

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**MIQUELINA APARECIDA DEINA**

**ALTERAÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS  
NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU (ES)**

**VITÓRIA,  
2013**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**MIQUELINA APARECIDA DEINA**

**ALTERAÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS  
NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU (ES)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal do Espírito Santo, sob a orientação do Professor Dr. André Luiz Nascentes Coelho.

**VITÓRIA,  
2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

D324a Deina, Miquelina Aparecida, 1981-  
Alterações hidrogeomorfológicas no baixo curso do rio Jucu  
(ES) / Miquelina Aparecida Deina. – 2013.  
186 f. : il.

Orientador: André Luiz Nascentes Coelho.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal  
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Hidrografia. 2. Geomorfologia. 3. Jucu, Rio, Bacia (ES). I.  
Coelho, André Luiz Nascentes, 1971-. II. Universidade Federal do  
Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III.  
Título.

CDU: 91

---

MIQUELINA APARECIDA DEINA

**ALTERAÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS  
NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU (ES)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Geografia.

COMISSÃO EXAMINADORA:

-----  
Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho  