alterando a relação pedogênese/morfogênese, inibindo assim a formação do solo em detrimento das alterações impostas ao modelado, como o estabelecimento de ravinhas e voçorocas. A lei federal 4.771 de 1965 que instituiu o Código Florestal trata em seu artigo 2º das áreas de preservação permanente, onde se proíbe a retirada da vegetação natural das encostas com declividade superior a 45°.

A partir de uma visão ecodinâmica (TRICART, 1977), esses espaços são classificados como ambientes instáveis, portanto, vulneráveis a qualquer tipo de atividade que elimine a cobertura vegetal. A retirada da vegetação em áreas com estas características propicia uma maior ação erosiva, devido à velocidade do escoamento superficial decorrente da ação gravitacional, provocando o aparecimento de ravinhas e voçorocas.

4.3 Rebordo e Patamares da Chapada do Apodi

Constituída no período mesozóico, a Bacia Potiguar, cuja extensão é 38.000 km², sendo 16.000 km² submersos até a isóbata de 200 metros, situa-se na

parte setentrional do Estado do Rio Grande do Norte estendendo-se até o nordeste do Ceará (SOUZA; OLIVEIRA; GRANGEIRO, 2002). No espaço cearense, as formações Açu e Jandaíra são as únicas que afloram pertencentes ao Grupo Apodi.

A Chapada do Apodi (Figura 22) possui uma dimensão de 2.421,8 km² dentro do Estado cearense, englobando terrenos dos municípios de Aracati, Jaguaruana, Quixeré, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Alto Santo e Potiretama. É constituída de arenitos da Formação Açu e calcários da Formação Jandaíra, sendo este último responsável pela cobertura da parte superior da Chapada.



FIGURA 22 – Visão panorâmica da Chapada do Apodi
Fonte: PMTN (2008)

O arcabouço estrutural que forma a bacia é composto por grabens com direção SW-NE que foram preenchidos de sedimentos desde o Cretáceo. Na sua porção sul, a altura da cidade de Tabuleiro do Norte, o recuo da vertente encontra-se mais pronunciado em função de exutórios que configuram uma densa rede de drenagem, favorecendo a erosão (MAIA, 2005).

Nesta unidade ambiental, apenas a parte mais rebaixada que se limita com a chapada, denominada Rebordo e Patamares da Chapada do Apodi, está dentro do limite da área estudada (Mapa 2). Neste espaço prevalecem os solos denominados de Argissolos e Vertissolos, este último em menor quantidade. Em

alguns locais é possível verificar morros testemunhos de que a chapada já esteve mais a Oeste (Mapa 1).

Em resposta a esta condição ecológica desenvolveu-se uma vegetação de porte arbóreo que atualmente cede lugar a uma vegetação mais espaçada devido à intensidade do desmatamento. Apenas nas margens dos pequenos Olhos d'água, onde existe pequena umidade, observa-se a presença da oiticica (*Licania rígida*) e da carnaúba (*Copernícia prunífera*).

A permoporosidade das rochas sedimentares que formam a Chapada do Apodi permite a infiltração e o armazenamento d'água no subsolo. O escoamento superficial acontece apenas quando a precipitação pluvial for superior à capacidade de absorção e infiltração. Apesar do mergulho das camadas da bacia estar direcionado para leste, voltado para o Estado do Rio Grande do Norte, no lado oeste, dentro do território do município de Tabuleiro do Norte, ocorre o afloramento de Olhos D'água.

Dentre estas fontes, merecem destaque as existentes no Sítio Olho D'água dos Currais e no Distrito de Olho D'água da Bica. Na primeira foi criada uma Área de Proteção Ambiental (APA), através da lei municipal nº 666/2001, formando um polígono de aproximadamente 687 hectares. E a segunda proporcionou a existência de uma das maiores romarias do Estado do Ceará, onde os devotos acreditam que a água dessa fonte é milagrosa, creditando o efeito da cura de doenças a Nossa Senhora da Saúde, padroeira local.

No entanto, o corte da vegetação para a fabricação de lenhas tem proporcionado uma verdadeira "nudez" da Chapada, cuja devastação se espalhou em todas as direções, atingindo a cobertura vegetal que margeia as fontes d'água. A paisagem atual denota uma redução intensa da fauna e da flora, alterando significativamente o equilíbrio ecológico dessas áreas.

4.4 Tabuleiros Interiores

A Formação Faceira, disposta morfologicamente na forma de Tabuleiros, caracteriza-se como um ressalto topográfico em relação ao nível da planície atual. Em sua porção limítrofe com os aluviões recentes, apresenta-se limitado por

escarpas que se elevam de 20 a 50 metros acima do nível topográfico da depressão periférica (MAIA, 2005).

De cobertura sedimentar cenozóica, esta unidade ambiental aparece em formas de manchas na margem esquerda do rio Jaguaribe, nas proximidades do município de São João do Jaguaribe. De acordo com Souza (2000), sua morfologia apresenta um aspecto rampeado, apresentando-se como um típico glaciais de acumulação.

Apresentando pequena expressão espacial na área estudada (Mapa 2), é recoberta por solos do tipo Argissolos (Figura 23), possuidor de grande capacidade de retenção de água, evidenciando uma presença incipiente de canais de drenagem. As condições inerentes à geomorfologia e à litologia proporcionam menor susceptibilidade deste ambiente aos processos erosivos. Constituída de materiais permoporosos, limita o escoamento superficial durante as chuvas.



FIGURA 23 – Espessura dos solos do tipo Argissolos recobrimo os Tabuleiros Interiores no município de São João do Jaguaribe.

Apesar de ser constituída de materiais permoporosos, a retirada da cobertura vegetal vem proporcionando a incidência de processos erosivos, pois diminui a infiltração em detrimento do escoamento superficial. Esse processo acarreta o transporte do solo erodido para o rio Jaguaribe, tendo em vista a proximidade deste Sistema Ambiental do canal fluvial (Mapa 2).

A economia que se estabelece nesse espaço está associada ao cultivo de feijão, extração da castanha de caju e cera de carnaúba. No entanto, apesar de rica em água no lençol subterrâneo, a dificuldade do recurso hídrico superficial é uma das limitações à ocupação desse ambiente.

4.5 Planície Fluvial

Percorrendo aproximadamente 610 km da sua nascente situada na Serra da Joanhina (Município de Tauá) à sua foz no município de Fortim, o rio Jaguaribe drena diferentes tipos de ambientes ao longo de sua trajetória (BRASIL, 1999). Ao abandonar áreas do alto e médio curso a largura do canal é ampliada formando um vale exuberante (Figura 24), cujo sistema deposicional propiciou a formação de extensa planície.



FIGURA 24 – Planície Fluvial do rio Jaguaribe nas proximidades de Peixe Gordo, Tabuleiro do Norte-CE.
Fonte: PMTN (2008).

Situado a um nível de 30 metros de altitude, o vale é circundado por relevos mais elevados. Na margem direita pela chapada do Apodi, cuja altitude chega a 180 metros, e pelo lado esquerdo por depósitos da Formação Faceira (MAIA; CAVALCANTE, 2006).

Os solos que predominam neste Sistema Ambiental são os Neossolos Flúvicos (Mapa 2), solos jovens fruto de processos deposicionais e que apresentam boa capacidade de armazenamento de água no subsolo. A Planície Fluvial possui importância significativa para a região semi-árida, pois foi nesse espaço que se iniciou a ocupação da região.

É nesta unidade ambiental que emerge uma vegetação verdejante contrastando com o padrão avermelhado das Caatingas. Devido às condições de umidade, as bordas dos canais de drenagem são colonizadas principalmente pela carnaúba e oiticica.

Mesmo considerando a intermitência dos rios sertanejos, onde não se observava nenhum espelho d'água durante as estiagens antes da perenização por açudes, o pacote sedimentar depositado pelo rio Jaguaribe e seus afluentes, principalmente no baixo curso, possibilitava a extração de água através da escavação de poços artesanais.

No entanto, durante as enchentes todo esse espaço era tomado pelas águas dos rios Salgado, Jaguaribe e Figueiredo, e apesar da construção de grandes reservatórios ter eliminado as grandes cheias, essas áreas continuam sendo alagadas nos anos em que as precipitações superam o padrão normal, a exemplo do ocorrido em 2008 e 2009.

No alto e médio curso da bacia do Jaguaribe, predomina um padrão de drenagem dendrítico. A drenagem dendrítica tem uma configuração parecida com os galhos de uma árvore, desenvolvendo-se sobre rochas de resistência uniforme. Este padrão de drenagem é preponderante no rio Jaguaribe (BRASIL, 1981).

Ao se aproximar do baixo curso, o rio Jaguaribe apresenta um gradiente suave, o qual propicia a formação de pequenos meandros principalmente nas proximidades do município de Limoeiro do Norte.

Entretanto, a existência de uma exuberante planície não se explica pelas condições atuais de escoamento. A planície fluvial do rio Jaguaribe foi formada pela interação conjunta de processos geomorfológicos e climáticos dados a partir do desgaste de rochas do embasamento e pela ação de mudanças climáticas ocorridas a partir do Cenozóico (MAIA, 2005).

Após o Distrito de Peixe Gordo, localizado no município tabuleirense, o rio Jaguaribe se divide em dois canais. O canal que segue à direita do curso principal do rio Jaguaribe é denominado de rio Quixeré, como evidencia a Figura 25 A.

Ao estudar a evolução morfológica da Planície Fluvial do rio Jaguaribe, Maia (2005) propõe uma nova classificação para a rede de drenagem nas imediações do município de Tabuleiro do Norte e Limoeiro do Norte. Segundo este estudo, o rio Quixeré antes do assoreamento do canal do rio Jaguaribe constituía apenas um “filete” de água, e que atualmente é detentor de todo o deflúvio proveniente do Alto e Médio Jaguaribe e Salgado (Figura 25 B).

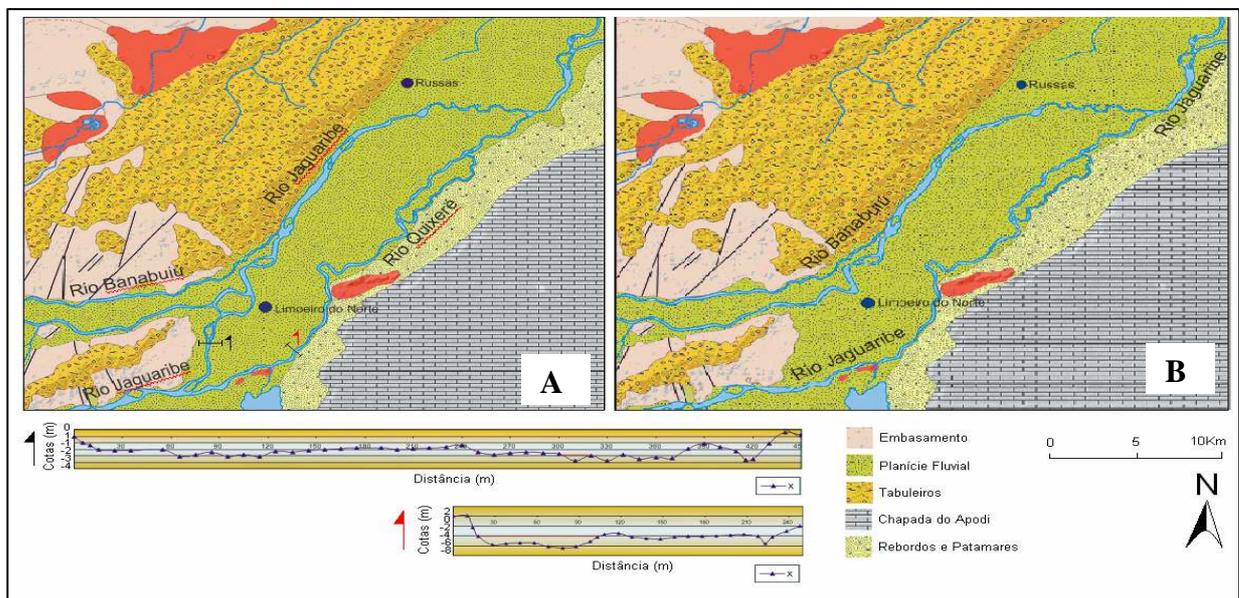


FIGURA 25 – (A) Mapa de drenagem atual; (B) Nova proposta de classificação de Maia (2005).
Fonte: Maia (2005).

A intensificação do processo de uso/ocupação nas margens do rio Jaguaribe implicou na retirada da mata ciliar, aumentando a quantidade de sedimentos dentro do canal fluvial a partir da erosão das margens. Esse processo alargou o canal do rio, favorecendo os processos deposicionais pela diminuição da velocidade do escoamento.

Essa realidade provocou uma aguda perda de profundidade do talvegue em um trecho de aproximadamente 10 km a partir da bifurcação rio Jaguaribe - rio Quixeré até o encontro do rio Banabuiú com o Jaguaribe, ou seja, parte do percurso natural do Rio Jaguaribe foi praticamente nivelado topograficamente com as margens que atualmente são difíceis de serem identificadas. (MAIA, 2005, p. 142)

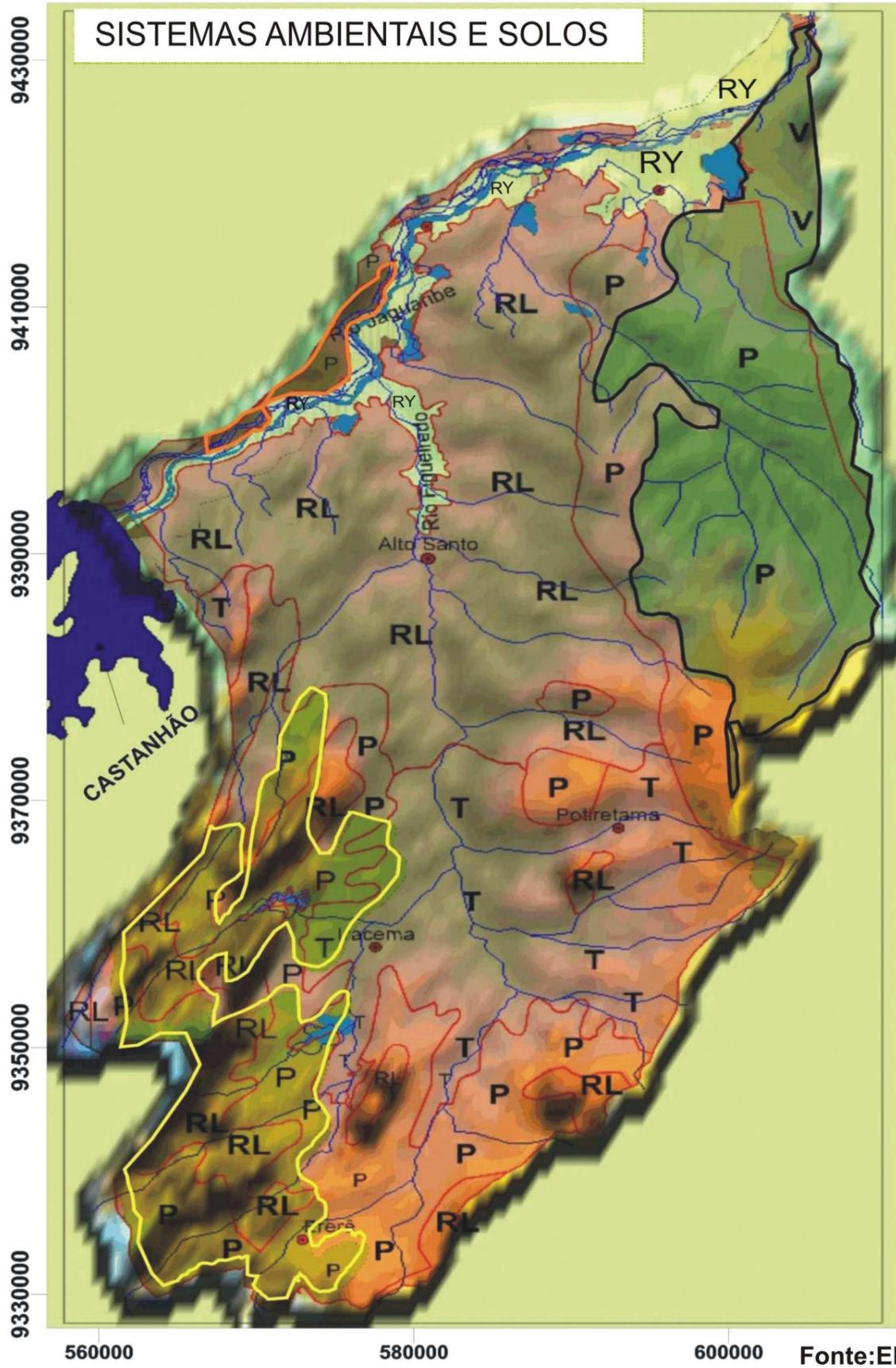
De acordo com essa proposição, o rio Banabuiú, que desaguava no rio Jaguaribe na altura da cidade de Limoeiro do Norte, tem seu trajeto aumentado desaguando no rio Jaguaribe nas imediações da cidade de Russas (Figura 25 A). “O rio Quixeré, antigo braço do rio Jaguaribe e atual detentor de todo o deflúvio, passa a não mais existir, tornando-se o próprio rio Jaguaribe tendo em vista que seu curso original não representa mais escoadouro de drenagem [...]” (MAIA, 2005, p. 146).

A mudança do fluxo fluvial do rio Jaguaribe para o rio Quixeré (Figura 25 B) vem proporcionando uma revalorização de terrenos que ficam às margens deste último. Além do mais, as águas que escoam pelo rio Quixeré são bombeadas para o projeto irrigação Jaguaribe Apodi, neste sentido, não existe interesse econômico em recuperar o antigo braço do rio Jaguaribe.

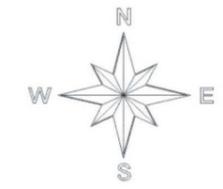
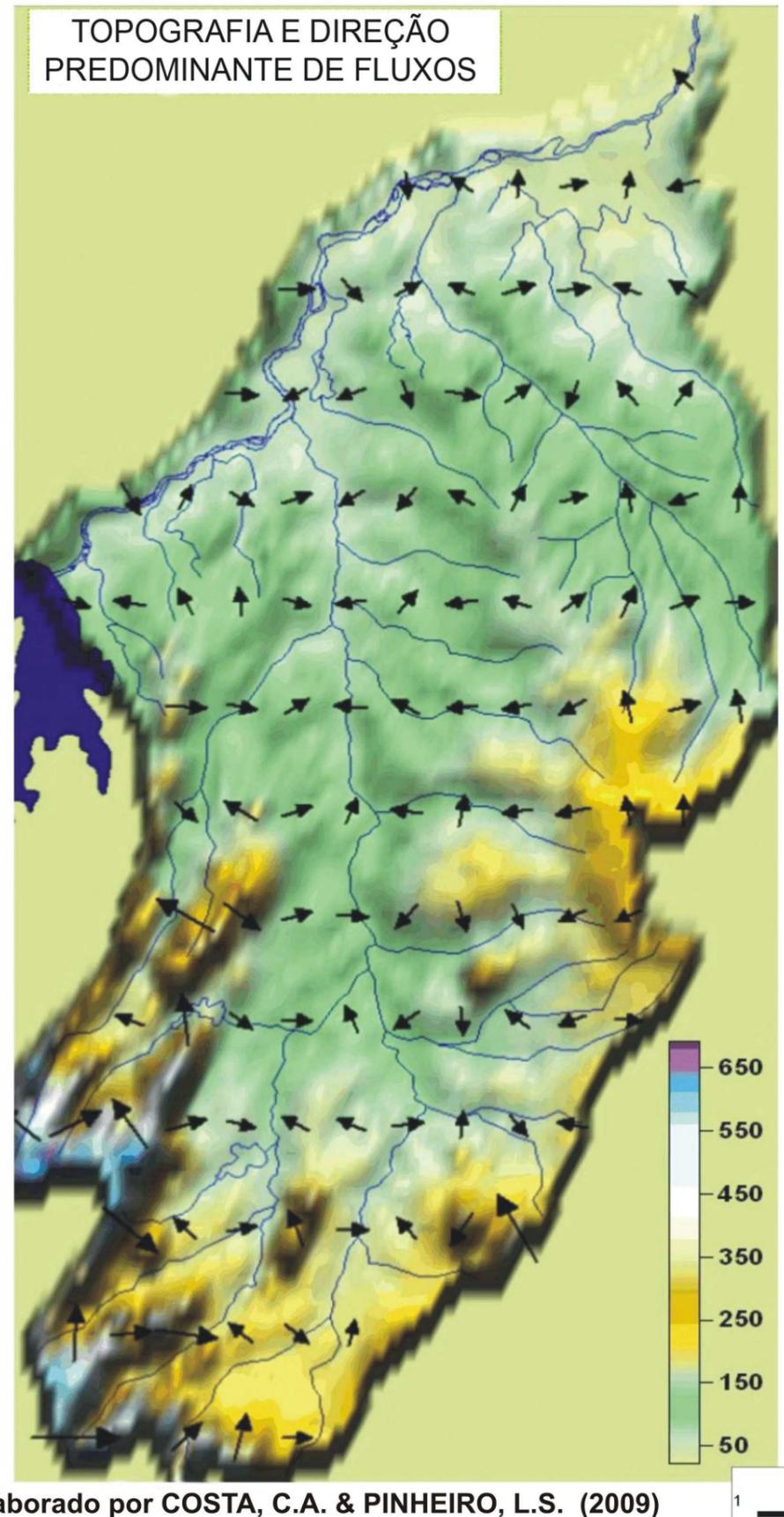
A montante da bifurcação dos canais, a Planície Fluvial do rio Jaguaribe, é aproveitada para o cultivo de feijão, batata, limão, além da rizicultura através de irrigação por processos de inundação. Todavia, esse espaço não possui o mesmo valor do passado, pois, se antigamente estar próximo do rio era uma possibilidade de sucesso na agricultura, na atualidade outras áreas foram incorporadas ao processo produtivo, já que a tecnologia possibilita levar água para lugares distantes.

MAPA 2 – MAPA DOS SISTEMAS AMBIENTAIS

SISTEMAS AMBIENTAIS E SOLOS



TOPOGRAFIA E DIREÇÃO PREDOMINANTE DE FLUXOS



- Limite dos solos**
- ARGISSOLOS - P
 - LUVISSOLOS - T
 - NEOSSOLOS FLÚVICOS - RY
 - NEOSSOLOS LITÓLICOS - RL
 - VERTISSOLOS - V
- SOLOS**
- ARGISSOLOS - P
 - LUVISSOLOS - T
 - NEOSSOLOS FLÚVICOS - RY
 - NEOSSOLOS LITÓLICOS - RL
 - VERTISSOLOS - V
- Drenagem**
- Açúdes e rios

Legenda

- Planície Fluvial
- Rebordo e Patamares da Chapada do Apodi
- Maciço Residual da Serra do Pereiro
- Sertões Moderadamente Dissecados do Médio Jaguaribe
- Tabuleiros Interiores



Fonte: Elaborado por COSTA, C.A. & PINHEIRO, L.S. (2009)

5 CONTEXTO HIDROCLIMATOLÓGICO

O conhecimento hidroclimatológico de uma bacia hidrográfica é fundamental para uma melhor compreensão da dinâmica que opera no sistema fluvial. O escoamento superficial, o qual dá origem à formação de rios, sofre influência das condições climáticas. Além deste, a litologia repercute de forma significativa no deflúvio dos rios, pois, dependendo do tipo de terreno, as taxas de infiltração e escoamento podem ser maiores ou menores.

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), para entendermos o clima de determinada área, é necessária a identificação dos controles climáticos a que ela está submetida. Com uma dimensão territorial de 8.511 km², o Brasil congrega uma variedade de tipos climáticos devido à sua disposição no globo terrestre.

No Estado do Ceará, predomina o subtipo climático denominado de tropical equatorial, também tipificado de semi-árido com 9 a 11 meses secos. Além da irregularidade tempo-espacial das precipitações, as altas temperaturas, associadas ao domínio dos terrenos cristalinos, contribuem para uma elevada deficiência hídrica nas áreas de espacialização desse clima (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Ao estudar fatores que influenciam na determinação do clima da região Nordeste do Brasil, Ferreira e Mello (2005) mencionam alguns mecanismos que estão ligados diretamente à ocorrência de chuvas ou estiagens nessa região:

- El Niño-Oscilação Sul (ENOs);
- Temperatura na Superfície do Mar (TSM), na bacia do oceano Atlântico, Ventos alísios, Pressão ao Nivel do Mar (PNM);
- Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico;
- Frentes Frias;
- Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN);
- Linhas de Instabilidade (LI);
- Complexos Convectivos de mesoescala (CCM); e
- Brisas marítimas e terrestres

A Zona de Convergência Intertropical merece destaque especial (Figura 26). Como principal sistema provedor de chuvas do Ceará tem sua ação associada ao eixo de inclinação da terra, onde ora se posiciona mais no hemisfério norte (solstício de inverno no hemisfério sul), ora mais ao sul durante o solstício de verão nesse hemisfério (FERREIRA; MELLO, 2005).



FIGURA 26 – Imagem do satélite NOA, mostrando a ação da ZCIT no Estado do Ceará.
Fonte: FUNCEME (2008).
(<http://www.funceme.br/DEMET/Index.htm>)

A ZCIT é formada pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e alísios do hemisfério sul. Sua posição no globo é influenciada pela TSM do Oceano Atlântico Tropical. Sua migração da posição 14° N em agosto-outubro para a posição mais ao sul (2 a 4° S) entre os meses de fevereiro a abril influencia a ocorrência de precipitações nesse período (FERREIRA; MELLO, 2005).

A circulação atmosférica sobre a região tropical é fortemente influenciada pela TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico. Quando as águas da parte leste da Bacia do Pacífico estão mais aquecidas (Costa do Peru), tem-se a configuração do fenômeno conhecido como El Niño (FERREIRA; MELLO, 2005). Quando da ocorrência do El Niño, a região Nordeste do Brasil apresenta um índice de precipitação inferior à sua condição normal, pois, como mostra a Figura 27, no Nordeste Semi-árido ocorre o ramo descendente dificultando a formação de nuvens e descida da ZCIT.

As características do clima semi-árido que predomina no território cearense influenciam diretamente nas condições hidrológicas da bacia em estudo,

posto que a sazonalidade das chuvas implica na irregularidade da vazão do rio Jaguaribe. “As chuvas se concentram, principalmente nos meses de fevereiro/março/abril, quando o Estado fica sobre a influência da ZCIT, principal, sistema atmosférico causador da precipitação.” (ZANELLA, 2005, p. 172).

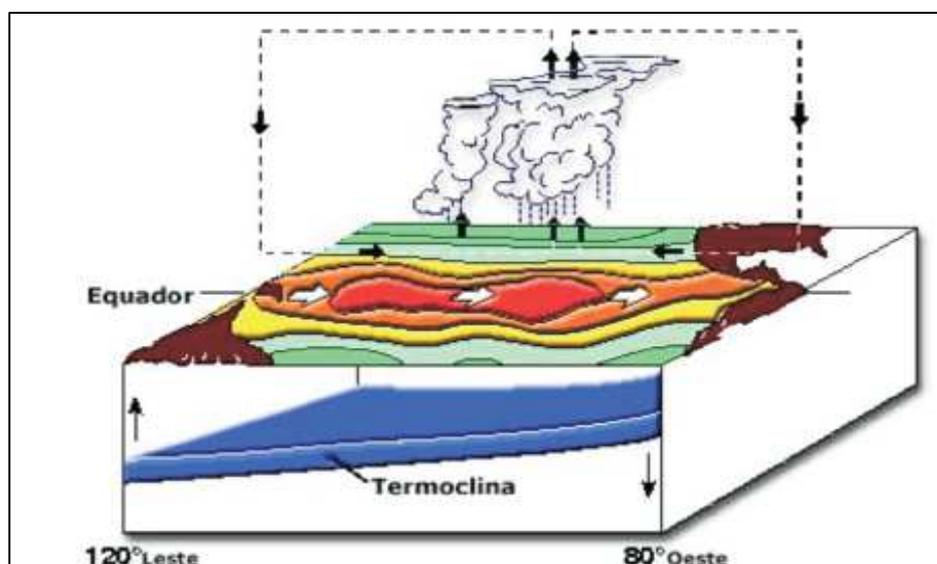


FIGURA 27 – Célula de Walker em condições de El Niño.
Fonte: SEMACE (2007).

Observando os dados de precipitações registrados em quatro postos pluviométricos localizados na área da bacia estudada (Quadro 1), percebe-se a variabilidade interanual das chuvas para um período de 30 anos (1979 - 2008). Vale ressaltar que apesar da existência de outros postos na bacia, apenas estes apresentam uma uniformidade das leituras nas últimas décadas.

QUADRO 1 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA BACIA				
Posto	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
IRACEMA	Iracema	549	3818	140
ALTO SANTO	Alto Santo	531	3815	79
SÃO JOÃO DO JAGUARIBE	São João do Jaguaribe	517	3816	51
TABULEIRO DO NORTE	Tabuleiro do Norte	515	3808	40

Fonte: FUNCEME (2008) – <http://www.funceme.br/DEMETS/Index.htm>

Conforme expressa a Figura 28, a variabilidade interanual das precipitações contribui para a sazonalidade do escoamento fluvial do rio Jaguaribe e

de seus afluentes. Os totais anuais pluviométricos variaram de 120 mm a 1.800 mm, com mínimas e máximas, observadas nos anos de 1993 e 1985, respectivamente. Os maiores índices de precipitação foram observados nos seguintes anos: 1984, 1985, 1986, 1989, 2004 e 2008.

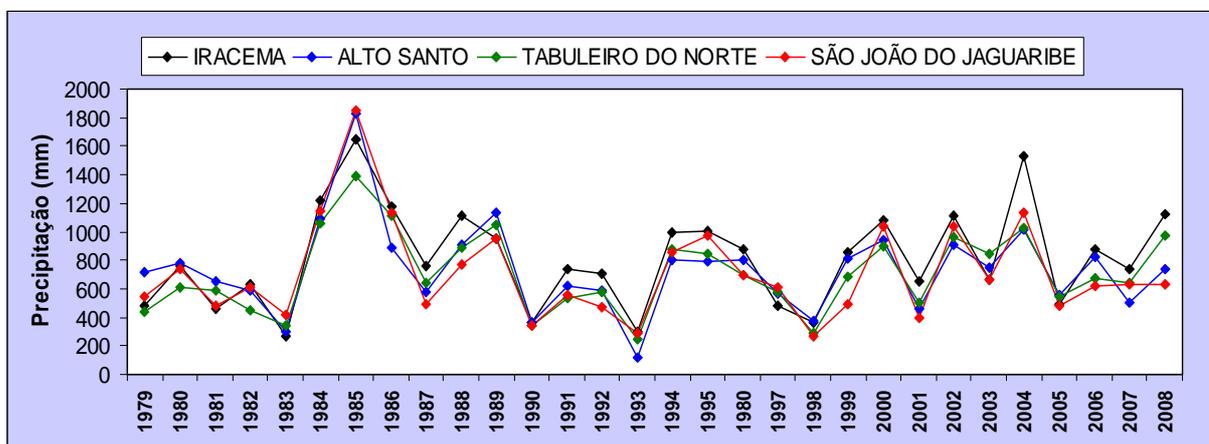


FIGURA 28 – Distribuição das chuvas no intervalo de 30 anos (1979-2008) em quatro postos pluviométricos na bacia estudada.

Fonte: Elaborado a partir do banco de dados da FUNCEME (2008).

Vale ressaltar que a seca de maior intensidade foi a de 1983, na qual multidões de sertanejos se alistaram nas frentes de serviços organizadas pelo Estado. “As cenas terríveis da luta pela vida foram mostradas pela televisão [...] a seca novamente aparece com toda sua força real e simbólica no cenário político nacional e mobiliza campanhas e projetos”. (NEVES, 2002, p. 100).

Em relação às cheias merece destaque as de 1985, 1989, 2004 e 2008. No entanto, o ano de 1985 ficou na memória do povo jaguaribano, pois, após três anos de seca, o rio Jaguaribe proporcionou a maior enchente para este intervalo, inundando a maioria dos municípios do médio-baixo Jaguaribe.

Vale ressaltar que as cheias do rio Jaguaribe nos anos de 2004 e 2008 foram mais intensas nas áreas situadas a montante do açude Castanhão. A grande capacidade de armazenamento d’água associado ao controle de vazão através da abertura de comportas conteve a inundação no baixo curso do rio Jaguaribe.

A intensidade das precipitações ocorridas no Estado do Ceará no ano 2008 foi o reflexo da predominância do evento La Niña (águas mais frias do que o normal) no Oceano Pacífico Equatorial e de um dipolo negativo (águas mais quentes no setor sul e frias no setor norte da bacia) de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical. Estas características térmicas foram responsáveis pela

descida e localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o norte da Região Nordeste, causando chuvas intensas em toda a Região e no Estado do Ceará (FUNCEME, 2008).

Conforme expressa a citação abaixo, ocorre anomalia na TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico (Figura 29).

No oceano Pacífico, na região do El Niño, observa-se o predomínio da cor azul que indica TSM menor que a média histórica, característica de La Niña. No oceano Atlântico tropical, na área do dipolo (indicado na figura), observa-se, na parte sul, predomínio da cor alaranjada o que representa que a TSM foi mais quente que o normal. Na parte norte predomina o branco, indicando TSM próxima da média. Este padrão de TSM do Atlântico é favorável a uma maior probabilidade de chuvas acima da média. Nesta situação ocorre uma diminuição da pressão no Atlântico Sul, diminuindo os ventos Alísios de sudeste, favorecendo a que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) se posicione mais sobre o norte do Nordeste. (FUNCEME, 2008, p. 1).

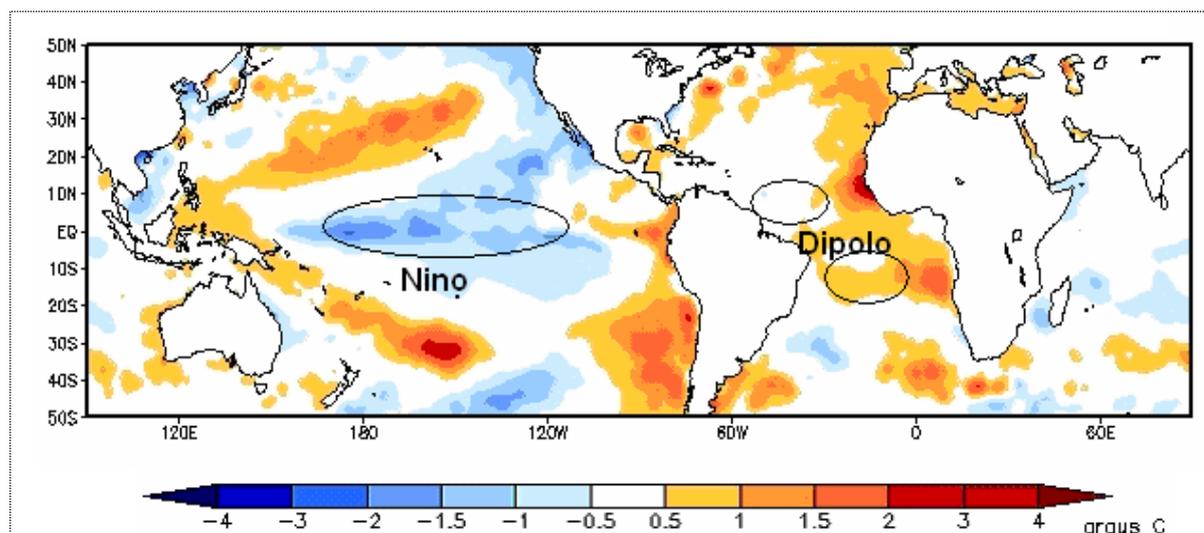


FIGURA 29 – Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) em março de 2008.
Fonte: FUNCEME (2008).

No ano 2008, as chuvas registradas no Estado do Ceará nos quatro primeiros meses foram acima da média histórica (Tabela 3). Dentre as regiões pluviometricamente homogêneas do Estado inseridas na Bacia do Jaguaribe, as que apresentaram maior índice pluviométrico foram as regiões do Cariri e Jaguaribana, sendo que na primeira foram observados 967,4 mm de chuvas com desvio de 56,4% em relação à média histórica (618,5mm), e na segunda registrou-se 773,1 mm denotando desvio de 30,7% em relação à média histórica que é 591 mm.

TABELA 3 - Precipitações registradas entre os meses de fevereiro e maio de 2008, nas regiões pluviometricamente homogêneas do Estado do Ceará.				
Regiões	Média histórica (mm)	Observado (mm)	Desvio %	Categoria
Litoral Norte	778,3	1002,5	28,8	Acima da média
Litoral do Pecém	702,0	766,3	9,2	Em torno da média
Litoral de Fortaleza	851,6	842,5	-1,1	Em torno da média
Maciço de Baturité	698,3	707,0	1,2	Em torno da média
Ibiapaba	716,5	833,5	16,3	Acima da média
Jaguaribana	591,3	773,1	30,7	Acima da média
Cariri	618,5	967,4	56,4	Acima da média
Sertão Central e Inhamuns	498,2	688,6	38,2	Acima da média
ESTADO	718,1	801,4	11,6	Acima da média

Fonte: <www.funceme.br>. Acesso em: 30 out.. 2008.

A irregularidade espaço temporal das precipitações em 2008 pode ser percebida quando se observa a variação das precipitações dos quatro postos inseridos na bacia (Figura 30).

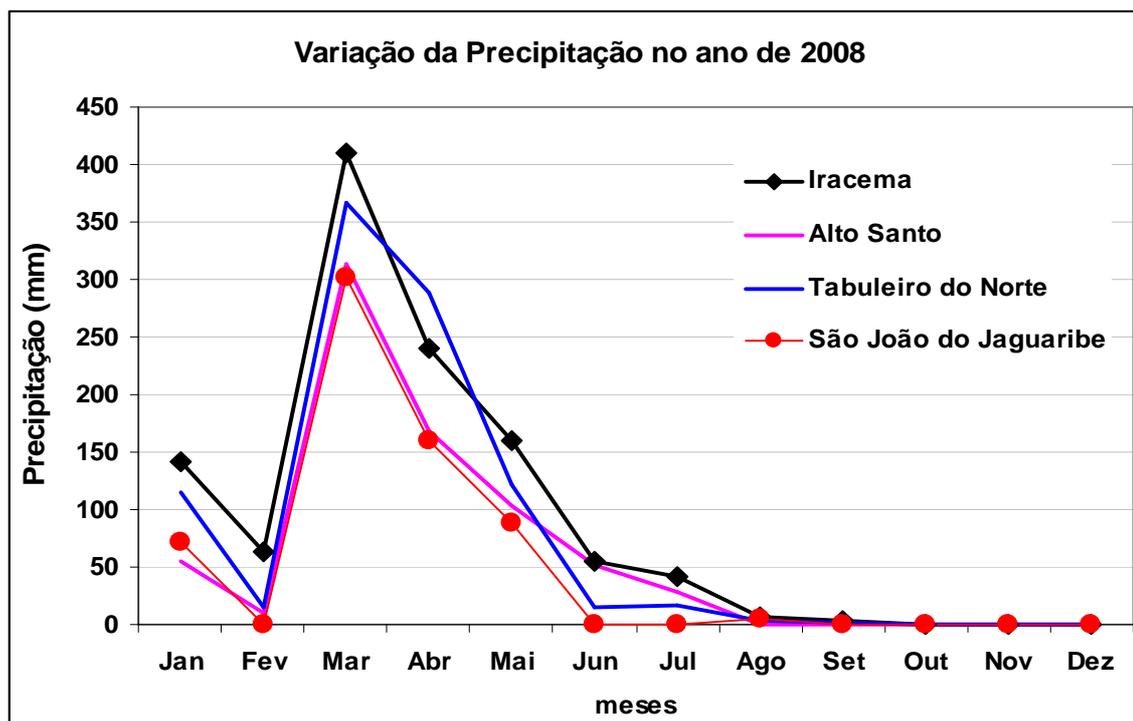


FIGURA 30 – Variação mensal das precipitações na bacia hidrográfica estudada no ano 2008. Fonte: Elaborado a partir do banco de dados da FUNCEME (2008).

A distribuição temporal foi semelhante às verificadas nas médias históricas, com valores máximos de 410 mm, entre os meses de março e maio. As chuvas se tornam intensas a partir da segunda quinzena de março. Em abril, as precipitações são maiores no início do mês, levando grande parte dos açudes a sangrarem.

Apesar da diminuição das chuvas no final de abril, no início de maio voltou a chover, embora com menos intensidade do que nos meses anteriores, contribuindo para que os açudes continuassem vertendo. A partir de agosto, as precipitações são nulas na região e o escoamento fluvial é controlado exclusivamente pela vazão regularizada do açude Castanhão e de pequenas barragens.

A evaporação é muito elevada na região com totais de 1500 mm por ano. No período chuvoso a média da evaporação é de 77 mm, enquanto no período de estio a perda média de água das drenagens, solos e outros sistemas chega perto dos 174 mm. As maiores perdas são observadas no mês de setembro, pico da insolação nessas regiões, conforme mostra a Figura 31.

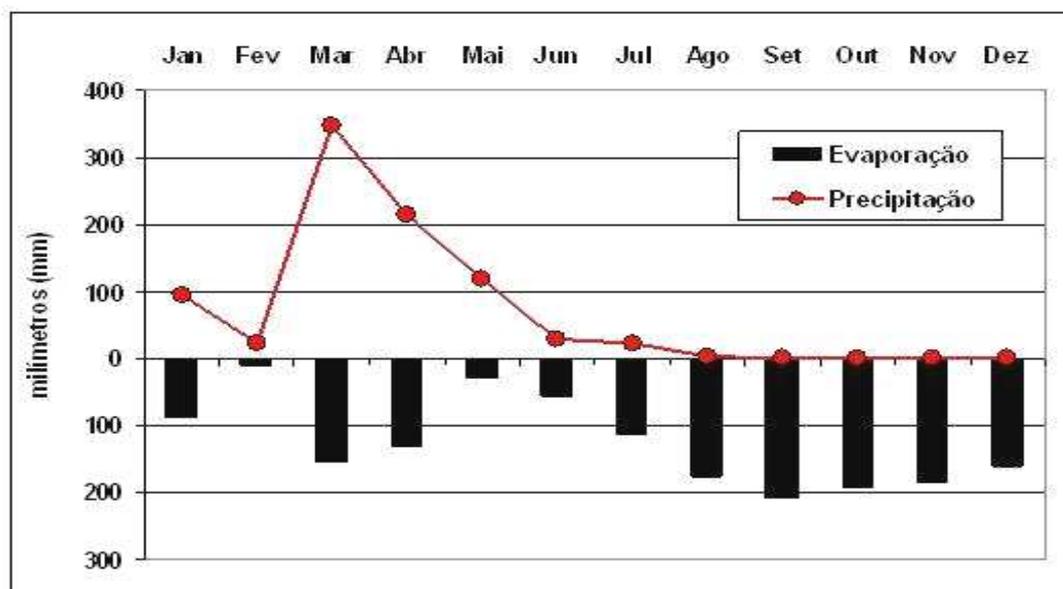


FIGURA 31 – Variação mensal das precipitações e evaporação na bacia hidrográfica do rio Figueiredo.

Fonte: Elaborado a partir do banco de dados da FUNCEME (2008).

Portanto, a concentração temporal das chuvas no semi-árido cearense é responsável pelo aumento repentino da vazão dos rios, que, em associação às condições litológicas das áreas sertanejas, proporcionam picos de altas vazões e estiagens prolongadas, remodelando a paisagem dos ambientes fluviais.

Apesar do controle de vazão exercido por grandes açudes na bacia do Jaguaribe, em anos cujas chuvas excedem a média histórica, como ocorridos em 2004, 2008 e 2009, as cidades jaguaribanas são atingidas por inundações gerando prejuízos e transtornos à população local, como mostra a matéria do Jornal Diário do Nordeste de 04 de maio de 2009.

Há pelo menos uma semana, grande parte do município de Jaguaruana está debaixo d'água. Ontem à noite foram contabilizados pela coordenação municipal da Defesa Civil mais de mil famílias desabrigadas. Mesmo fornecendo centenas de cestas básicas, redes, colchonetes e litros de leite, a prefeitura alerta para o colapso na ajuda aos desabrigados. Com a lotação nas escolas municipais, até fábricas estão parando as atividades para abrigar famílias. Em apenas um dia o rio Jaguaribe subiu mais de meio metro. O município ainda espera socorro pela Defesa Civil do Estado. (MELQUÍADES JÚNIOR, 2009)

Estudos objetivando entender a dinâmica do escoamento fluvial na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe têm início nos primeiros anos do Século XX.

De acordo com Brasil (1996), os primeiros registros de vazões realizados no Vale do Jaguaribe se remetem a 1911-1912, onde foi implantada uma estação hidrométrica nas proximidades da cidade de Iguatu a partir da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS). No entanto, a irregularidade das medições proporcionou uma lacuna dos registros no período 1916-1920 em algumas estações.

Apesar da melhoria desse sistema no início da década de 1920, é a partir de 1960 que a SUDENE implementa uma ampla reformulação coordenada pelo Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe (GEVJ). Portanto, é a partir desse período que se observam maiores regularidades dos registros de vazões do rio Jaguaribe e seus afluentes (BRASIL, 1967).

A partir de 1970 a CPRM ficou responsável pela operacionalização e manutenção da Rede Hidrométrica Básica Nacional, cuja responsabilidade era do Departamento Nacional de Energia Elétrica (DNAEE). Posteriormente, foram incorporadas a CPRM as estações antes monitoradas pelo DNOCS e SUDENE. Na atualidade, a Agência Nacional de Águas (ANA) é responsável pelo fornecimento das informações das estações hidrométricas existentes no país. No entanto, a parte operacional ainda fica a cargo da CPRM (BRASIL, 1996).

Na área da pesquisa, existem dois pontos monitorados pela CPRM. Um no rio Jaguaribe, localizado a jusante da ponte na BR 116 no Distrito de Peixe

Gordo, município de Tabuleiro do Norte, e outro no rio Figueiredo, no município de Alto Santo.

De porte dos dados da ANA, foram realizados gráficos que denotam a sazonalidade da vazão desses dois rios na área de transição das bacias do médio e baixo Jaguaribe. No que tange ao rio Figueiredo, cuja área de drenagem é de 2.448,9 km² (BRASIL, 1996), foi observada a vazão média mensal para o intervalo 2000-2007, além do ano de 2008, conforme mostra a Figura 32.

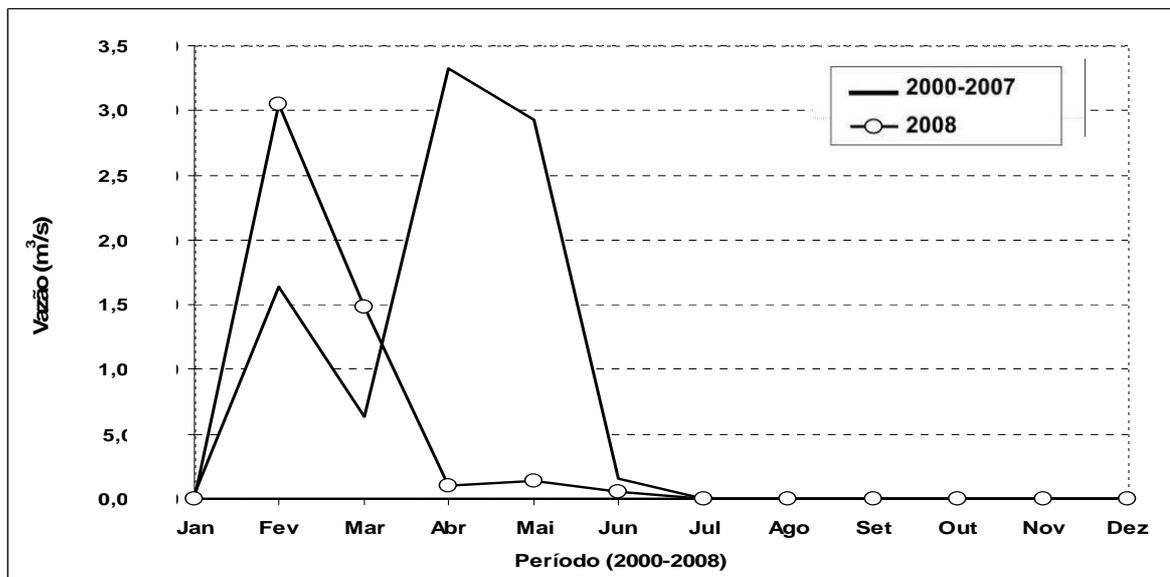


FIGURA 32 – Vazão média mensal do rio Figueiredo no período de 2000-2007 e no ano de 2008. Fonte:Elaborado a partir do banco de dados da ANA (2008).

Sendo um rio intermitente, que ainda não possui regularização de sua drenagem, é percebido que o escoamento fluvial é restrito ao primeiro semestre do ano. Ressalta-se que a predominância de terrenos impermeáveis, associada à alta temperatura, não permite a concentração de água nesta bacia que proporcione um escoamento mais uniforme. Para este intervalo, as maiores vazões são evidenciadas no mês de abril e maio.

Em relação ao ano de 2008, é perceptível o pico de sua vazão máxima em fevereiro, declinando a partir de março. Esse retrato mostra que as altas vazões registradas no rio Jaguaribe não têm relação com as águas escoadas da bacia do Figueiredo, pois a média mensal da vazão girou em torno de 3 m³/s.

Vale ressaltar que no rio Figueiredo está sendo construída uma barragem com a capacidade de acumular 519 milhões de m³, objetivando a regularização desta bacia. A perenização desse rio culminará com o avanço do processo de

irrigação dessas várzeas, além de alterações na dinâmica hidrossedimentológica imposta pela presença regular de um fluxo hídrico.

Em relação ao rio Jaguaribe, a Figura 33 mostra as médias históricas de vazão na estação de Peixe Gordo para três situações: intervalo temporal de 41 anos (1961-2002), antes do início de operação do açude Castanhão; decênio (1998-2008); e 2004, na qual a vazão do rio Jaguaribe nessa seção foi bem significativa.

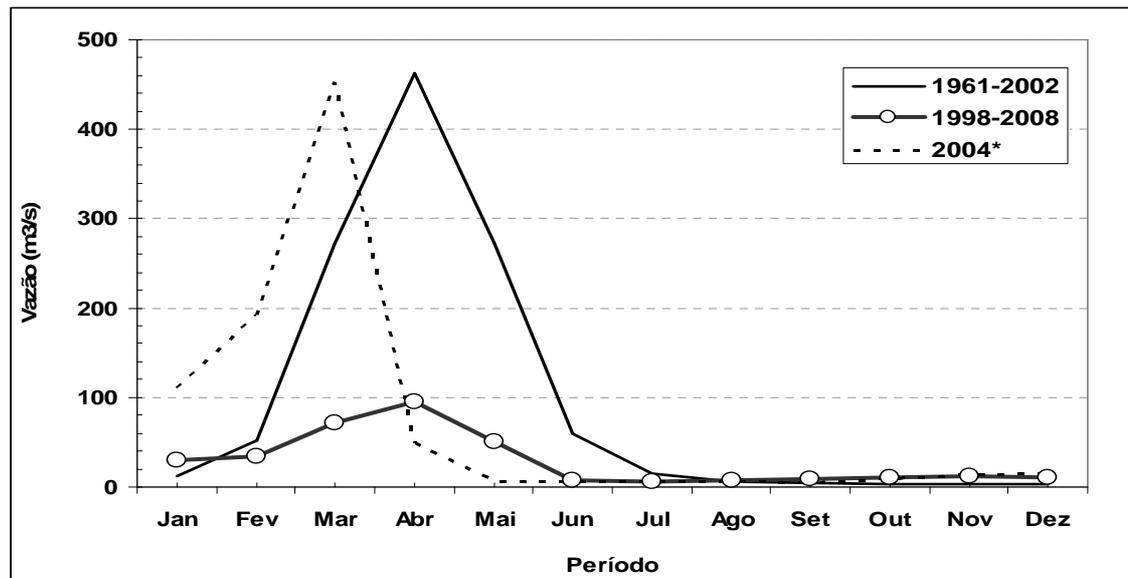


FIGURA 33 – Médias históricas da vazão do rio Jaguaribe na localidade de Peixe-Gordo no período de 1961-2002, 1998-2008 e em 2004. *A vazão deste ano não foi computada nas médias históricas em virtude de ter sido considerada um evento anômalo. Fonte: Elaborado a partir do banco de dados da ANA (2008).

As médias mensais para o intervalo de 41 anos (1961-2002) mostram que a descarga líquida é maior entre os meses de março, abril e maio, sendo encontrada a maior vazão média que gira em torno de 460 m³/s no mês de abril. Conforme mostra a Figura 33, a vazão do rio Jaguaribe oscila entre máximas e mínimas ao longo de um ano, sendo que as maiores vazões são restritas ao período chuvoso.

A última década (1998-2008) denota uma vazão média muito baixa em relação à média dos últimos 40 anos. A diminuição da descarga líquida está associada ao início de operação do açude Castanhão que mantém o controle sobre o escoamento fluvial, liberando apenas uma vazão mínima para os múltiplos usos a jusante. Uma média de 100 m³/s para o mês de maior intensidade do escoamento mostra a eficiência desta obra na regularização da drenagem de parte do médio e baixo curso da bacia do Jaguaribe.

Quando se observa o ano de 2004 (Figura 33), primeiro ano em que o açude Castanhão teve suas comportas abertas, é percebido o escoamento intenso do rio Jaguaribe em curto espaço temporal. Portanto, a vazão registrada nos meses de fevereiro e março é comparável à média mensal dos anos em que não existia esse barramento.

As chuvas em 2004 foram mais intensas no início do ano, ocorrendo assim um retardamento das maiores vazões em relação à média registradas nos outros anos (Figura 33). Dos 123 açudes monitorados pela COGERH em 2004, 95 sangraram, equivalendo a 77,2% (COGERH, 2007).

As Repercussões das Frentes Frias (RFF) associadas à formação de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), provocaram índices pluviométricos importantes para os dias 27 e 28/01/08. No dia 29 a influência do VCAN, associado a ZCIT, que se deslocou para o sul causaram índices pluviométricos elevados. (ZANELIA; MELLO, 2006, p. 202)

Conforme citado anteriormente, vários fatores foram determinantes para a ocorrência de eventos extremos em janeiro de 2004. Os registros de quatro postos pluviométricos na bacia estudada apontaram uma média de 432, 5 mm para este mês, contribuindo para as elevadas vazões no rio Figueiredo, principal afluente da margem direita do rio Jaguaribe a jusante do açude Castanhão (Figura 33).

Todavia, considerando que o açude Castanhão interceptava as águas das bacias do Salgado, Alto e Médio Jaguaribe, percebe-se que a vazão registrada na seção de Peixe Gordo (Figura 33) está atrelada à elevação das águas do rio Figueiredo e não do rio Jaguaribe. A Figura 34 mostra o registro de vazões diárias desse afluente, para o mês de Janeiro, denotando uma descarga líquida bastante significativa (505 m³/s) principalmente nos dias 29 e 30, coincidindo, assim, com os eventos extremos ocorridos no Estado do Ceará.

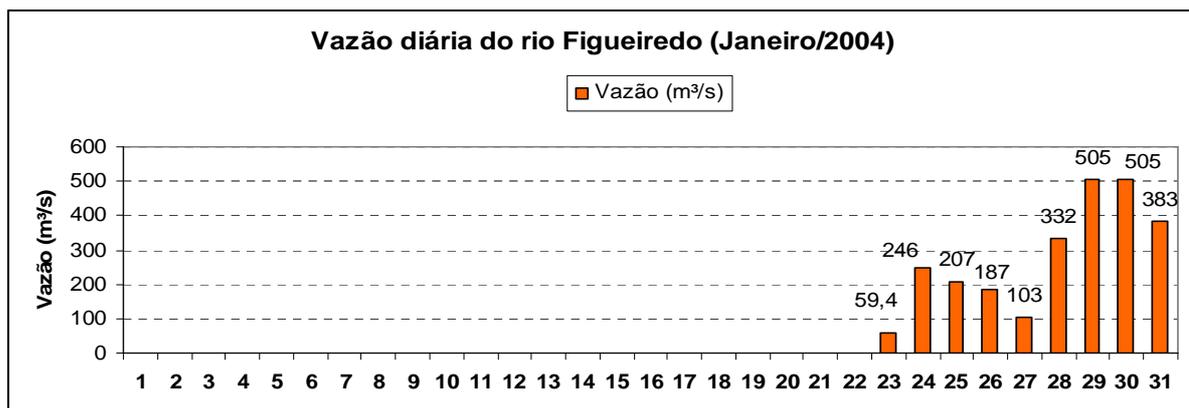


FIGURA 34 – Vazão diária do Figueiredo no mês de janeiro de 2004.
Fonte: Banco de dados da ANA (2008).

Quatro anos depois, em 2008, o rio Jaguaribe novamente proporciona enchentes. Os dados fornecidos pela ANA através de curva-chave denotam vazões muito altas na seção de Peixe Gordo, ultrapassando 1600 m³/s. As vazões máximas são registradas a partir dos últimos dias do mês de março, além do mês de abril e maio, conforme indica a Figura 35.

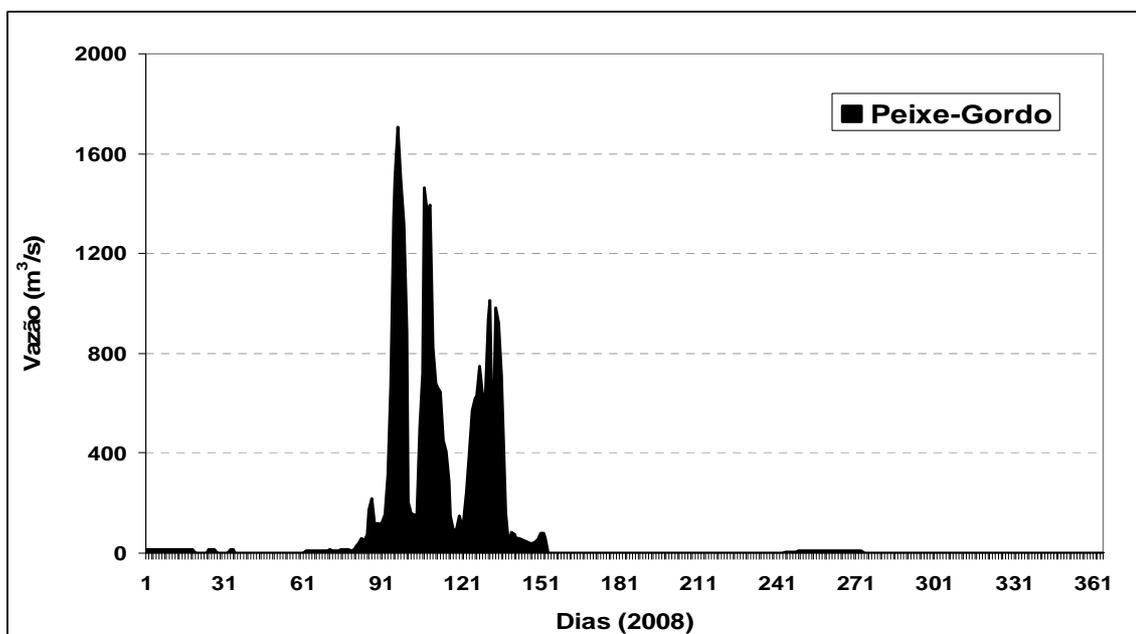


FIGURA 35 – Vazão diária do rio Jaguaribe na localidade de Peixe-Gordo no ano de 2008.
Fonte: Banco de dados da ANA (2008).

A evolução da descarga líquida relaciona-se perfeitamente com o histórico de precipitações apresentado anteriormente. Outro fator significativo para esta vazão foi a liberação das águas do açude Castanhão no início do mês de Abril.

Na Tabela 4, pode ser observado o controle exercido pelo açude Castanhão na vazão do rio Jaguaribe. Quando as chuvas se intensificaram, a vazão liberada era muito pequena, como as verificadas entre os dias 26 de março e 1º de abril (2 m³/s). No entanto, a partir do dia 2 de abril a vazão liberada foi de 588 m³/s devido o açude ultrapassar a cota 100.

No dia 10 de abril as comportas novamente são fechadas e a vazão liberada diminui (3 m³/s). A alternância entre vazões máximas e mínimas (Tabela 4), principalmente durante o mês de abril e início do mês de maio, teve por objetivo controlar as cheias a jusante desse açude, já que a montante o nível das águas estava bastante elevado, provocando inundações

TABELA 4 – Vazões liberadas pelo açude Castanhão (2008)			
Data	Vazão m³/s	Data	Vazão m³/s
21/02/08 - 25/03/08	8	30/04/08 -01/05/08	169
26/03/08 - 01/04/08	2	02/05/2008	375
02/04/08 - 09/04/08	588	03/05/08 -04/05/2008	509
10/04/08	3	05/05/2008	500
11/04/08- 16/04/08	15	06/05/2008	330
17/04/08	800	07/05/2008	500
18/04/08	400	08/05/08 -13/05/08	660
22/04/08-29/04/08	9	14/05/08 - 19/06/08	9

Fonte:Elaborado a partir do banco de dados COGERH (2008).

Vale ressaltar que a acumulação de água no ano de 2008 foi superior a 2004, conforme afirma a matéria do Jornal O Povo do dia 06 de junho.

O Ceará atingiu, na manhã de ontem, o maior acúmulo de água em seus reservatórios desde 2004. A capacidade máxima nos açudes monitorados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (Cogerh) chegou a cerca de 15 bilhões e 247 milhões de metros cúbicos (m³). Em percentual, o volume atingiu 85,57% da capacidade total dos locais. Em 2004, o recorde foi de 85,55%. (NOGUEIRA, 2008)

De acordo com Morais et al. (2008), as condições geológicas, associadas às características climáticas, conferem às bacias hidrográficas do Estado do Ceará um alto índice de escoamento superficial. São observadas elevadas vazões em períodos chuvosos, ao passo que na ausência de chuvas os leitos dos rios chegam a secar totalmente.

Por essas razões é que neste Estado se observa uma marcante presença de açudes e barragens ao longo de seus rios e riachos que, há várias décadas, vêm sendo construídos com o objetivo de acumular água na época de chuvas para utilizá-la durante as estiagens. (MORAIS et al. 2008, p. 30)

O regime de escoamento do rio Jaguaribe é o reflexo não somente da dinâmica dos elementos naturais (clima, geologia, geomorfologia, pedologia etc.), mas também da artificialidade imposta a esse ambiente através da construção de grandes açudes.

Portanto, compreender as características atuais de escoamento nesta bacia perpassa pelo entendimento das transformações sócio-espaciais, responsáveis pela alteração da dinâmica desses ambientes. O que observamos hoje é a resposta deste rio às mudanças impostas em seu sistema natural.

6 DINÂMICA DO CANAL FLUVIAL

6.1 Hidrologia e Características Morfológicas dos Canais

O fluxo hidrológico nos ambientes fluviais da região semi-árida cearense possui estreita relação com a morfodinâmica dos interflúvios sertanejos. A desagregação granular e a esfoliação térmica proporcionam a liberação de detritos rochosos, que em associação aos sedimentos de menor granulometria advindo da destruição dos horizontes superficiais do solo, fluem para dentro das calhas dos rios formando um grosso pacote sedimentar (SOUZA, 2000).

Portanto, a própria condição litológica dos terrenos cristalinos denota alta capacidade erosiva, pois não havendo possibilidade de infiltração o fluxo hídrico se torna intenso e a erosão é acelerada. Outro fator que contribui para a intensidade desta ação é a concentração de chuvas em um curto período de tempo, além dos tipos de usos que se estabeleceram na bacia ao longo dos séculos, a exemplo da criação de gado associado ao plantio do algodão, que contribuiu para a destruição da vegetação nativa, deixando o solo mais vulnerável à erosão.

A mudança brusca da descarga líquida proporciona alterações na morfologia dos canais de drenagem. “O conjunto das formas, e cada forma entre si, representam a interação dinâmica entre o material do leito e o fluxo da corrente” (BIGARELLA, 2003, p. 1294). Desse modo, a forma nunca é inteiramente independente do fluxo. Isso revela que alterações bruscas no regime de vazões de um rio podem levá-lo à busca de novas configurações e novas formas de equilíbrio.

Observando os perfis topográficos da seção molhada durante os meses de março, junho e agosto, são perceptíveis as modificações na morfologia do leito. As maiores alterações ocorrem entre os meses de março e junho, pois foi nesse intervalo que ocorreram vazões próximas a 400 m³/s.

No **Ponto 1 (São João do Jaguaribe)**, a largura do canal no período de estiagem variou de 30 a 40 m, com canal em forma de U, apresentando bancos de areias na parte central e margem esquerda do leito. As velocidades da corrente em março/08 chegaram a 0.46 m/s. Os campos de velocidade variaram de 0.16 a 0.46 m/s, com média de 0.31 m/s. Estratificação vertical de velocidade significativa foi

observada a uma distância de 15 m da margem direita, revelando área de maior profundidade (0,80 m) e transporte efetivo do canal (Figura 36).

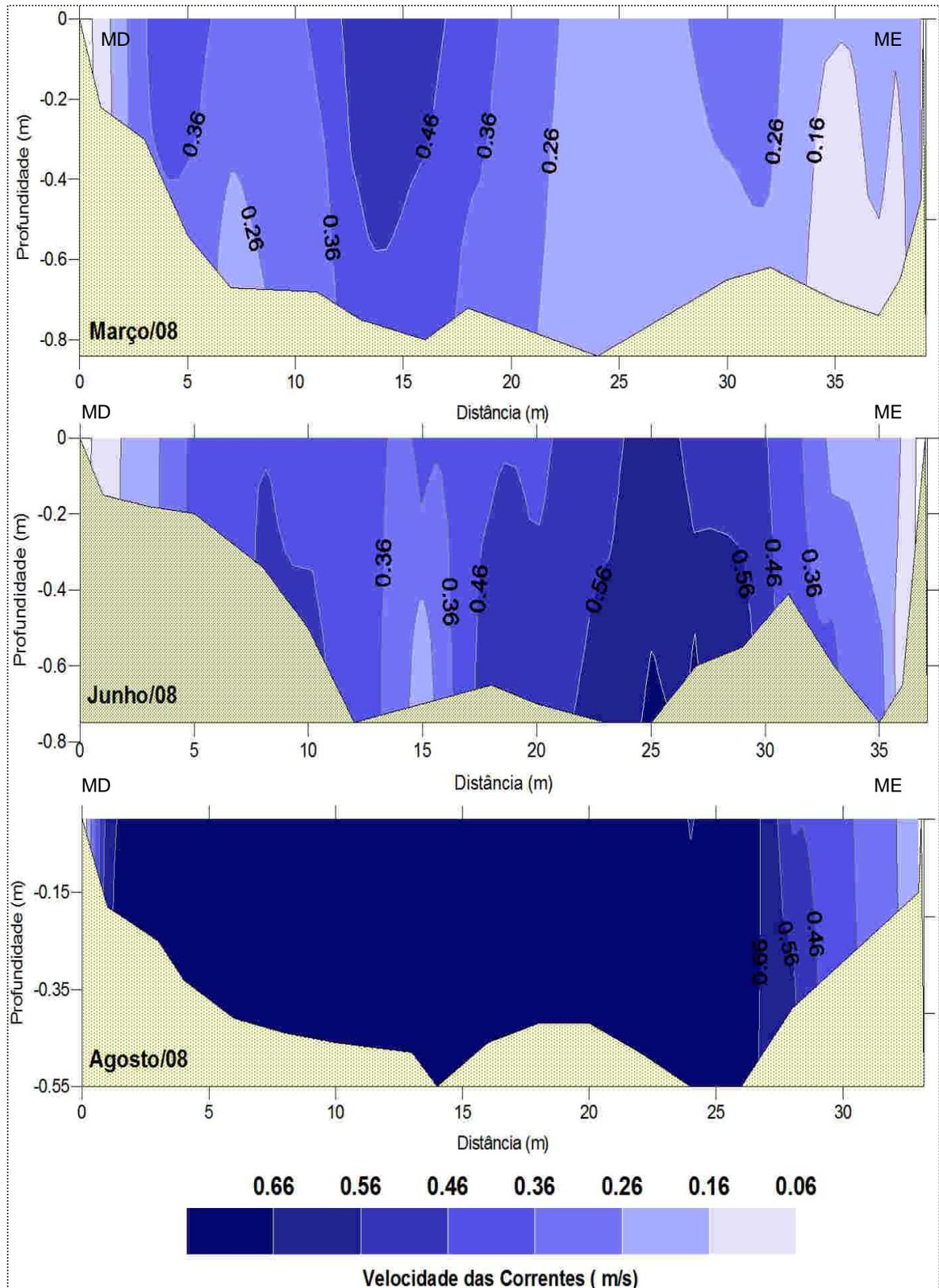


FIGURA 36 – Perfis topográficos da seção molhada em São João do Jaguaribe no ano de 2008. Fonte: Dados da pesquisa.

No mês de maio, pico da quadra chuvosa de 2008, a largura do canal atingiu 450 metros e a profundidade no canal principal 4,5 metros. O leito maior do rio foi completamente inundado juntamente com as áreas de inundação sazonal. O setor central do leito maior do canal é marcado por um pacote de 2,5 m de espessura de areias fluviais, que devido à emersão na maior parte do tempo, possibilitou a fixação de vegetação arbustiva e herbácea, conferindo certa estabilidade. A velocidade média neste período foi de 30 cm/s (0.30 m/s). No canal principal, a velocidade média foi de 40 cm/s (0.40 m/s). Foram verificados vórtices na margem direita que proporcionaram a detecção de velocidades de 70 cm/s (0.70 m/s) conforme mostra a Figura 37.

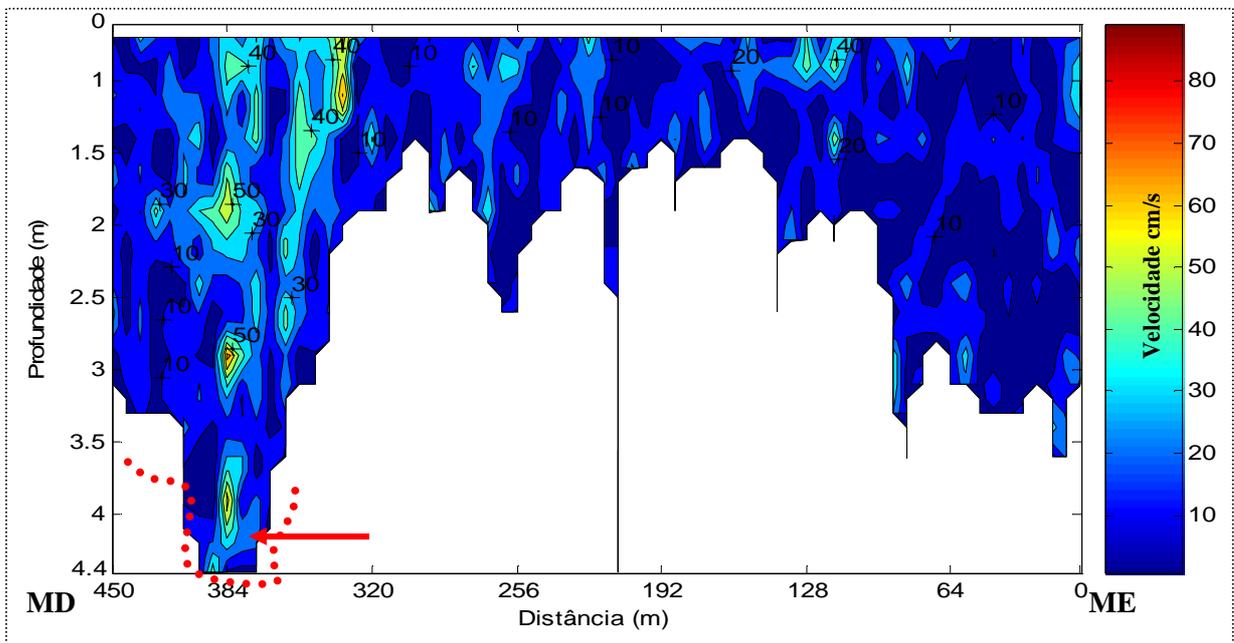


FIGURA 37 – Perfil da seção molhada do rio Jaguaribe em S. João, contendo a velocidade de corrente (cm/s) no dia 12 de maio de 2008. (.....) Canal no período de estio.
Fonte: Dados da pesquisa.

No mês de junho (Figura 36) foi observada progradação da margem direita e conseqüente migração do canal. A largura permaneceu praticamente a mesma verificada em março, o que revela certo controle dos bancos de areia. Os campos de velocidade variaram de 0.16 a 0.58 m/s. Estratificação vertical foi observada a uma distância de 25 m da margem direita do canal. No mês de agosto, a água que escoia nesse ponto é fruto apenas da liberação do açude Castanhão, que verte mais água para atender às demandas das cidades a jusante. Por isso a velocidade média do canal é de aproximadamente 0.66 m/s. Todavia, pouco a pouco

o material depositado durante a cheia vai sendo erodido, proporcionando assim a escavação da margem direita da seção.

Na seção de **Peixe Gordo (Ponto 2)** ocorre mudança abrupta na morfologia do leito entre os meses de março e junho, devido à acomodação do canal em função dos regimes de vazão do açude Castanhão e das altas vazões registradas no mês de maio/2008. Considerando que a seção molhada no período de estiagem corresponde apenas a uma parcela do canal do rio, durante as cheias o aumento do nível d'água possibilita maior erosão das margens, além da remobilização do material do leito. No período de estio, o leito da seção molhada representou apenas pouco mais de 12% da largura do canal (Figura 38). Portanto, quando o rio atinge o seu pico de vazão, o leito de estiagem é totalmente modificado.

No mês de março a velocidade da corrente variou de 0.06 a 0.66 m/s. No canal principal foram observadas correntes superficiais de 0.66 m/s e de fundo de 0.46 m/s. A largura do canal foi de 40 m com profundidade média de 0.60 m (Figura 38).

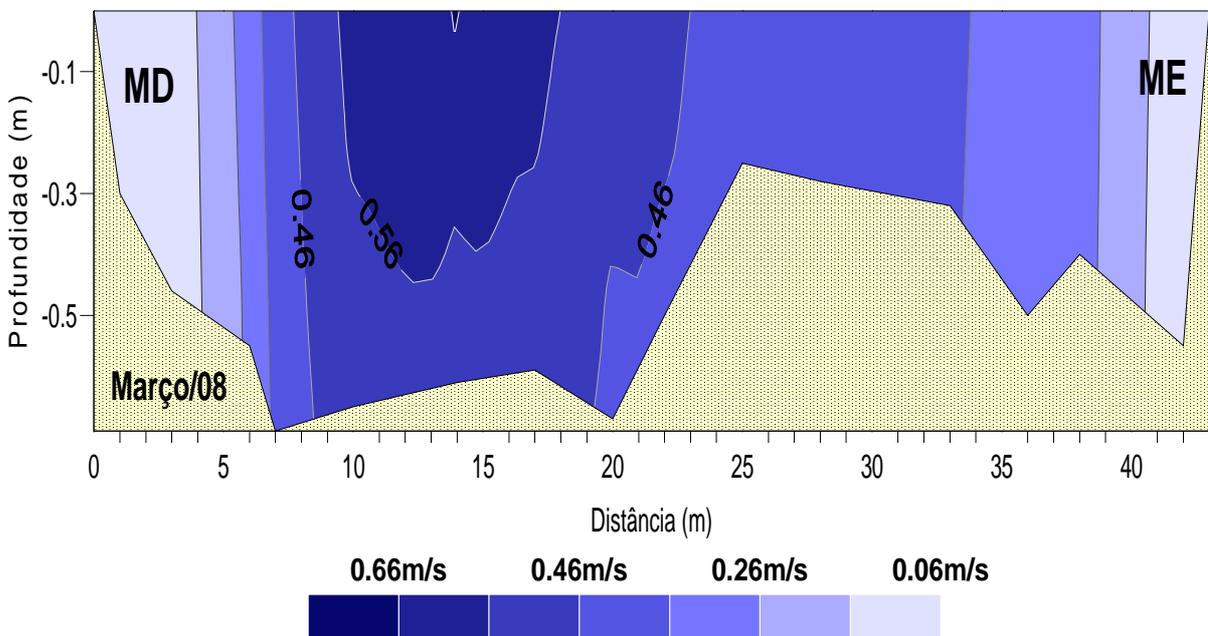


FIGURA 38 – Campos de velocidade da seção molhada da seção de Peixe Gordo (março de 2008)
Fonte: Dados da pesquisa

No mês de maio a largura do canal chegou a 360 m (Figura 39-A). Nesse período, os bancos de areia emersos em abril de 2008, como pode ser observado na Figura 39-B, foram cobertos pelas águas no mês de maio/2008. Os vetores de

velocidade variaram de 0.05 m/s a 0.80 m/s. A existência de um canal mais rebaixado na margem direita propiciou a maior presença de vórtices. Nos meses secos, as maiores velocidades se resumiram a 0.56 m/s (março), 0.26 m/s (junho) e 0.36 m/s (agosto).

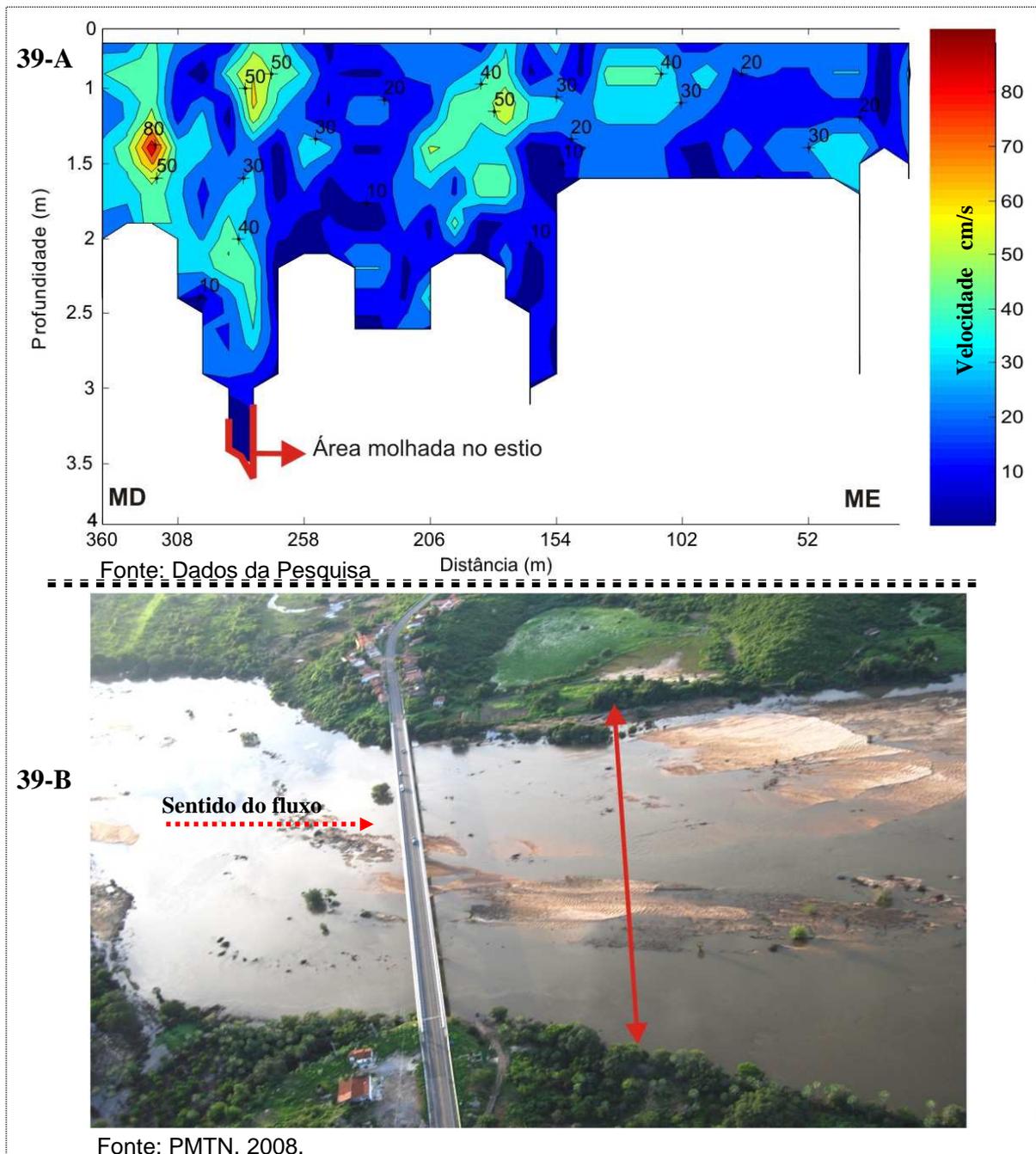


FIGURA 39 – (A) Campos de velocidade da seção molhada de Peixe Gordo, no Médio Jaguaribe, em maio de 2008. (B) Visão panorâmica do rio Jaguaribe em Peixe Gordo em abril de 2008.

O retrabalhamento do canal no mês de maio resultou na escavação e alargamento do canal na margem esquerda, como pode ser observado no perfil de junho/2008 (Figura 40). Isto promoveu menores velocidades de corrente da seção

neste setor do que as verificadas em março, pelo aumento da área de atrito, onde os valores não ultrapassaram 0.26 m/s. Nas margens a velocidade média foi de 0.16 m/s. No mês de agosto de 2008 a velocidade de corrente mantém certa homogeneidade com uma variação de 0.16 a 0.36 m/s. Não foram observadas estratificações verticais de correntes.

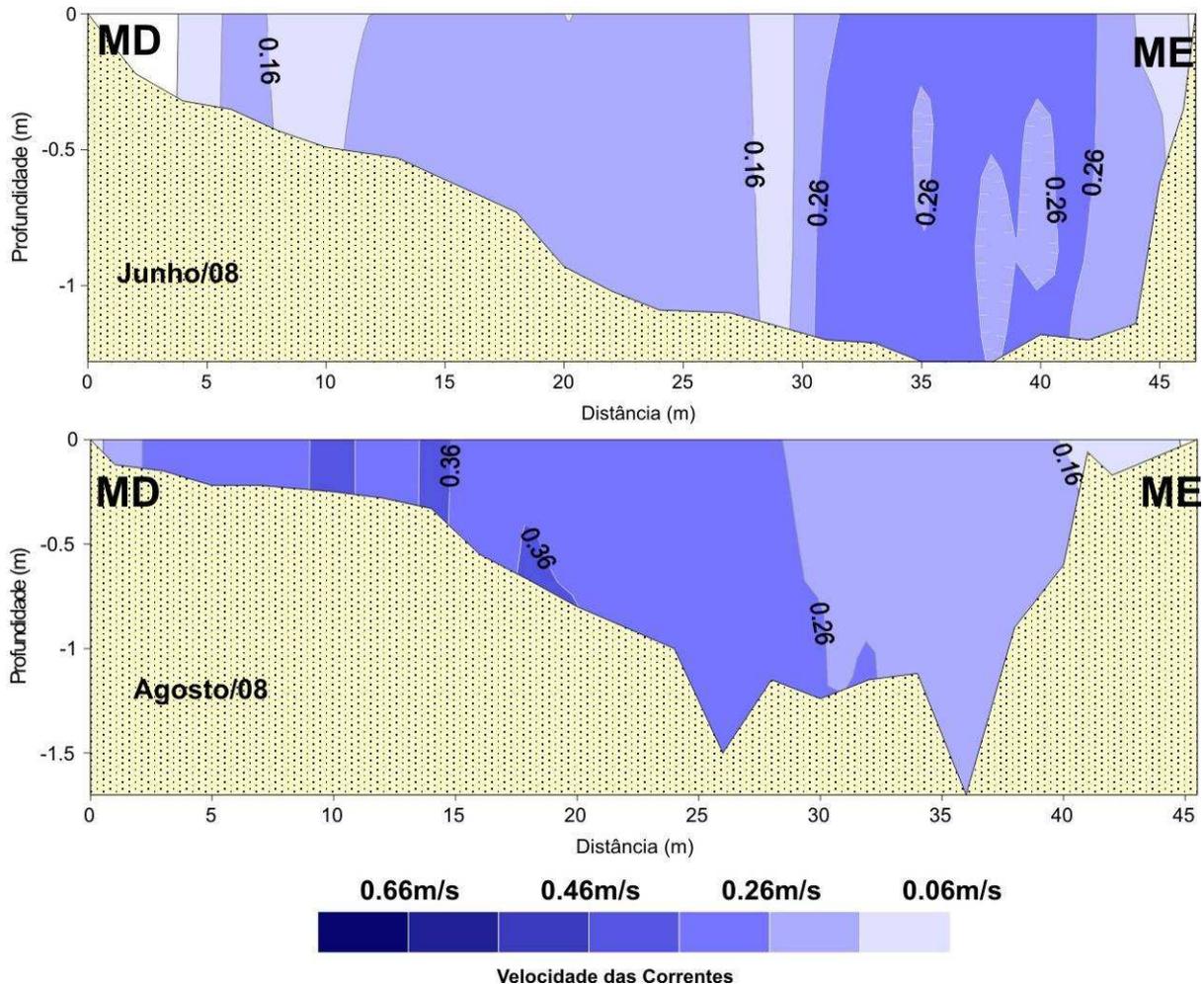


FIGURA 40 – Campos de velocidade da seção de Peixe Gordo nos meses de junho e agosto de 2008.

Fonte: Dados da pesquisa.

No **Sítio Morros (Ponto 3)**, a exemplo do que ocorreu em Peixe Gordo, a seção molhada sofreu alterações em sua morfologia (Figura 41). A destruição da passagem molhada Tabuleiro/Limoeiro proporcionou o transporte de parte do material que estava depositado a montante dessa estrutura.

Como o ponto de monitoramento fica a jusante da passagem molhada, os sedimentos transportados contribuíram para alterar a morfologia desta seção, na qual ocorreu a escavação da margem esquerda no intervalo de tempo entre os meses de março e junho. Outro fato que deve ser mencionado é que este local

apresentou a menor velocidade de corrente nos meses de estiagem, não superando 0.16 m/s (março) e 0.6 m/s (junho e agosto), como mostra a Figura 41.

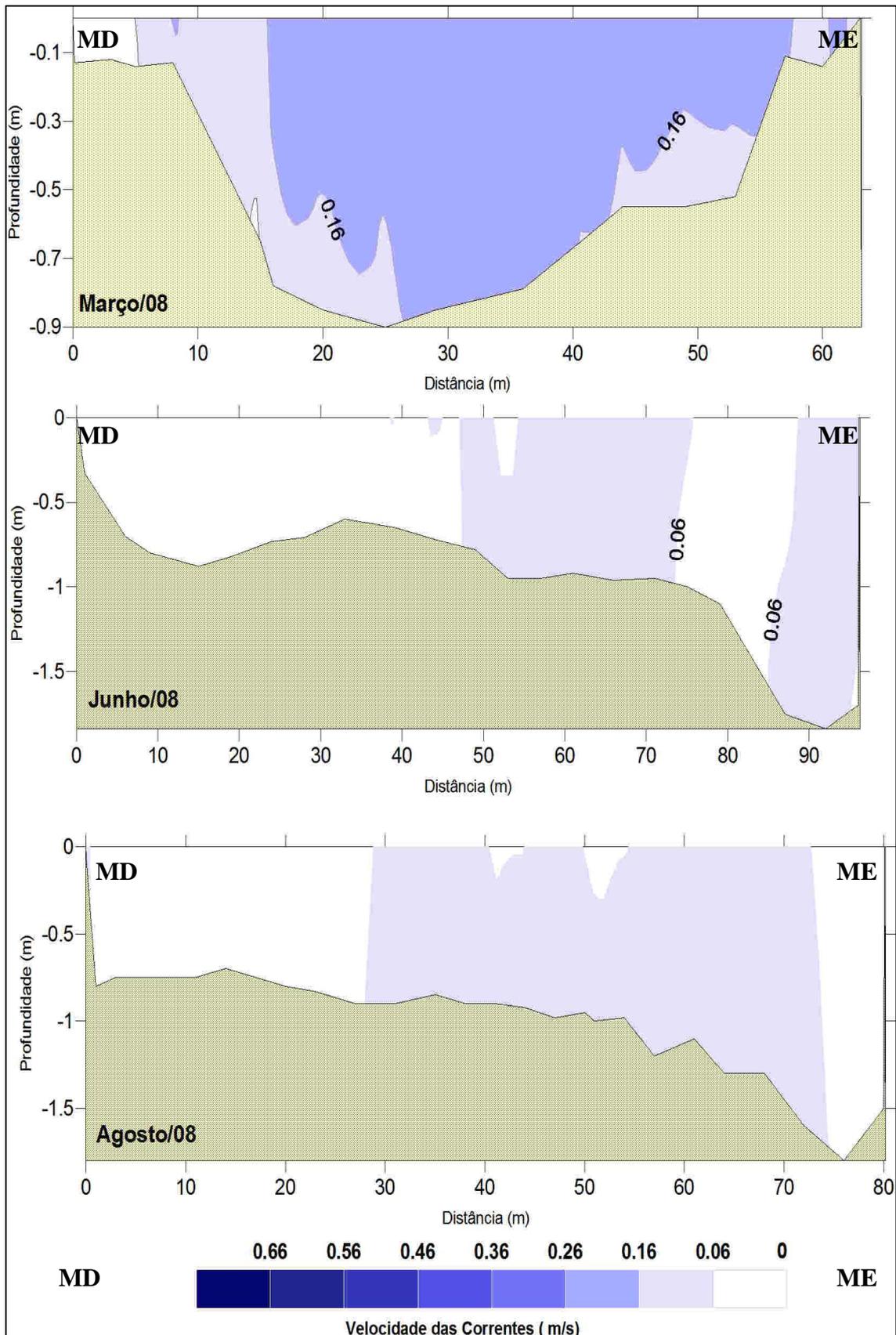


FIGURA 41 – Campos de velocidade da seção do Sítio Morros nos meses de março, junho e agosto de 2008.

Fonte: Dados da pesquisa.

processos de corrasão, possibilitando, assim, a existência de maior quantidade de sedimentos no fluxo fluvial.

Quando comparamos as três secções nos meses de março, junho e agosto, é percebido que as maiores velocidades se concentram nos **Pontos 1 e 2**, São João do Jaguaribe e Peixe Gordo. No entanto, este resultado é perfeitamente aceitável, pois o primeiro ponto situa-se no médio Jaguaribe e o segundo é tido como o limite entre o médio e o baixo curso da bacia. Isso fica claro principalmente no período de estiagens, onde a vazão é fruto apenas de liberação por meio de açudes.

Um panorama bem diferente é visualizado no mês de maio, pois é nesse mês que a descarga líquida registrada em campo foi 97% superior à encontrada nos meses de março, junho e agosto. Nesse período o rio Jaguaribe atingiu o nível de “margens plenas”, conforme definição de Christofolletti (1981).

Entretanto, nos pontos monitorados durante a pesquisa, as altas vazões são registradas com retardamento, pois o açude Castanhão freou o fluxo fluvial do rio Jaguaribe. Portanto, é devido a esse fator que a jusante do açude as maiores vazões são encontradas em abril e maio, coincidindo assim com abertura das comportas.

O regime de escoamento do rio Jaguaribe, na atualidade, é cada vez mais produto das intervenções da sociedade nesse sistema ambiental. Portanto, é nesse contexto que o rio Jaguaribe na área de transição do médio para o baixo curso deve ser entendido, pois a dinâmica que opera nesse espaço é cada dia mais artificial.

6.2 Registro da morfodinâmica e hidrodinâmica nos sedimentos de fundo.

Os sedimentos coletados no leito da seção molhada do rio Jaguaribe nos pontos de monitoramento fornecem um bom indicativo para o entendimento da dinâmica hidrossedimentológica deste sistema fluvial. As amostras de sedimentos foram coletadas nos meses de março e agosto, ou seja, antes e após o período chuvoso.

Na seção de São João do Jaguaribe houve predominância pela classificação textural de areias grossas, com aproximadamente 25% de cascalhos

litogênicos. No canal principal, próximo à margem direita, houve a predominância de areias muito grossas, pobremente selecionadas e platicurticas, que revela o contato de matérias de origens distintas. No período chuvoso, a classificação predominante em todo o canal foi de areias muito grossas, oxidadas, com cascalhos litoclásticos com concentrações superiores a 40% (Figura 43-A).

A preponderância de sedimentos grosseiros nesta seção é justificável, pois se situa na área de médio curso onde o transporte de sedimentos ainda se torna evidente e pela contribuição direta dos Neossolos Litólicos que configura a margem do canal nesta região. Embora haja o depósito de areias advindo de um pequeno fluxo que domina as estações secas, ainda assim o material fino constituído por silte e argila não consegue decantar.

Após as precipitações ocorridas em 2008, a força das águas contribuiu para o carreamento dos sedimentos mais finos através da erosão laminar. Os sedimentos constituídos por cascalhos, areias muito grossas e grossas, superam 50% do percentual coletado em todas as seções.

Em Peixe Gordo, o material coletado no mês de março teve como característica a preponderância de sedimentos arenosos (Figura 36-B). Por se encontrar na área de transição do médio para o baixo curso da bacia do Jaguaribe, é compreensível que sedimentos de padrão granulométrico classificado como areia muito grossa (2 mm - 1 mm) seja superior ao material cascalhoso. No entanto, a presença de silte e argila denota o início de processos deposicionais. Ao longo do canal, a classificação textural variou de areia média a muito grossa, com cascalhos esparsos. Esta variação é resultado da interferência dos bancos arenosos na morfodinâmica do canal e na distribuição dos campos de velocidades das correntes.

As margens deste ponto são conservadas e protegidas por vegetação de médio e grande porte, o que ressalta a contribuição de áreas a jusante no transporte de sedimentos. As curvas predominantemente leptocurticas podem justificar o remanejamento de materiais anteriormente depositados e novamente sedimentados após o período chuvoso. Após a quadra chuvosa (agosto/2008), houve aumento da textura sedimentar, predominando as areias grossas com cascalhos litogênicos, com curvas leptocurticas e moderadamente simétricas.

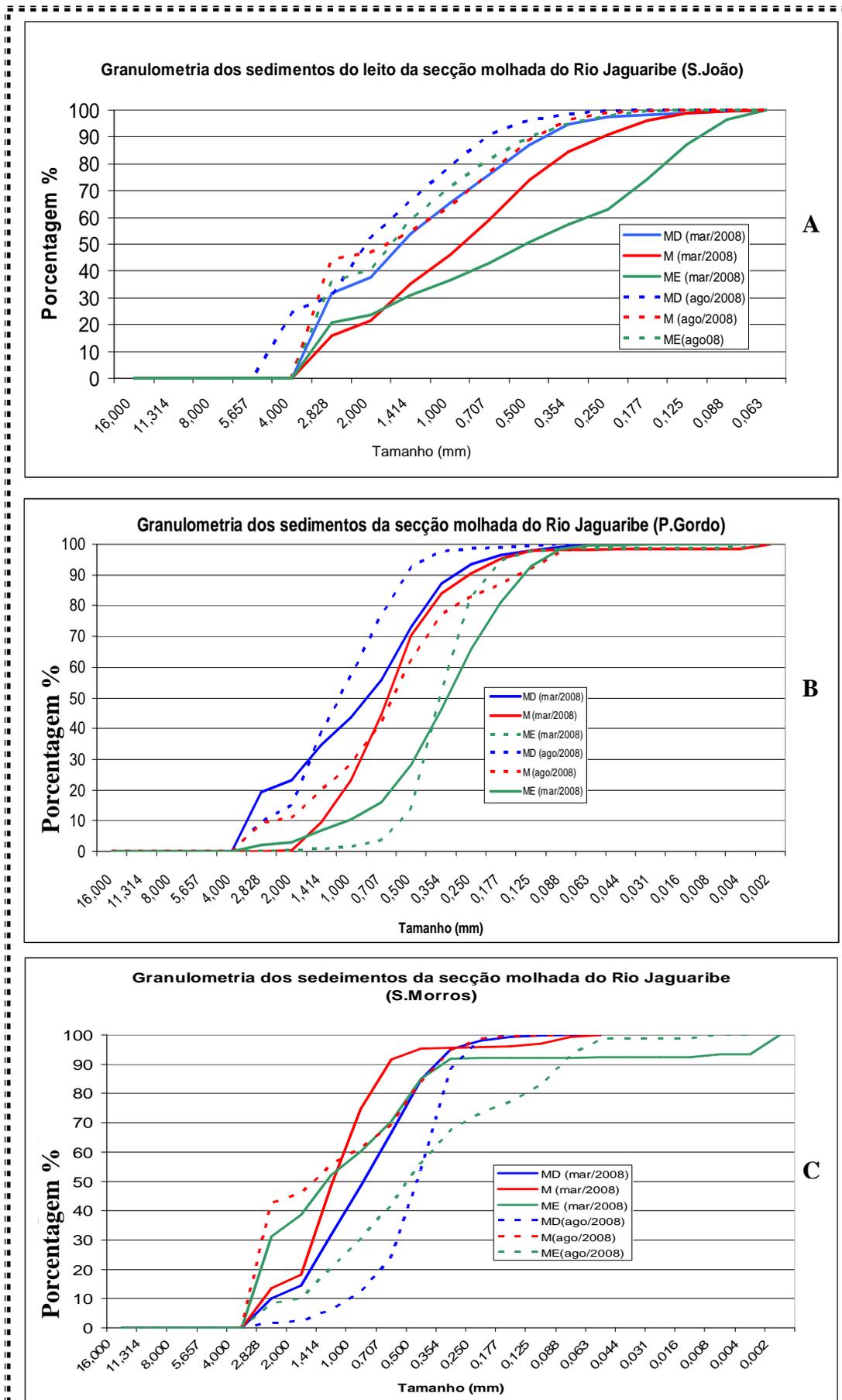


FIGURA 43 – Granulometria dos sedimentos (A) Seção de São João do Jaguaribe; (B) Peixe Gordo; (C) Sítio Morros.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na seção localizada no Sítio Morro (Figura 43-C), por se tratar de área de baixo curso, foi registrado um percentual de silte e argila maior do que o Ponto 2. Quando o fluxo fluvial do Jaguaribe percorre os terrenos de planície, tem sua força das águas diminuídas, facilitando assim a decantação de partículas menores que são transportadas em suspensão pelas correntes verticais do fluxo fluvial.

Antes da quadra chuvosa predominava em toda a seção areia muito grossa, com cascalhos esparsos de origem litogênica. Na margem esquerda foi verificada uma sutil sedimentação de silte e argilas, decorrentes de aprisionamento das águas entre bancos de areia nos períodos de menor caudal.

Os cascalhos podem ter sua origem nos afloramentos rochosos (Figura 44) que bordejam trechos da margem direita do rio desta seção para montante e de outros solos alóctones associados aos Neossolos Flúvicos.



FIGURA 44 – Afloramento rochoso na margem direita do rio Jaguaribe (Sítio Morros).

O quadro observado em agosto de 2008 chama atenção, uma vez que aumenta o material de menor granulometria, constituído de areia média, areia fina e muito fina (Figura 43-C). Isto resulta da ruptura da passagem molhada Tabuleiro/Limoeiro, evidenciando o transporte de parte dos sedimentos arenosos que se encontravam depositados a montante dessa estrutura.

Quando observamos os dados referentes à frequência acumulativa do padrão granulométrico dos sedimentos coletados nos três pontos, nos meses de março e agosto, é percebida claramente a mudança da textura dos sedimentos

depositados no leito (Figura 43). Com exceção do **Ponto 3** (S. Morros), nos **Pontos 1 e 2** ocorre o aumento da textura dos sedimentos após o período de cheia.

Nos Pontos 1 e 2, ocorre substancialmente o aumento de materiais de maior granulometria, advindo da intensidade do escoamento que se processou na bacia (Figuras 43-A e 43-B). O aumento do deflúvio do rio Jaguaribe e seus afluentes proporcionou maior capacidade erosiva do rio Jaguaribe, culminando com o aumento dos solos transportados, principalmente, Luvisolos e Neossolos Litólicos, que possuem alta susceptibilidade à erosão.

Quando as chuvas cessaram, diminuiu a competência do rio Jaguaribe em transportar sedimentos. Portanto, o material em suspensão no fluxo fluvial foi sendo depositado gradativamente no leito do rio, principalmente os de maior granulometria, proporcionando o aumento da textura dos sedimentos coletados no mês de agosto.

Assim sendo, o sistema deposicional do rio Jaguaribe reflete a sazonalidade pluviométrica que se estabelece em sua bacia, ora transportando mais sedimentos nos períodos de chuvas, ora menos no período de estiagens. Os eventos de precipitação associados à La Niña podem reproduzir no canal sistemas deposicionais bem diferenciados, uma vez que induz o aumento das precipitações.

Doravante, quando discutimos a produção de sedimentos em bacias hidrográficas semi-áridas, onde se inclui esta pesquisa, não dá para pensar a origem do material intemperizado como sendo exclusividade dos fatores naturais (clima, geologia, geomorfologia, hidrologia, pedologia etc.), pois o fator uso e ocupação do solo aceleram consideravelmente os processos erosivos.

7 CONTEXTO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO MÉDIO-BAIXO JAGUARIBE

7.1 Regime de vazões

O estudo da vazão dos rios no semi-árido nordestino assume importância significativa, tendo em vista que este é o resultado das águas pluviais que escoam pela rede de drenagem quando o solo atinge o ponto de saturação. Na área em estudo, o canal principal do rio Jaguaribe é o receptor final dos fluxos de matéria e energia, pois açudes, lagoas, córregos e riachos convergem o seu fluxo hidrossedimentológico para este.

No trecho monitorado, o rio Jaguaribe é regularizado pelas águas do açude Castanhão. No entanto, devido ao alto índice de evaporação e da captação de água para os múltiplos usos ao longo do canal, à medida que se afasta do açude a vazão tende a decrescer nos pontos monitorados.

A demanda de água para o consumo humano, nos municípios a jusante do açude Castanhão, é a terceira maior da bacia, requerendo 2,87% da água e um volume de 912.646,84 m³/mês (FIGUEIREDO et al., 2004). Os municípios com maior população e, conseqüentemente, maiores demandantes de água para esse uso são Russas, Limoeiro do Norte, São João do Jaguaribe e Jaguaruana. A demanda industrial de água, na região em estudo, é 187.392,48 m³/mês, o que corresponde a 0,59% do total (FIGUEIREDO et al., op.cit.)

Apesar da não realização de medições de vazão de forma diária, a amostragem realizada serve para compreender o comportamento do escoamento fluvial do rio Jaguaribe, considerando que este se mantém praticamente uniforme no período de estiagens.

Das coletas realizadas, com exceção do mês de maio, as vazões medidas nos meses de março, junho e agosto foram baixas, variando de 6,1 a 9,8 m³/s.

A quase uniformidade dos dados referente à vazão nos meses de março, junho e agosto pode ser entendida, pois, em março, a coleta foi efetivada no dia 12, antes do início das maiores precipitações, sendo estimada uma vazão de 7,3 m³/s em São João do Jaguaribe, 7,9 m³/s em Peixe Gordo e 6,1 m³/s no Sítio Morros

(Figura 45). Vale ressaltar que no dia da medição a vazão liberada pelo açude Castanhão era de $8\text{m}^3/\text{s}$.

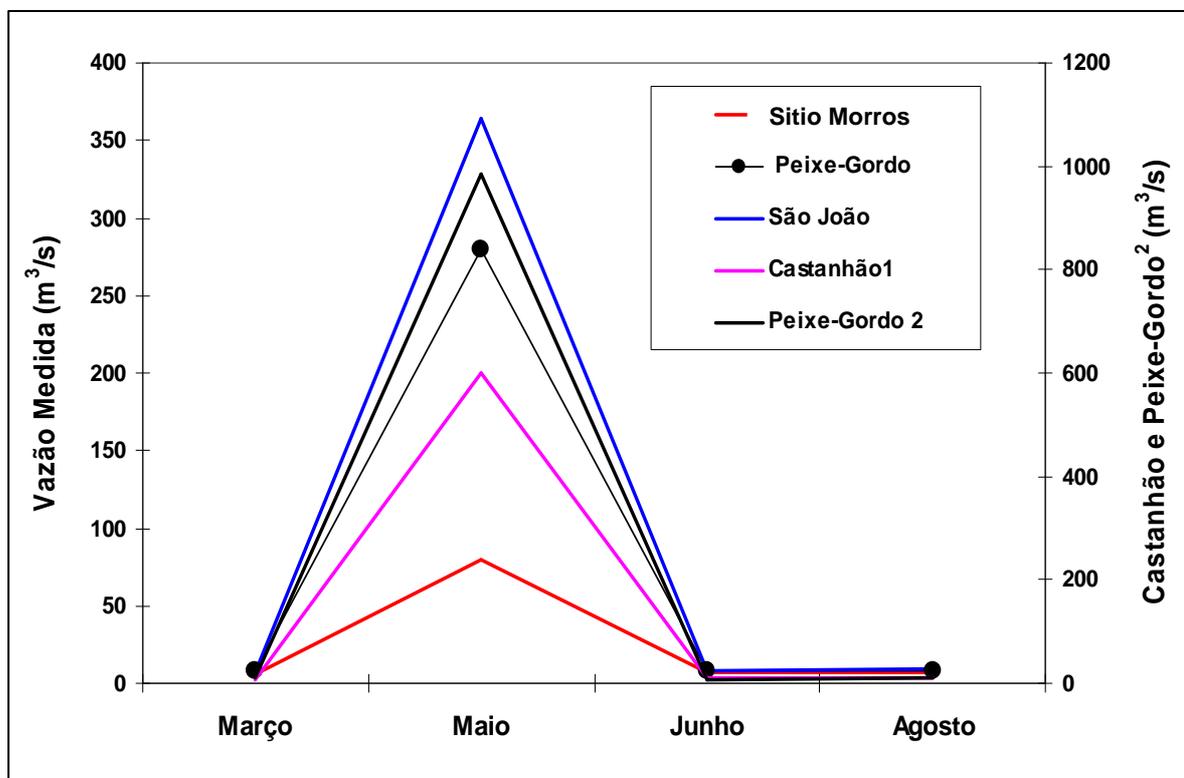


FIGURA 45 – Vazão do rio Jaguaribe medida nos meses de março, maio, junho e agosto de 2008 nos pontos monitorados. Peixe-Gordo 2: Vazões simuladas pela ANA (CPRM, 2008) e Castanhão1: Vazões informadas pela COGERH (2008).

Apesar da alta vazão evidenciada no mês de maio, com o fim das precipitações o rio voltou à sua normalidade. Nos meses de junho e agosto verificaram-se vazões quase uniformes, $8,6\text{ m}^3/\text{s}$ (São João do Jaguaribe), $8,5\text{ m}^3/\text{s}$ (Peixe Gordo) e $6,7\text{ m}^3/\text{s}$ (Sítio Morros) em junho, e $9,8\text{ m}^3/\text{s}$, $8,3\text{ m}^3/\text{s}$ e $6,4\text{ m}^3/\text{s}$ para o mês de agosto, nos respectivos pontos (Figura 45).

Os dados apresentam uma variação muito pequena na vazão do rio Jaguaribe nos pontos monitorados durante os meses de março, junho e agosto. Nesse período, o espelho d'água se torna irrisório em relação à dimensão do canal fluvial. No entanto, no mês de maio (Figura 45) foram encontradas vazões muito superiores às verificadas noutros meses. Esse fato tem ligação direta com as fortes precipitações que atingiram a bacia, principalmente a partir do final de março se estendendo até meados de maio.

O rio Jaguaribe sai de uma vazão que não supera $8\text{ m}^3/\text{s}$ durante a coleta do dia 12 de março para uma descarga líquida de $364\text{ m}^3/\text{s}$ (S. João), $280,2\text{ m}^3/\text{s}$ (P.

Gordo) e 80,2 m³/s (Sítio Morros) no mês de maio. Esse fato tem estreita relação como o volume de chuvas que atingiu o Estado do Ceará a partir do final do mês de março, contribuindo para o sangramento da maioria dos açudes da bacia do Jaguaribe, a exemplo do Castanhão, que no dia da realização da medição estava liberando 660 m³/s.

O aumento das precipitações repercute diretamente no escoamento superficial, sendo o principal responsável pelo aumento do nível da água no canal do rio Jaguaribe. No entanto, a existência do açude Castanhão contribui para barrar o escoamento advindo das bacias do Salgado, Alto e Médio Jaguaribe, tendo em vista que também o açude Orós atingiu o limite máximo de armazenamento liberando as águas escoadas de áreas montantes.

Somente quando as comportas do açude Castanhão são abertas é que a intensidade da descarga líquida na área da pesquisa é observada. No dia 1º de abril de 2008, esse reservatório encontrava-se na cota 101 com 5 bilhões de m³ (67%) de sua capacidade de armazenamento, proporcionando abertura de suas comportas, liberando 588 m³/s (Figura 46).



FIGURA 46 – Abertura das comportas do açude Castanhão (Abril/2008).

A abertura de duas comportas do Castanhão, associada ao deflúvio proveniente da bacia do rio Figueiredo e o transbordamento de pequenos açudes, proporcionou um verdadeiro espetáculo das águas. O aumento do nível do rio Jaguaribe se tornou evidente, alagando plantações e casas próximas ao leito fluvial,

além de destruir boa parte das passagens molhadas existentes na região, como mostra a Figura 47.



FIGURA 47 – Destruição de parte da estrutura da passagem molhada que liga os municípios de Tabuleiro do Norte e Limoeiro do Norte - CE.
Fonte: PMTN (2008).

Considerando os quatro meses em que foram registradas as vazões, observa-se a sazonalidade do escoamento fluvial na área de transição do médio para o baixo curso da bacia do Jaguaribe. Conforme mostra a Figura 45, no mês de maio todas as seções apresentaram um deflúvio superior ao somatório das vazões dos meses de março, junho e agosto.

Contudo, cabe mencionar os estudos de medição de vazão realizados no baixo curso do rio Jaguaribe nos anos 2006 e 2007 por Cavalcante et al. (2007), Cavalcante e Cunha (2008), e Moraes et al. (2008).

Cavalcante et al. (2007), em pesquisas no Baixo Jaguaribe e trechos do rio Banabuiú, apresentou dados de vazão para os meses de janeiro, março, setembro e outubro de 2006 e janeiro de 2007.

Entretanto, é importante observar os dados inerentes à seção de Peixe Gordo, pois coincide com um dos pontos de medição de vazão desta pesquisa. Neste ponto, Cavalcante et al. (2007) encontrou os seguintes resultados: 7,5 m³/s

(Set/2006), 11m³/s (Out/2006) e 9 m³/s (Jan/2007). Vale ressaltar que a vazão liberada pelo açude Castanhão durante as coletas foram 9 m³/s, 14 m³/s e 10 m³/s.

Morais et al. (2008) apresenta os dados de vazão do rio Jaguaribe nesta mesma seção para o intervalo de outubro de 2006 a dezembro de 2007, conforme indica a Figura 48.

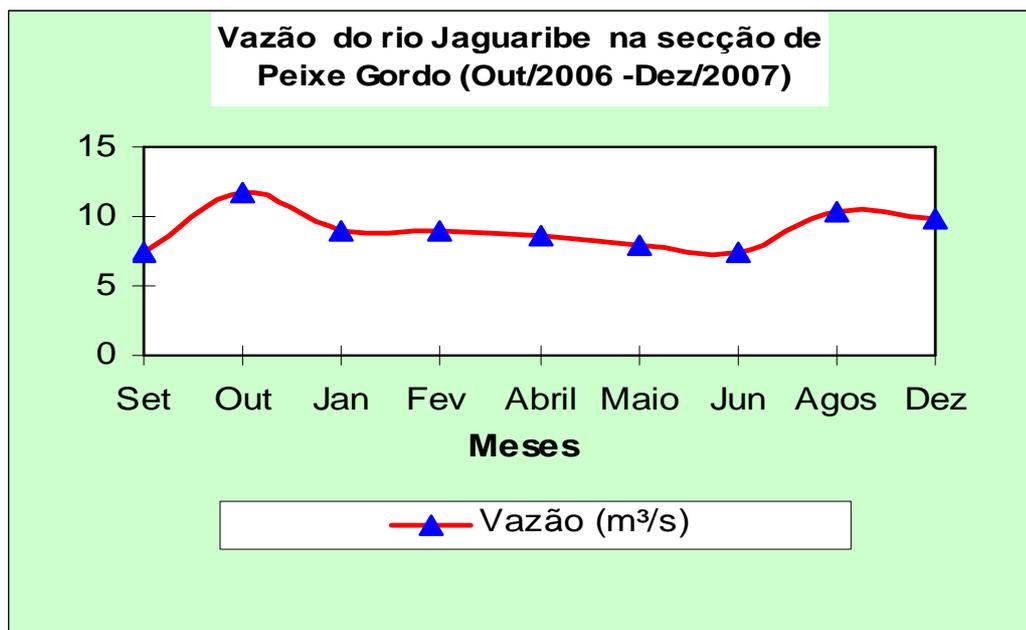


FIGURA 48 – Vazão do rio Jaguaribe na seção de Peixe Gordo (Out/2006 - Dez/2008)
Fonte: Moraes et al. (2008).

As vazões registradas nesta seção ficam abaixo de 15m³/s, denotando o total controle do escoamento pelo açude Castanhão. Portanto, isso confirma que a descarga líquida medida em 2008 associa-se à intensidade das chuvas que atingiram a bacia em um curto período de tempo, na qual proporcionou uma intensificação no escoamento do rio Jaguaribe e seus tributários.

7.2 Concentração de sedimentos

“O canal fluvial funciona como meio de transporte, mas não como principal elemento produtor de sedimentos”. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 46). Os sedimentos encontrados nos ambientes fluviais resultam da ação da erosão pluvial sob diferente fácies litológica, que após serem trabalhados na rede de drenagem atingem o canal do rio.

Entender o comportamento dos sedimentos que se deslocam pelo fluxo fluvial é sem dúvida uma das ferramentas indispensáveis para a gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas.

De acordo com Cunha (1998), os rios da bacia Amazônica apresentam uma concentração média de sedimentos bastante significativa, como no rio Acre (454 mg / L) e no rio Solimões (358 mg / L).

As concentrações de sedimentos em grandes bacias hidrográficas brasileiras são as seguintes: Amazonas 149,33 mg/L, Parnaíba 276,59 mg/L, Paraná 27,97 mg/L, Iguaçu 40 mg/L, São Francisco 21, 38 mg/L, Tocantins 8,84 mg/L (LIMA et al., 2006).

No Estado do Ceará a torrencialidade das chuvas, a ineficiente proteção da vegetação, composta na sua maioria por Caatinga, associa-se à alta susceptibilidade à erosão dos solos que recobrem este espaço, principalmente os Neossolos Litólicos e os Luvisolos.

No entanto, a construção de grandes açudes tem provocado a retenção de sedimentos, implicando a diminuição do fluxo de material transportado pelos rios. Outra intervenção que contribui para a diminuição da circulação de sedimentos no sistema fluvial é a construção de pequenas passagens molhadas⁵, pois barra parte do fluxo sedimentológico.

No rio Jaguaribe, dos pontos monitorados nesta pesquisa, a concentração de sedimentos variou de 0,806 a 24,600 mg/L (Figura 49). No início do mês de março, as poucas chuvas que caíram não contribuíram para que os materiais fossem carregados para a calha do rio Jaguaribe. A água que escoava no canal era produto apenas da vazão liberada pelo açude Castanhão, não tendo assim maior capacidade de transportar sedimentos. Neste mês, as águas do rio Jaguaribe ocupavam apenas uma pequena parcela no canal fluvial, não sendo possível fazer alguma relação com o uso/ocupação estabelecido em suas margens.

Na primeira coleta realizada no dia 12 de março de 2008, a concentração de sedimentos foi maior no **Ponto 2** (Peixe Gordo). Vale ressaltar que nesse período não existia contribuição de outras bacias que proporcionaria o aumento do deflúvio do rio Jaguaribe.

⁵ Barramentos construídos perpendicular ao canal do rio

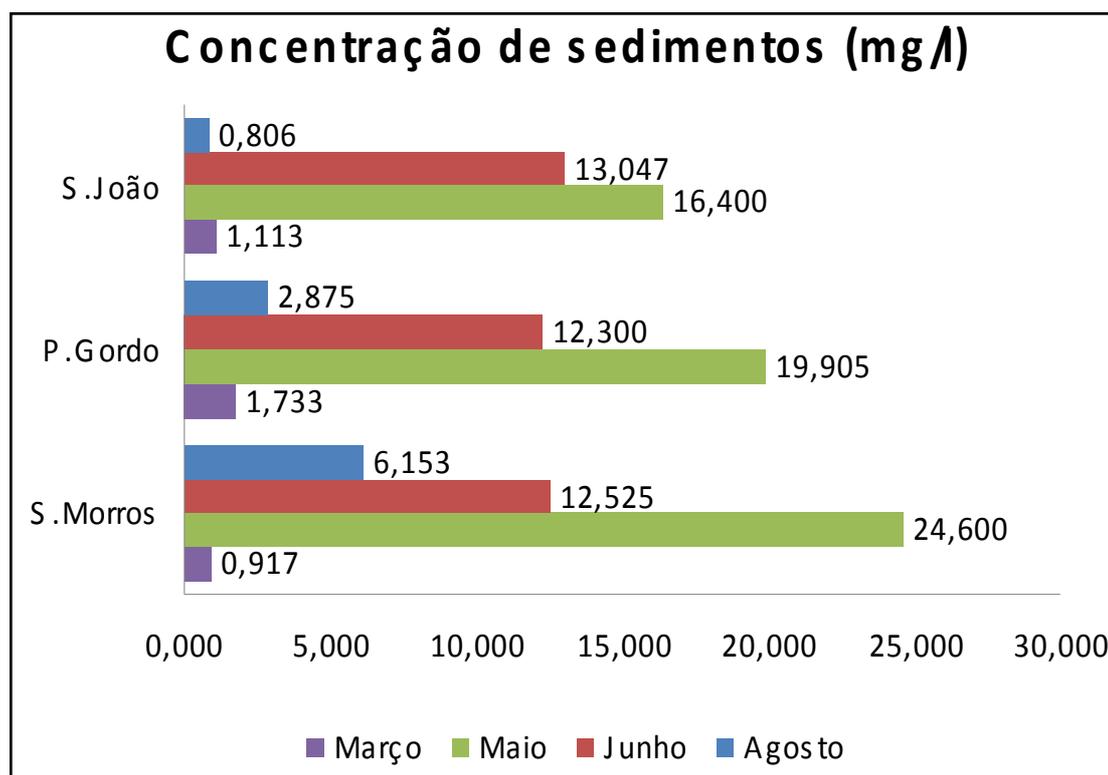


FIGURA 49 – Variação mensal da concentração de sedimentos nos pontos monitorados.
Fonte: Dados da pesquisa.

No **Ponto 1**, São João do Jaguaribe, a concentração de sedimentos foi de 1,113 mg/L. Vale ressaltar que este local dista aproximadamente 30 km do açude Castanhão. Nesse sentido, os solos erodidos de áreas montantes do açude não interferem diretamente no resultado das amostras, já que boa parte dos sedimentos decanta ao atingir o espelho d'água desse reservatório.

No **Ponto 2**, por ser uma espécie de divisor do médio e baixo curso da bacia do Jaguaribe, o material do leito apresenta uma textura mais fina do que nas áreas montantes. Esta seção apresentou uma concentração de sedimentos de 1,733 mg/L para o mês de março. Este ponto, além de ter apresentado maior vazão aumentando a capacidade de remobilização do material do leito, o fluxo hídrico está em contato com a margem direita possibilitando sua erosão mesmo de forma lenta.

No **Ponto 3** (Sítio Morros) a concentração de sedimentos foi de 0,917 mg/L, a menor registrada nas três seções para o mês de março. A existência de uma passagem molhada a montante deste local, na CE 358, que liga os municípios de Limoeiro do Norte à Tabuleiro do Norte, implica no aprisionamento de parte dos sedimentos que se deslocam em direção a este ponto (Figura 50).



FIGURA 50 – Passagem molhada – Tabuleiro/Limoeiro.
Fonte: Cavalcante (2006).

A passagem molhada funciona como obstáculo ao fluxo hídrico, proporcionando uma diminuição da velocidade da corrente, favorecendo assim a sedimentação de materiais. Além disto, nesta seção o canal do rio possui maior aporte de vegetação ciliar, proporcionando assim uma morfologia fluvial em equilíbrio.

Em maio, em função das fortes precipitações que atingiram a bacia, a concentração de sedimentos teve as maiores taxas registradas durante os meses monitorados (Figura 49). Esse fato tem estreita relação com a produção de sedimentos nas áreas mais distantes dos locais de coleta, principalmente no que tange o material de pequena granulometria, mais fácil de ser carregado por pequenos tributários.

Todavia, ressalta-se a contribuição indireta das águas do açude Castanhão durante o período de cheias, pois o aumento do volume das águas contribui para remobilização de maior quantidade de material do leito, além de aumentar a erosão linear e lateral do canal do rio Jaguaribe.

Se no mês de março a maior concentração foi registrada em Peixe Gordo (**Ponto 2**) e São João do Jaguaribe (**Ponto 1**), em maio a maior taxa de

concentração é constatada no Sítio Morros (24,600 mg/L), seguido por 19,905 mg/L (Peixe Gordo) e 16,400 mg/L em São João do Jaguaribe.

A maior concentração registrada no sítio Morros é caracterizada pela grande intensidade erosiva que atingiu toda a rede de drenagem. Considerando que este ponto é o receptáculo final de todo deflúvio das micro-bacias (Lagoa da salina, Riacho do Bezerra) além da bacia do Figueiredo.

Outro fato que merece ser destacado é que a barreira proporcionada pela passagem molhada Tabuleiro/Limoeiro no período de estio não tem ação significativa durante as cheias, haja vista o grande volume de águas que passou neste ponto chegando a danificar parte da estrutura.

A mesma relação pode ser feita no que se refere à superioridade da concentração registrada em Peixe Gordo (Ponto 2) em relação a São João do Jaguaribe. No ponto de coleta em São João do Jaguaribe, os sólidos suspensos advinham do próprio canal do rio Jaguaribe, considerando a abertura das comportas do Castanhão, além da própria contribuição da bacia do Figueiredo. Já o ponto de coleta de Peixe Gordo, que fica a jusante do primeiro ponto, justifica sua maior concentração, pois recebe a maior parte do fluxo hidrossedimentológico registrado em São João do Jaguaribe, além da convergência da micro-bacia do Riacho do Bezerra.

No mês de junho, com o declínio das precipitações, conseqüentemente diminui a concentração de sedimentos, considerando que este é produzido principalmente durante o período de chuvas. No entanto, a concentração nos três pontos foram 13,047 mg/L (S. João), 12,300 mg/L (P. Gordo) e 12, 525 mg/L (Sítio Morros).

O panorama da concentração de sedimentos para este mês deve ser visto como reflexo das precipitações que ocorreram nos meses anteriores, já que os sedimentos mais finos advindos da erosão laminar demoram a decantar. A maior concentração no **Ponto 1** advém da maior proximidade da foz do rio Figueiredo, tendo em vista que este afluente descarrega no rio Jaguaribe grande quantidade de sedimentos de menor granulometria.

A superioridade da concentração do **Ponto 3** (S. Morros) em relação ao **Ponto 2** (Peixe Gordo) está relacionada ao rompimento da Passagem molhada

Tabuleiro/Limoeiro. Esse episódio proporcionou o carreamento de boa parte do material que estava depositado neste barramento para áreas jusante, como mostra a Figura 51.



FIGURA 51 – Rompimento da passagem molhada Tabuleiro/Limoeiro.

Já em agosto, a concentração de sedimentos diminuiu no **Ponto 1**, pois a influência das chuvas não mais se aplicava a esse período. A concentração registrada foram as seguintes: 0,806 mg/L (S. João), 2,875 mg/L (P. Gordo) e 6,153 mg/L (S. Morros).

A progressão da concentração de sedimentos foi notada à medida que se afastava do primeiro ponto de coleta. O próprio canal do rio, ao adentrar a planície fluvial, tem suas margens compostas por rochas sedimentares que, ao serem erodidas, culminam com a produção de sedimentos finos que escoam facilmente no fluxo hídrico.

A maior concentração de sedimentos no Sítio Morros, que chega a ser maior do que a soma dos outros pontos no mês de agosto, pode estar atrelada à continuidade da remoção do material proveniente da ruptura da passagem molhada Tabuleiro/Limoeiro. Outro fator que merece ser mencionado é a retirada indiscriminada da vegetação ribeirinha, formada principalmente pela carnaúba, para o plantio de arroz e pastos, sem deixar uma área mínima indispensável à proteção

do canal do rio, como observadas a menos de 5 km a montante do Sítio Morros, ponto que apresentou maior concentração.

A retirada da vegetação que bordeja o canal fluvial possibilita maior ação dos processos erosivos, principalmente dos solos Vertissolos, Argissolos e Neossolos Flúvicos (Mapa 2), implicando no carreamento de sedimentos para a calha do rio. Além da erosão, o solapamento de margens se intensifica, devido à maior ação da corrasão lateral ao encontrar diques marginais desprotegidos.

Analisando a concentração de sedimentos que se estabeleceu ao longo dos quatro meses, percebe-se que o aumento de sedimentos em suspensão ocorre quando as águas provenientes das precipitações na bacia atingem o canal do rio Jaguaribe. O fluxo intenso traz para dentro deste o material proveniente da erosão laminar, que tem estreita relação com a tipologia do uso do solo em cada Sistema Ambiental.

Portanto, as áreas que vêm a contribuir de forma direta no aumento da concentração de sedimentos são as vertentes situadas próximas ao canal do rio Jaguaribe e, conseqüentemente, em menor quantidade, a bacia do Figueiredo (no **Ponto 1**), a micro-bacia do riacho do Bezerra (no **Ponto 2**) e a micro-bacia da Lagoa da Salina (no **Ponto 3**).

Vale ressaltar que as características ambientais de cada Sistema delimitadas na bacia em estudo proporcionam maior ou menor contribuição na produção de sedimentos para o rio Jaguaribe.

No Ponto 1, a contribuição maior provém dos Sertões Moderadamente Dissecados do Médio Jaguaribe (Mapa 2). Sendo drenado pelos rios Figueiredo e Jaguaribe, sua cobertura pedológica é formada principalmente de Neossolos Litólicos, Luvisolos e Argissolos, na qual os dois primeiros possuem alta susceptibilidade à erosão.

No entanto, os sedimentos produzidos na bacia do Figueiredo que chegam ao canal do rio Jaguaribe são compostos de materiais finos (silte e argila). Já o material proveniente da erosão dos Tabuleiros Interiores é constituído de areias. Por se localizar próximo ao rio Jaguaribe, os sedimentos atingem rapidamente o canal fluvial.

Nos Pontos 2 e 3, além do material proveniente das áreas sertanejas, existe a contribuição do Sistema Ambiental denominado Rebordos e Patamares da Chapada do Apodi e da Planície Fluvial, que começa a alarga-se a jusante de Peixe Gordo.

Esses dois Sistemas Ambientais apresentam solos do tipo Argissolos, Vertissolos e Neossolos Flúvicos. Dos rebordos e Patamares da Chapada do Apodi os sedimentos que atingem o rio Jaguaribe são constituídos principalmente de material silto-argiloso, e da Planície Fluvial sedimentos arenosos.

7.3 Descarga sólida

Os estudos referentes ao estabelecimento da descarga sólida assumem importância significativa principalmente nos rios semi-áridos, cuja erosão do solo se faz intensificar durante as primeiras chuvas. Vale ressaltar que as principais variáveis para o estabelecimento da descarga sólida de um rio são a vazão e a concentração de sedimentos.

Lima et al. (2006) apresenta a descarga sólida de alguns rios brasileiros situados nas principais Regiões Hidrográficas do país. Conforme mostra a Figura 52, merece destaque a descarga sólida do rio Amazonas ($810,00 \times 10^6 \text{ t.ano}^{-1}$), rio Doce ($11,22 \times 10^6 \text{ t.ano}^{-1}$) e rio Paraná ($11,22 \times 10^6 \text{ t.ano}^{-1}$). Entre os rios que drenam áreas da região Nordeste, a maior descarga é fornecida pelo rio Parnaíba ($6,06 \times 10^6 \text{ t.ano}^{-1}$) e pelo rio São Francisco com $1,83 \times 10^6 \text{ t.ano}^{-1}$.

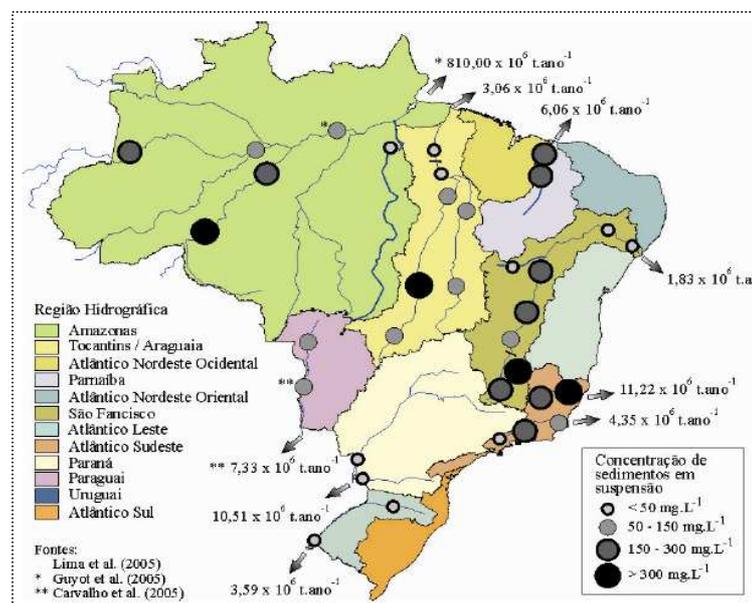


FIGURA 52 – Descarga sólida dos principais rios brasileiros.
Fonte: Lima et al. (2006).

Considerando a intermitência dos rios que escoam no território cearense, é fácil entender que os sólidos transportados pelos sistemas de drenagem limitam-se principalmente ao período chuvoso, pois o fluxo que se dispõe sobre esses ambientes no período de estio é fruto apenas da regularização evidenciada em alguns trechos por grandes barragens, como observado na bacia do Jaguaribe.

Portanto, corroboramos com a afirmação de Cavalcante (2001), quando prescreve que quase 100% do que é transportado no rio Jaguaribe ocorre num pequeno intervalo restrito ao período chuvoso.

Todavia, além da importância do entendimento da vazão e da concentração de sedimento para quantificar a descarga sólida, é importante compreender que estes dois elementos muitas vezes são reflexos dos múltiplos usos que se processam dentro de uma bacia hidrográfica.

Os diversos usos econômicos que se propagaram na área estudada ao longo do período histórico contribuíram para modificar a paisagem dos ambientes fluviais implicando em alterações no deflúvio dos rios. Portanto, a retirada da vegetação contribui para o escoamento mais rápido das águas pluviais, aumentando assim o pico de vazões máximas e encurtamento do período de concentração de água na bacia.

Outro agravante é que a maioria dos solos existentes na bacia, a exemplo dos Neossolos Litólicos e Luvisolos, possui susceptibilidade alta a processos erosivos, principalmente quando algum tipo de uso é estabelecido sobre o mesmo. Apesar da cobertura pedológica não dar suporte à vegetação de grande porte, os detritos vegetais advindos principalmente da queda das folhas possibilitam menor impacto das gotas das chuvas.

A nudez do solo advinda da eliminação da vegetação nativa proporciona o aumento da produção de sedimentos e, conseqüentemente, a concentração destes no canal fluvial, tendo em vista que é para lá que converge boa parte do solo erodido numa bacia hidrográfica.

Apesar das coletas terem sido distribuídas em apenas quatro meses, a representatividade destas se faz sentir, pois contempla meses secos e chuvosos, dando, assim, um indicativo para se compreender a dinâmica do rio Jaguaribe na área de transição do médio para o baixo curso da bacia.

Na primeira coleta, realizada no mês de março/2008, a descarga sólida estimada para os três pontos foram de 21,4 ton/mês (S. João), 36,1 ton/mês (P. Gordo) e 14,8 ton/mês no Sítio Morros (Figura 53).

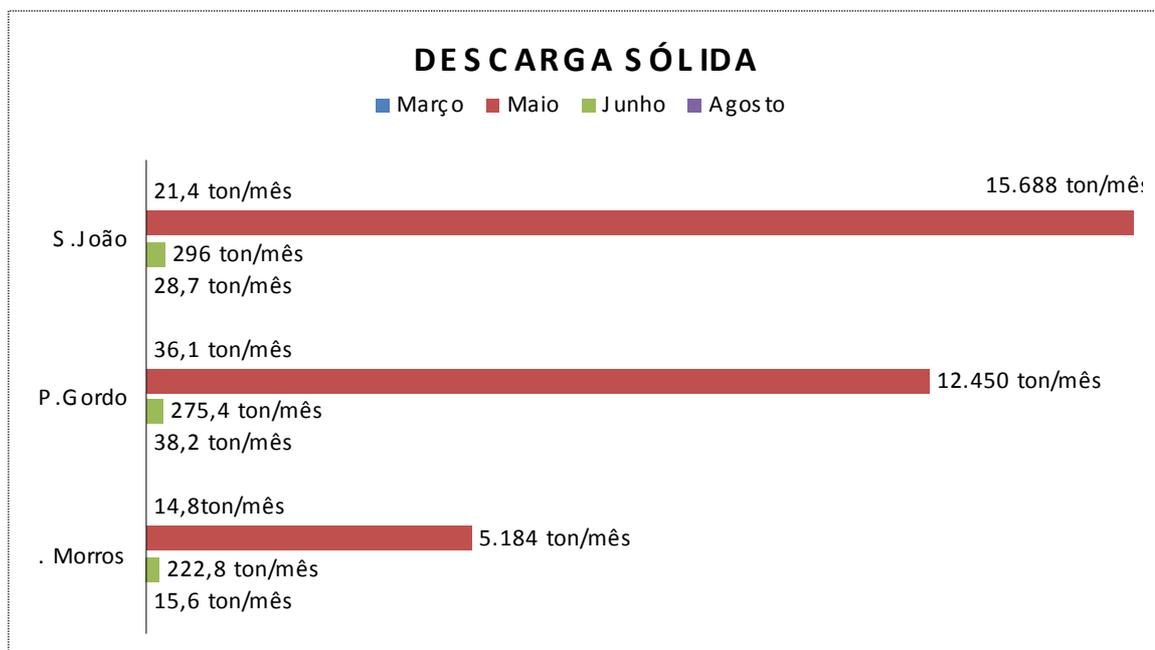


FIGURA 53 – Descarga sólida do rio Jaguaribe nos pontos monitorados.
Fonte: Dados da pesquisa.

A baixa carga transportada durante esse mês advém da regularização da bacia através do açude Castanhão, não dando condições, assim, para um maior poder erosivo do fluxo fluvial. Apesar dos usos múltiplos existentes nas margens desse rio, isso não acarretou em aumento dos sólidos transportados na estiagem, tendo em vista que para esse material chegar até o canal fluvial é necessário haver o escoamento superficial, fato que ocorre apenas durante o período chuvoso.

Dentre os meses monitorados, no mês de maio foi observada a maior descarga sólida, fato relacionado às precipitações que ocorreram na bacia principalmente nos meses de março, abril e maio. Os valores encontrados foram os seguintes: 15.688 ton/mês (S. João), 12.450 ton/mês (P. Gordo) e 5.184 ton/mês no Sítio Morros (Figura 53).

Esse resultado reflete uma contribuição maior da vazão em detrimento da concentração para os três pontos, pois, embora o **Ponto 3** (Sítio Morros) e o **Ponto 2** (P. Gordo) tenham apresentado uma maior concentração de sedimentos, isso não refletiu no maior volume de material transportado, haja vista a diminuição gradativa da vazão a jusante do **Ponto 1**.

A descarga sólida medida no mês de maio não pode ser justificada apenas pela erosão lateral do canal fluvial. Além do aumento do volume das águas a partir da abertura de comportas do açude Castanhão, as águas da bacia do Figueiredo chegavam rapidamente ao rio Jaguaribe, tendo em vista o rio Figueiredo ser de terceira ordem.

O encontro do rio Figueiredo com o rio Jaguaribe ocorre aproximadamente a 10 km da primeira seção de monitoramento, na comunidade denominada Barra do Figueiredo, município de São João do Jaguaribe. Ao encontrar o rio Jaguaribe, as águas do Figueiredo têm sua velocidade reduzida, proporcionando a formação de uma estreita planície, colonizada por uma vegetação constituída de carnaúbas e oiticicas.

A vazão dos rios nas regiões semi-áridas diminui para jusante (PENTEADO, 1980). A proximidade do Ponto1 (S. João), do local de encontro dos rios Jaguaribe e Figueiredo, condiciona-o a uma vazão maior do que as registradas nos Pontos 2 e 3, pois, pouco a pouco, o rio vai perdendo sua energia. A diferença da vazão em aproximadamente 84 m³/s do Ponto 1 para o Ponto 2 (P. Gordo), cuja concentração supera a do primeiro, proporcionou uma descarga de 12.450 ton/mês, inferior ao registrado em São João do Jaguaribe que é de 15.688 ton/mês.

A queda vertiginosa da descarga sólida no Sítio Morros (5.184 ton/mês) não tem ligação com a concentração de sedimentos, posto que este local apresenta uma solução bem mais concentrada do que os outros pontos.

Neste caso, a vazão repercute veemente na descarga sólida, já que o Ponto 3 (S. Morros) apresenta apenas $\frac{1}{4}$ da vazão medida no Ponto 1 e $\frac{1}{3}$ da registrada no Ponto 2 (Peixe Gordo).

Como já explicitado em capítulos anteriores, após atravessar a ponte de Peixe Gordo, o rio Jaguaribe sofre uma bifurcação do seu canal (Figura 54). Apesar do canal do rio Quixeré ser o responsável pelo escoamento desta Bacia, durante a cheia de 2008, parte desse fluxo foi direcionado para o antigo canal, localizado à esquerda do rio Quixeré.

A deriva de água para o antigo canal do rio Jaguaribe proporciona não apenas perda na descarga líquida, mas também dissipação na energia produzida pela corrente fluvial. Diante de tal raciocínio, as águas passariam com menor

velocidade no terceiro ponto, que, além disto, parte da estrutura da passagem molhada oferece obstáculo às águas que escoam sobre este canal.



FIGURA 54 – Bifurcação dos rios Jaguaribe/Quixeré (Abril/2008).
Fonte: PMTN (2008).

No mês de junho, com a redução das precipitações, a vazão e a concentração de sedimentos do rio Jaguaribe sofreu grande alteração (Figuras 45 e 49). A redução da vazão, em aproximadamente 40 vezes de maio para junho, proporcionou uma queda vertiginosa na descarga sólida, sendo encontrados os seguintes resultados: 296 ton/mês (S. João), 275,4 ton/mês (P. Gordo) e 222,8 ton/mês (S. Morros), indicados na Figura 53.

Para este mês a vazão manteve um padrão quase uniforme nos Pontos 1 e 2, diminuindo no Ponto 3. Esse panorama proporcionou uma descarga sólida que decresceu gradualmente para jusante do Ponto 1. Apesar do Ponto 3 apresentar uma concentração maior do que o Ponto 2, a velocidade do fluxo fluvial não contribuiu para uma descarga sólida superior, pois a relação vazão e concentração de sedimentos são variáveis que se conjugam para o estabelecimento do transporte de materiais no sistema fluvial.

Em agosto, a descarga sólida não recebeu contribuição direta da erosão laminar que se estabelece na bacia quando da existência das precipitações, sendo

registrados os seguintes resultados: 28,7 ton/mês (S. João), 38,2 ton/mês (P. Gordo) e 15,6 ton/mês (S. Morros).

A pesar de a vazão ser maior no Ponto 1, decrescendo a jusante, na concentração de sedimentos acontece o inverso, aumenta-se em direção ao baixo curso. No entanto, tal fato não denota uma maior descarga para o Ponto 3, pois a concentração de sedimentos foi inferior aos Pontos 1 e 2, advinda da baixa velocidade do escoamento fluvial, não possibilitando, assim, maior poder de remobilização do material do leito.

Quando se observa os dados inerentes à descarga sólida durante os quatro meses de coleta, nota-se uma disparidade entre o mês de maio e os meses de março, junho e agosto.

Conforme expresso na Figura 53, somando-se a descarga sólida dos meses de março, junho e agosto não corresponde a 3% do material transportado para os quatro meses pesquisados. Considerando-se que na maior parte do ano o comportamento da carga fluvial tende a ser comparável com os registrados nos meses de estiagem, é percebido que a descarga sólida do rio Jaguaribe resume-se, quase que exclusivamente, ao período chuvoso.

Estudos realizados por Cavalcante (2001), no rio Jaguaribe, nas imediações da barragem de Itaiçaba, localizada a 50 km da foz, apontaram que uma vazão de aproximadamente 150 m³/s seria capaz de transportar 97.000 ton/mês de sedimentos suspensos, considerando o regime de transporte do ponto monitorado.

Esse mesmo estudo apontou uma carga sólida transportada no período chuvoso, 40 vezes maior do que no período de estiagens, sendo que a maior carga foi transportada no mês de abril (71.254 ton/mês), e o mês de outubro apresentou o menor índice com 32 ton/mês. No entanto, a média da taxa de descarga sólida anual representou 43.770 ton/ano, com uma precipitação anual em torno de 900 mm.

Vale ressaltar que, por situar-se mais próximo de sua foz, a concentração de sedimentos tende a ser também superior, pois o rio Jaguaribe nesse local também é receptor das águas da bacia do Banabuiú.

Nos trabalhos efetuados na área de transição do médio para o baixo curso do rio Jaguaribe no ano de 2008 foi observado o dobro da vazão citada por

Cavalcante (2001), todavia a descarga sólida foi inferior, pois a concentração aumenta em direção ao baixo curso do rio Jaguaribe.

Para corroborar essa afirmativa, é importante observar os dados apresentados por Cavalcante et al. (2007), que estudou a vazão e concentração de sedimentos, distribuindo-se pelos rios Quixeré, Banabuiú e Jaguaribe (Figuras 55 e 56) nos seguintes pontos de coleta:

- Ponto 01 - Peixe Gordo (rio Jaguaribe, município de Tabuleiro do Norte);
- Ponto 02 - Córrego de Areia (rio Quixeré, município de Limoeiro do Norte);
- Ponto 03 - Cabeça Preta (rio Quixeré, município de Limoeiro do Norte);
- Ponto 04 - Banabuiú (rio Banabuiú, município de Limoeiro do Norte);
- Ponto 05 - Flores (rio Jaguaribe, município de Russas);
- Ponto 06 - Mina (rio Jaguaribe, município de Jaguaruana).

Os dados referentes aos meses de setembro de 2006 e janeiro de 2007 (Figuras 55 e 56) mostram claramente que a concentração aumenta progressivamente a jusante da seção de Peixe Gordo. Na seção de Mina, local mais próximo da foz do Jaguaribe, mesmo com uma pequena vazão apresentou uma concentração de sedimentos superior a todos os pontos de coleta, tendo em vista que este ponto do canal do rio Jaguaribe também é receptor das águas da bacia hidrográfica do Banabuiú.

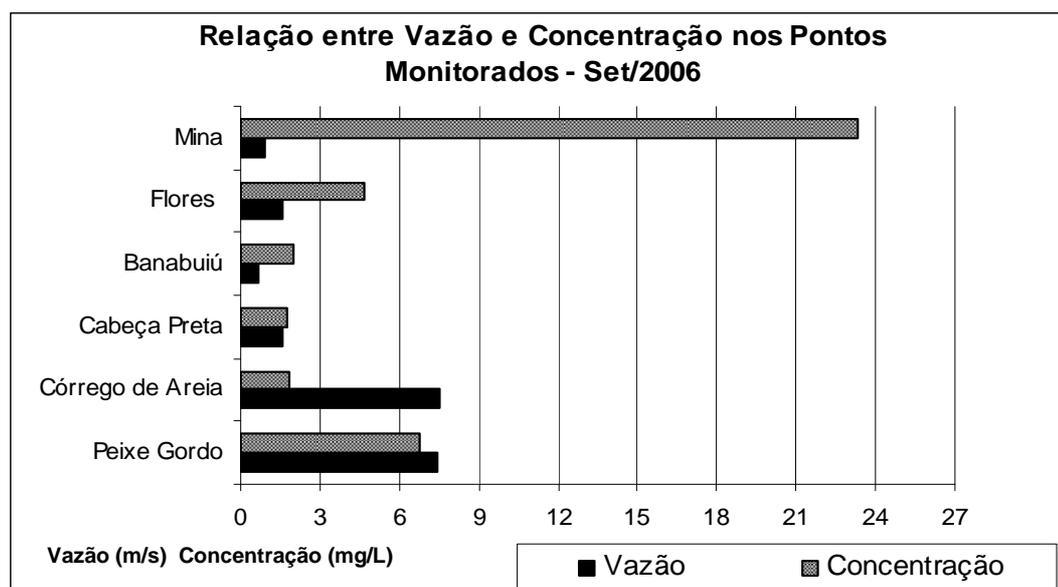


FIGURA 55 – Relação vazão/concentração dos pontos monitorados por Cavalcante et al. (2007). Obs.: Medição realizada em 01 e 02 de setembro de 2006. Castanhão liberando 9,0 m³/s.

Fonte: Cavalcante et al. (2007).

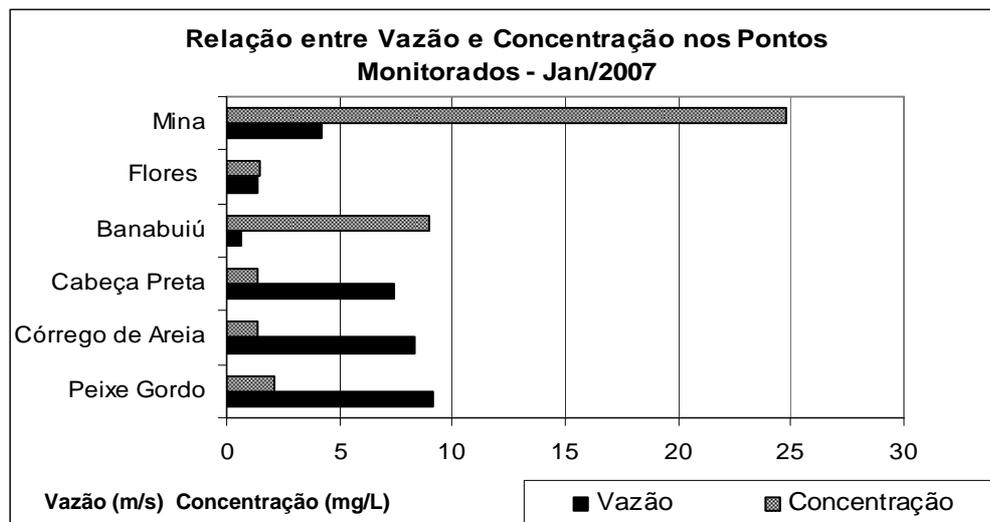


FIGURA 56 – Relação vazão/concentração dos pontos monitorados por Cavalcante et al. (2007). Obs.: Medição realizada em 10 de janeiro de 2007. Castanhão liberando $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fonte: Cavalcante et al. (2007).

O ano de 2008 foi palco do segundo maior índice de acumulação de água da bacia do Médio Jaguaribe do último decênio, sendo superado apenas pelo ano 2009. O sangramento da maior parte dos reservatórios elevou o nível do rio Jaguaribe e seus afluentes, aumentando a concentração de sedimentos no fluxo fluvial.

Quando da análise do percentual da descarga sólida dos pontos monitorados em 2008, percebe-se que em todos eles a quantidade de materiais transportados do mês de maio supera os 95% do total da descarga sólida registrada durante os quatro meses, como mostram as Figuras 57, 58 e 59.

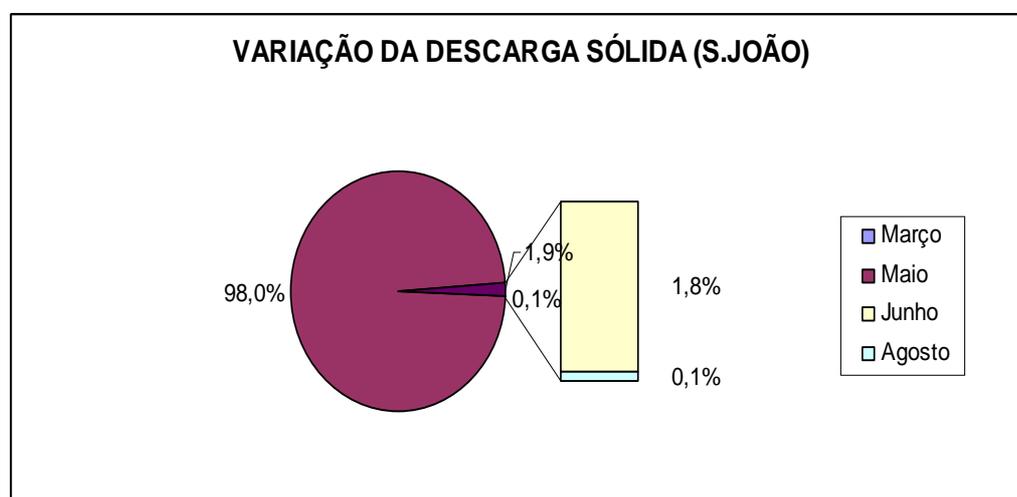


FIGURA 57 – Percentual da descarga sólida em São João do Jaguaribe.
Fonte: Dados da pesquisa.

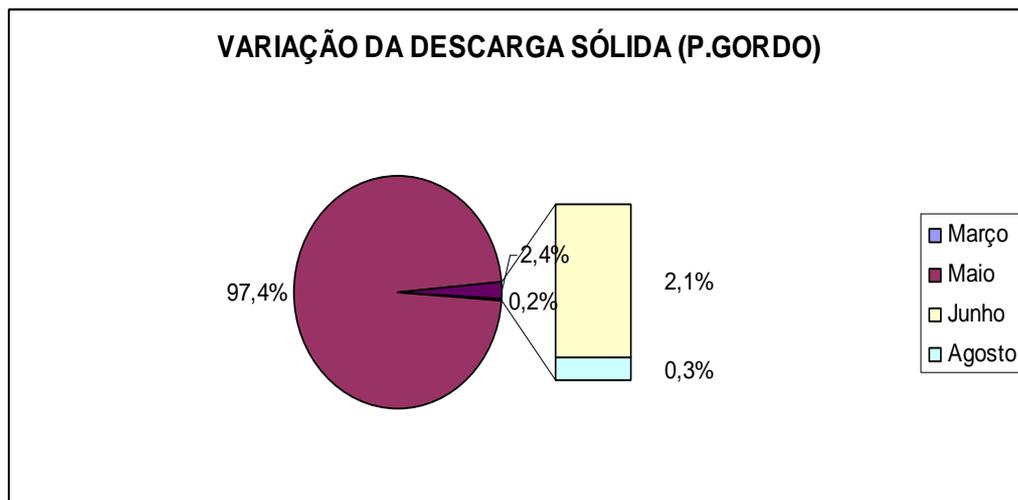


FIGURA 58 – Percentual da descarga sólida em Peixe Gordo.
Fonte: Dados da pesquisa.

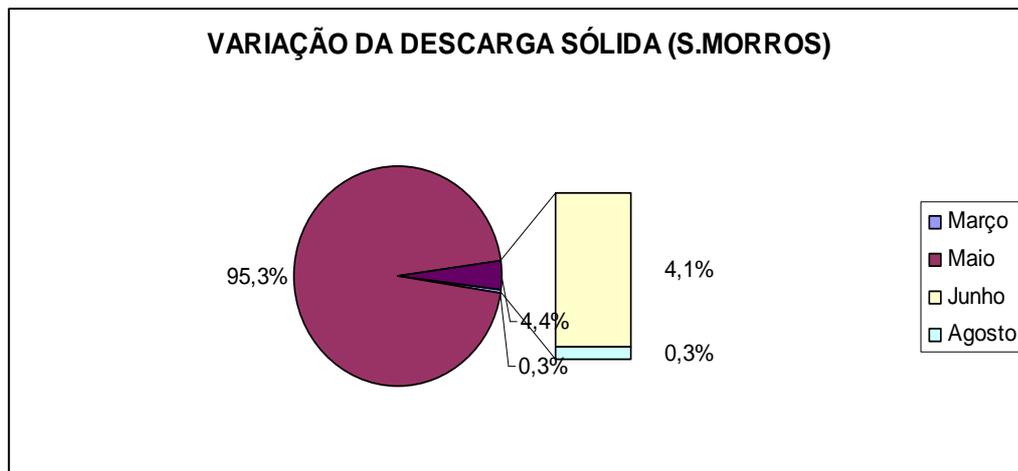


FIGURA 59 – Percentual da descarga sólida no Sítio Morros.
Fonte: Dados da pesquisa.

Por outro lado, o mês de março aparece com a menor descarga sólida, cujos valores percentuais equivalem apenas a 0,1% (Ponto 1), 0,2% (Ponto 2) e 0,3% (Ponto 3). No mês de junho a descarga sólida foi a segunda maior registrada, apresentando o seguinte percentual: 1,8% em São João do Jaguaribe, 2,1% em Peixe Gordo e 4,1% no Sítio Morros. Por último, o mês de agosto mantém certa aproximação das taxas registradas em março, com exceção da seção de Peixe Gordo.

O fluxo hidrossedimentológico da bacia do Jaguaribe é dominado pela sazonalidade das vazões e concentrações de sedimentos, sendo o reflexo das condições climáticas, tipos de solos, além do uso e ocupação da bacia que condiciona maior ou menor descarga sólida nesse sistema ambiental.

Seca e enchente são faces de uma mesma moeda que atingem a região semi-árida. Se por um lado o sertanejo faz preces para São José mandar chuvas para o sertão, quando das cheias o volume das águas traz destruição provocando temor à população ribeirinha.

Em 2008, durante os meses de janeiro, fevereiro e março, era fácil a travessia do rio Jaguaribe nos pontos monitorados, sem perigo de afogamento, pois na maior parte da calha fluvial a água não atingia um metro de profundidade. Já em abril e maio, o rio Jaguaribe aumenta o seu deflúvio, inundando plantações e casas localizadas nas áreas ribeirinhas.

A variação das vazões máximas e mínimas em um curto período de tempo pode ser constatada a partir da observação das Figuras 60 e 61. Os registros fotográficos revelam a sua paisagem no mês de fevereiro e abril para o mesmo ponto, São João do Jaguaribe.



FIGURA 60 – Planície Fluvial do rio Jaguaribe (São João do Jaguaribe - Fev./2008).

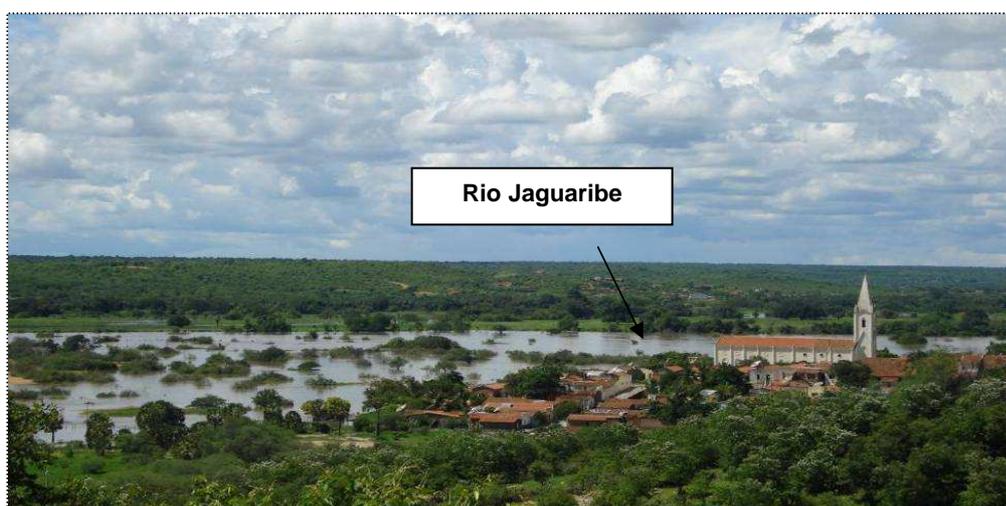


FIGURA 61 – Planície Fluvial do rio Jaguaribe (São João do Jaguaribe - Abr/2008).

O volume das águas do rio Jaguaribe durante o ano de 2008 acarretou prejuízo para alguns municípios jaguaribanos. A destruição de passagens molhadas merece destaque, pois as duas principais na área em estudo, Tabuleiro/Limoeiro e a de São João do Jaguaribe, sendo esta última inaugurada no dia 20 de janeiro de 2008, tiveram sua estrutura destruída.

O fato mais destacável foi a destruição da passagem molhada recém construída em São João do Jaguaribe, orçada em 430 mil reais, inaugurada no mês de janeiro, objetivando ligar comunidades rurais situadas na margem esquerda do rio Jaguaribe à sede do município. Sua estrutura não suportou a alta vazão provinda do rio Jaguaribe, como mostra a Figura 62.

A obra custou aproximadamente R\$ 430 mil aos governos federal e municipal. Na época, o engenheiro responsável garantiu que a ponte suportaria uma lâmina até cinco metros de água sem sofrer qualquer dano. A passagem molhada de Tabuleiro do Norte enfrenta o mesmo problema. A obra custou mais de 230 mil. (MELQUÍADES JÚNIOR, 2008b)



FIGURA 62 – Danificação da passagem molhada São João do Jaguaribe.

As passagens molhadas não suportaram a intensidade do fluxo mesmo considerando que o açude Castanhão conteve em parte o volume de água escoado na bacia. Outra implicação da cheia foi a acumulação de grande quantidade de sedimentos no leito do rio, proporcionando o assoreamento da passagem molhada

de Tabuleiro do Norte, na qual teve que ser escavada para que o fluxo fluvial voltasse a percorrer este caminho, conforme indica a Figura 63.



FIGURA 63 – Retirada de areia da passagem molhada Tabuleiro do Norte/Limoeiro do Norte.

Portanto, a partir do estudo das variáveis, vazão, concentração de sedimentos e descarga sólida, concluímos que as metamorfoses que tem passado a Planície Fluvial do rio Jaguaribe estão ligadas principalmente a intervenções feitas ao longo do período histórico. Açudes, passagens molhadas, irrigação, desflorestamento são elementos que se dispõem a esta bacia e a qual ajudam a remodelar sua paisagem.

CONCLUSÃO

A paisagem do rio Jaguaribe reflete os múltiplos usos realizados ao longo do período histórico. No entanto, é a partir da implementação da política hidráulica, na qual foram construídos grandes açudes, que este espaço passa a ser ocupado de forma mais intensiva.

A regularização de sua drenagem em meados do Século XX possibilita uma melhor convivência dos sertanejos com a região semi-árida, tendo em vista que a existência de uma vazão contínua possibilitava a diversificação econômica, a partir da agricultura irrigada.

A irregularidade pluviométrica associada às condições litológicas confere à bacia do Jaguaribe picos de altas vazões em um curto período de tempo. A inoperante proteção fornecida pela vegetação de Caatinga agrava-se com o desflorestamento advindo do avanço da agricultura irrigada, promovendo a aceleração da erosão dos solos que convergem para o canal fluvial, tornando-o assoreado.

As médias mensais de vazão do rio Jaguaribe na estação de Peixe Gordo para o intervalo de 41 anos (1961-2002) mostram que a descarga líquida é maior entre os meses de março, abril e maio, sendo em abril encontrada a maior vazão média que gira em torno de 460 m³/s. Já a última década (1998-2008) denota uma vazão de 100 m³/s para o mês de maior intensidade do escoamento, sendo muito baixa em relação à média dos últimos 40 anos, reflexos do início de operação do açude Castanhão em 2002, que mantém o controle sobre o escoamento fluvial.

Em 2008, as chuvas registradas na região jaguaribana durante os quatro primeiros meses foram de 773,1 mm, apresentando um desvio de 30,7% em relação à média histórica (591 mm). Das coletas realizadas, com exceção do mês de maio, as vazões medidas nos meses de março, junho e agosto foram baixas, variando de 6,1 a 9,8 m³/s. No mês de maio a descarga líquida foi de 364 m³/s (São João do Jaguaribe), 280,2 m³/s (Peixe Gordo) e 80,2 m³/s (Sítio Morros).

Em relação à concentração de sedimentos, esta variou de 0,806 mg/L (Ago/2008) a 24,600 mg/L (Maio/2008), onde foram observadas as maiores vazões. Nos meses de março, junho e agosto, a água que escoava no canal era produto apenas da vazão liberada pelo açude Castanhão.

As áreas que contribuem de forma direta para o aumento da concentração de sedimentos são: No Ponto 1, os Sertões Moderadamente Dissecados do Médio Jaguaribe. Sendo drenada pelos rios Figueiredo e Jaguaribe, sua cobertura pedológica é formada principalmente de Neossolos Litólicos, Luvissolos e Argissolos, na qual os dois primeiros possuem alta susceptibilidade à erosão; Nos Pontos 2 e 3, além do material proveniente das áreas sertanejas que atingem a calha do rio, existe a contribuição do Sistema Ambiental denominado Rebordos e Patamares da Chapada do Apodi e da Planície Fluvial que começa a alarga-se a jusante de Peixe Gordo.

Dentre os meses monitorados, o mês de maio apresentou a maior descarga sólida, fato relacionado às precipitações que ocorreram na bacia. Os valores encontrados foram os seguintes: 15.688 ton/mês (S. João), 12.450 ton/mês (P. Gordo) e 5.184 ton/mês (Sítio Morros). Somando-se a descarga sólida dos meses de março, junho e agosto não correspondem a 3% do material transportado para os quatro meses monitorados.

Alterações morfológicas foram observadas no rio Jaguaribe, onde no Ponto 1 (S. João) a largura do canal no período de estiagem variou de 30 a 40 m, com canal em forma de U, apresentando bancos de areia na parte central e margem esquerda do leito. As velocidades de corrente registradas foram equivalentes a 0.46 m/s (março/2008), 0.58 m/s (junho/2008) e 0.66 m/s (agosto/2008).

No mês de maio, a largura do canal chegou aos 450 metros e a profundidade da coluna d'água a 4,5 metros. O leito maior do rio foi completamente inundado, juntamente com áreas de inundação sazonal. A velocidade média neste período foi de 0.30 m/s. Foram verificados vórtices na margem direita que proporcionaram a detecção de velocidades de 0.70 m/s.

Na seção de Peixe Gordo (Ponto 2) ocorre mudança abrupta na morfologia do leito entre os meses de março e junho, devido à acomodação do canal em função dos regimes de liberação do açude Castanhão e das altas vazões registradas no mês de maio/2008. No período de estio, o leito da seção molhada representou apenas pouco mais de 12% da largura do canal.

Nos meses secos, as maiores velocidades se resumiram a 0.66 m/s (março), 0.26 m/s (junho) e 0.36 m/s (agosto). No mês de março as velocidades

variaram de 0.06 a 0.66 m/s. No canal principal foram observadas correntes superficiais de 0.66 m/s e de fundo de 0.46 m/s. A largura do canal foi de 40 m com profundidade média de 0,60 m. Já em maio a largura chegou a 360 m, onde os vetores de velocidade variaram de 0.05 m/s a 0.80 m/s.

No Sítio Morros (Ponto 3), a seção molhada sofreu alterações em sua morfologia. Como o ponto de monitoramento fica a jusante da passagem molhada, os sedimentos transportados quando da ruptura desta contribuíram para alterar o relevo desta seção, na qual ocorreu a escavação da margem esquerda no intervalo de tempo entre os meses de março e junho.

Este local apresentou a menor velocidade de corrente nos meses de estiagem, não superando 0.16 m/s (março) e 0.06 m/s (junho e agosto). No mês de maio, a velocidade de corrente registrada foi de 0.90 m/s (90 cm/s), a maior registrada nas seções monitoradas.

A resposta do rio Jaguaribe às alterações evidenciadas em sua bacia se materializou nesta pesquisa, uma vez que os resultados inerentes à vazão e concentração de sedimentos são reflexos das transformações na paisagem local. Apesar de cada tipo de solo possuir susceptibilidade diferente aos processos erosivos, a forma de manejo nas atividades agropastoris condiciona estes à erosão laminar, principal contribuinte da produção de sedimentos na bacia, pois é no período chuvoso que as taxas de concentração de sedimentos nos pontos monitorados são mais elevadas.

A implementação da agricultura irrigada em substituição ao extrativismo vegetal (Ciclo da cera de carnaúba) e a regularização da drenagem do rio Jaguaribe proporcionam mutações na planície fluvial. A destruição dos carnaubais que protegiam as margens dos rios contribui para o aumento dos processos erosivos. Portanto, dentre as atividades econômicas, a agricultura irrigada tende a contribuir com a maior produção de sedimentos, pois, além da plantação nas margens do rio Jaguaribe, a construção do açude Castanhão possibilitou a incorporação de outros espaços à produção agrícola.

A artificialidade imposta à bacia do Jaguaribe na área pesquisada, principalmente a partir da construção do açude Castanhão, implica no retardamento de vazões máximas para setores a jusante deste reservatório. O retrato deste

fenômeno foi observado nas seções monitoradas em 2008, posto que o fluxo liberado pelo açude não correspondia à intensidade das precipitações que caíram na bacia.

A medição de vazão “*in loco*”, no período de cheias, contribuiu para o melhor entendimento do comportamento hidrossedimentológico do rio Jaguaribe, principalmente na área de transição do médio para o baixo curso da bacia. Foi observado o aumento abrupto da vazão e concentração de sedimentos, refletindo em alterações na morfologia dos canais, além do aumento da textura dos sedimentos depositados no leito.

A não existência de medições “*in loco*” durante as vazões máximas na área da pesquisa durante as últimas enchentes (1974, 1985, 1989 e 2004) dificulta o entendimento da dinâmica do rio Jaguaribe antes da construção do açude Castanhão, pois os dados de vazões disponibilizados pela ANA provêm de cálculos feitos a partir de curva-chave. Portanto, faz-se necessária a continuidade de estudos nesta área, principalmente utilizando metodologias que possibilite medições de vazões em tempo real.

Outro elemento norteador de estudos na área de transição do médio para o baixo curso da bacia do Jaguaribe é a construção do açude Figueiredo, na bacia homônima, com capacidade de acumular 519 milhões de m³, que possibilitará o aproveitamento das terras situadas em sua planície. A regularização da drenagem do rio Figueiredo poderá refletir em mudanças nas condições hidrossedimentológicas do rio Jaguaribe, tendo em vista que armazenará boa parte dos sedimentos que convergiria naturalmente para este rio.

Portanto, é neste íterim que a paisagem dos ambientes fluviais no setor estudado deve ser entendida, tendo em vista que as metamorfoses proporcionadas a este espaço são contínuas. A paisagem muda na mesma velocidade em que a sociedade imprime fins econômicos, a qual este espaço será submetido.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AB' SABER, Aziz Nacib. Participação das superfícies aplainadas nas Paisagens do Nordeste Brasileiro. **Geomorfologia**. São Paulo: IGEOG / USP, N.19, 1969, p. 1-38.

_____. O suporte geocológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Orgs). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000, p. 15 -25.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ANDRADE, Manuel Correia de. **A terra e o homem no Nordeste**. 6. ed. São Paulo: Brasiliense, 1964.

AYOADE, J. O. Variações e mudanças climáticas. In: _____. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, cap.10, p. 205-217.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do Solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BERTRAND, George. Paisagem e Geografia Física e Global: Esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, v.3, p. 1-21, São Paulo, 1971.

_____; BERTRAND, Claude. Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. In: PASSOS, Messias Modesto dos. (Org.). Maringá: Massoni, 2007.

BEZERRA, Marcos de Brito; CAVALCANTE, Andrea Almeida; MORAIS, Jader Onofre; PINHEIRO, Lidriana de Souza. Controle de Vazões e Dinâmica de Canais no Baixo Jaguaribe-Ce. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia. II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. **Anais...** V.1. Belo Horizonte, 2008, p. 1-11.

BIGARELLA, João José. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais**. Florianópolis: [s.n.], 2003. V.3.

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

BORGES, Cássio. A Infra-estrutura hidráulica do Vale do Jaguaribe. **Rev. Propostas Alternativas.** Fortaleza – CE: IMOPEC, 1999, p. 4-8.

BRASIL. MI. SUDENE/ASMIC. **Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe (GVJ).** Recife. Hidrologia vol. IV, 1967.

_____. **Projeto RADAMBRASIL, levantamento de Recursos Naturais (vol.23).** Rio de Janeiro, 1981.

_____. CPRM. **Avaliação das Potencialidades Hídrica e Mineral do Médio-Baixo Jaguaribe - CE.** V.4 (Série Recursos Minerais), Fortaleza-CE, 1996.

_____. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Jaguaribe.** Diretrizes para o ordenamento Territorial. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. Salvador, 1999.

_____. **Código florestal e normas correlatas.** Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2004. 146 p. (Coleção ambiental; v.4).

CARVALHO, Newton Oliveira. **Hidrossedimentologia Prática.** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM/ Centrais Elétricas Brasileiras – ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, 1994.

_____. et al. **Guia de práticas sedimentométricas.** Brasília-DF: ANEEL, 2000.

_____. **Hidrossedimentologia Prática.** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais CPRM/ Centrais Elétricas Brasileiras – ELETROBRÁS. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CASCO, Silvina Lorena; CHIOZZI, Nora Indiana B.; Neiff, Juan José. La vegetación como indicador de la Geomorfología Fluvial. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 6, nº 1, Uberlândia – UFU, 2005, p. 123-136.

CAVALCANTE, Andrea Almeida. **Aspectos da Produção de Sedimentos e seus Efeitos na Gestão dos Recursos Hídricos do Baixo Vale do rio Jaguaribe-Ce.**

2001. 143f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2001.

_____; MAIA, Rubson Pinheiro; MORAIS, Jáder Onofre de. Dinâmica Fluvial no Baixo Jaguaribe: uma avaliação a partir de estudos de descarga sólida. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. **Anais...** V. 2. Goiânia: UGB, 2006, p. 1-11.

_____. et al. Transporte de sedimentos e alterações fluviais no baixo curso do Rio Jaguaribe-CE. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Natal. **Anais...** Natal, 2007, p. 1-14.

_____; CUNHA, Sandra Baptista da. Alterações Hidrossedimentológicas à jusante do Açude Castanhão no Ceará-Brasil: algumas considerações. In: VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2008, Campo Grande. **Anais...** V. 1. Campo Grande, 2008, p. 1-13.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard. Blücher Ltda., 1999. 1. ed. 236p.

COELHO NETO, Ana Luíza. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p. 93-148.

COGERH. **Anuário do Monitoramento Quantitativo dos Principais Açudes do Estado do Ceará**. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), 2007.

COSTA, Cleuton Almeida; CAVALCANTE, Andrea Almeida. Impactos socioambientais na Planície Fluvial do Banabuiú nas adjacências do município de Morada Nova – Ce. In: IV Seminário do Dia do Geógrafo: Formação, Atuação e Legitimação do Geógrafo na Sociedade, 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Ed UECE, 2007, p. 1 -11.

_____; PINHEIRO, Lidriana de Souza. Dos currais de gado à agricultura mecanizada: descortinando a paisagem do Baixo Jaguaribe (Ceará). In: AMORA, Zenilde Baima (Org). **Cenários Geográficos: Reflexões e Enfoques**. Fortaleza: Ed UECE, 2009, p. 181 -199.

CUNHA, Sandra Batista da. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 229-271.

_____. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p. 211-252.

_____. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T.; (Orgs). **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 219-238.

DREW, David. **Processos interativos homem - meio ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1986.

ELIAS, Denise. A modernização da produção agropecuária In: ELIAS, Denise (Org.). **O novo espaço da produção globalizada: o Baixo Jaguaribe-CE**. Fortaleza: FUNECE, 2002, p. 282-355.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

FAIRCHILD, Thomas R.; TEIXEIRA, Wilson; BABINSKI, Marly. Em busca do passado do planeta Terra: tempo geológico. In: Teixeira, W. et al. (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 3ª reimp. 2008. P. 305-326.

FAN, Haoming; CAI, Qiangguo. **A suspended sediment budget for the Liu River basin, China**. In: IAHS. Foz do Iguaçu, Brazil, 2005, p. 243-249.

FERNANDES, Afrânio. **Fitogeografia brasileira**. 2. ed. Fortaleza: Multigraf, 2000.

FERREIRA, Antonio 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. In: **Revista Brasileira de Climatologia**. N.1, V.1. Presidente Prudente, 2005, p. 15-27.

FERREIRA NETO, Cicinato. **Estudos de História Jaguaribana: documentos, notas e ensaios diversos para a história do Baixo e Médio Jaguaribe**. Fortaleza: Premium, 2003.

_____. **A tragédia dos mil dias: a seca de 1877-79 no Ceará.** Fortaleza: Premium, 2006.

FIGUEIREDO, M. C. B.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; CORREIA, L. J. A.; MORAIS L. F. S. Perfil das Fazendas de Camarão em Águas interiores na Região do Baixo Jaguaribe. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** V.9, nº3, jul-set, 2004.

FUNCEME. Avaliação de previsão de estação chuvosa de 2008. Disponível em: <www.fuceme.br>. Acesso em: 30 out. 2008.

GIANNINI, Paulo César F.; RICCOMINI, Cláudio. Sedimentos e processos sedimentares. In: Teixeira, W. et al. (Org). **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 3ª reimp. 2008. P. 167-190.

GIRÃO, Raimundo. Bandeirismo baiano e povoamento do Ceará. **Rev. do Instituto do Ceará.** Fortaleza-CE, v. 62, 1948, p. 5-20.

GIRÃO, Valdelice Carneiro. As Charqueadas. **Rev. do Instituto do Ceará.** Fortaleza – CE, v. 110, 1996, p. 71-91.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HORA, Mônica de Aquino G. Massera da. Diagnóstico Preliminar das Condições Hidrossedimentológicas do Rio Paraíba do Sul e seus Principais Afluentes. **A Água em Revista.** Rio de Janeiro, 1998, p. 27-35.

IBGE. **Censo Populacional 2007.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em: 10 out. 2008.

LATRUBESSE, Edgardo M.; STEUVAX, José Cândido; SINHA, Rajiv. Grandes Sistemas Fluviais Tropicais: uma visão geral. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 6, nº 1, Uberlândia – UFU, 2005, p. 1-18.

LIMA, J. E. F. W. et al. Fluxo de Sedimentos em Suspensão no Exutório de Grandes Bacias Hidrográficas em Território brasileiro. In: VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos - ENES, 2006, Porto Alegre. **Anais...** V.1. Porto Alegre, 2006, p. 1-10.

LIMA, Lauro de Oliveira. **Na ribeira do rio das onças**. Fortaleza: Assis Almeida, 1997.

LIMA, Luiz Cruz; BOTÃO, Helissandra Helena. O açude público Castanhão (CE) como força reestruturadora do território. In: LIMA, Luiz Cruz (Org). **Reestruturação socioespacial: do espaço banal ao espaço da racionalidade técnica**. São Paulo: Annablume, 2006, p. 39-97.

MABESSONE, Janus Markus. Panorama Geomorfológico do Nordeste Brasileiro. **Geomorfologia**. São Paulo: IGEOG / USP, N.56, 1978, p. 1-16.

MAFRA, Neusa Maria Costa. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 301-322.

MAIA, Judária Augusta; MORAIS, Jader Onofre de; PINHEIRO, L. S. ; PAULA, Davis Pereira de ; CAVALCANTE, A. A. Identificação das áreas produtoras de sedimentos e distribuição das fácies sedimentares no baixo-curso do Rio Jaguaribe - CE. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Natal. **Anais...** Natal, 2007, p. 1-17.

MAIA, Rúbson Pinheiro. **Planície Fluvial do rio Jaguaribe: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental**. 2005.148f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

_____; CAVALCANTE, Andrea Almeida. **Alterações de drenagem evidenciadas pelo uso de áreas fluviais: O caso do rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte-Ce**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia, 2006.

MARQUES, Jordana Darlly Saldanha; CAVALCANTE, Andréa Almeida; FREITAS, Flávia Simone Coêlho. Os Ambientes Fluviais numa Perspectiva Sistêmica: um estudo de caso no município de Limoeiro do Norte-Ce. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. **Anais...** V. 2. Goiânia: UGB, 2006, p. 1-11.

MELQUÍADES JÚNIOR. Castanhão reabre comportas e atraem curiosos. **Diário do Nordeste** (Caderno Regional), 02 abr. 2008. Disponível em: <www.diariodonordete.globo.com>. Acesso em: 02 abr. 2008a.

_____. Chuvas comprometem projetos. **Diário do Nordeste** (Caderno Regional), 22 abr. 2008. Disponível em: <www.diariodonordete.globo.com>. Acesso em: 22 abr. 2008b.

_____. Jaguaruana debaixo d'água. **Diário do Nordeste** (Caderno Cidade), 04 mai. 2009. Disponível em: <www.diariodonordete.globo.com>. Acesso em: 04 mai. 2009.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia Física: Ciência Humana?** São Paulo: Contexto, 1998.

_____; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORAIS, Jader Onofre de. et al. O contexto hidrossedimentológico do Baixo Vale do Rio Jaguaribe: implicações para gestão integrada dos recursos hídricos. (Relatório Técnico). **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**. 2008. Processo nº 55294312005/CT-HIDRO, período: fevereiro/2006 – fevereiro/2008.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. Bacias Hidrográficas como unidade de planejamento e gestão geoambiental: uma proposta metodológica. In: **Revista Fluminense de Geografia**. Niterói. N°2, 2003, p. 61-82.

NEVES, Frederico de Castro. A seca na história do Ceará. In: SOUZA, Simone de. (Org). **Uma Nova História do Ceará**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2002, p. 76 -102.

NOGUEIRA, Daniela. Cogerh: açudes atingem o maior acúmulo de água desde 2004. **Jornal O Povo** (Redação), 06 jun. 2008. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/opovo/ceara/794629.html#>>. Acesso em: 06 jun. 2008.

OLIVEIRA FILHO, Severino Francisco de. **Identificação de áreas degradadas no município de Tabuleiro do Norte com ênfase às formações de florestas dicótilo/palmácea**. 2003.132f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

PENTEADO, Margarida M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3. ed. IBGE - Rio de Janeiro, 1980.

PEREIRA, Raimundo Castelo Melo; SILVA, Edson Vicente. Solos e vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Orgs.). **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, V. Único, p. 189 -210.

PINHEIRO, Francisco José. O Vale do Jaguaribe: de um espaço livre dos povos indígenas para uma região da pecuária. **Rev. Propostas Alternativas**. Fortaleza – CE: IMOPEC, 1999, p. 12-17.

PINHEIRO, Lidriana de Souza. **Riscos e Impactos Ambientais no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE**. 2003. 235 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2003.

_____; PAULA, Davis Pereira de; MORAIS, Jader Onofre de. Dinâmica Ambiental do Estuário do Rio Jaguaribe: impactos nos processos termohalinos a partir de construção de barragens. In: PINHEIRO, D. R. C. (Org). **Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões**. Fortaleza: ABC Editora, 2006, p. 99-112 (ISBN: 85-7536-181-3).

_____; FREITAS, Morsyleide de; SUCUPIRA, Paulo Augusto. O contexto ambiental e socioeconômico do médio e baixo curso do rio Acaraú, Ceará. In: PINHEIRO, D. R. C. (Org). **Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões**. Fortaleza: ABC Editora, 2006, p. 125-146 (ISBN: 85-7536-181-3).

PMTN. **Fotografias obtidas em sobrevôo de Parapente no município de Tabuleiro do Norte - CE**. Prefeitura Municipal de Tabuleiro do Norte, 2008.

RICCOMINI, C; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e Processos Aluviais. In: TEIXEIRA, W. et. al. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 2ª reimp. 2003. P. 192-214.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org). **Praticando Geografia – técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

SÁ, Illona Maria de Brito. Agricultura e Biodiversidade. In: ELIAS, Denise; SAMPAIO, José Levi Furtado (Orgs). **Modernização Excludente**. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2002, p. 61-81

SANTOS, Milton. Do Meio Natural ao Meio Técnico-Científico-Informacional. In: _____. **A Natureza do Espaço**. (Coleção Milton Santos). 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008. Cap.10, p. 233-260.

SILVA, M. S.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003.

SOARES, H. S. Elementos para uma Geografia Histórica do Baixo Jaguaribe. **Rev. Propostas Alternativas**. Fortaleza – CE: IMOPEC, 2000.

_____. Agricultura e Modernização sócio-espacial em Limoeiro do Norte. In: ELIAS, Denise; SAMPAIO, José Levi Furtado (Orgs). **Modernização Excludente**. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2002, p. 83-108.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos Geossistemas**. Método em Questão N.16, IGEOG/ USP. São Paulo, 1977, p. 1-51

SOUSA, Maria Salete de. Ceará: Bases de Fixação do Povoamento e Crescimento das Cidades. In: SILVA, José Borzacchiello da; CAVALCANTE, Tércia C.; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. (Orgs.). **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, v. único, p. 13 -31.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Contribuições ao estudo das unidades morfo-estruturais do Estado do Ceará. **Rev. de Geologia**. N. 1. V. 9. Fortaleza: 1988, p. 73-91.

_____. et al. Condições geo-ambientais do semi-árido brasileiro. In: **Notas e Comunicações de Geografia**. Textos Didáticos, Recife: Série B, Nº. 15, 1996, p. 1-21.

_____. Bases naturais e esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C.; MORAES, J. O.; SOUZA, M. J. N. (Orgs). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000, p. 5-104.

_____; OLIVEIRA, V. P. V.; GRANGEIRO, C. M. M. Análise Geoambiental. In: ELIAS, D. (org.). **O Novo Espaço da Produção Globalizada: O Baixo Jaguaribe**. Fortaleza: Funece, 2002, p. 23-89.

_____. et al. Contexto geoambiental das bacias hidrográficas do Acaraú, Curú e Baixo Jaguaribe - Estado do Ceará. (**Boletim Técnico 101**). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005.52p. ISSN 1677-1915.

_____. et al. Diagnóstico Geoambiental do Baixo Jaguaribe. In: ROSA, M. F.; GONDIM, R. S.; FIGUEREDO, M. C. B. (Orgs). **Gestão sustentável no Baixo Jaguaribe, Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006, p. 24-45.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1973.

_____; BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC; Editora da Universidade Federal do Paraná, 1990.

Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. Zoneamento Ecológico-Econômico dos Biomas Caatinga e Serras Úmidas do Estado do Ceará – zoneamento geoambiental-climatologia / Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura – FCPC – Fortaleza: PETROBRAS / FCPC / SEMACE / UFC, 2007.

TEXEIRA, Francisco José Coelho. **Modelo de Gerenciamento de Recursos Hídricos**: Análises e Proposta de Aperfeiçoamento do Sistema do Ceará. 1. ed. Brasília, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TUCCI, Carlos E. M.; CLARKE, Robin T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V.2, nº 1, Porto Alegre – UFRGS, 1997, p. 135-152.

ZANELLA, Maria Elisa. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Org.). **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, v. único, p. 169-188.

_____; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. In: SILVA, et al. (Orgs). **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006, p. 195-207.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)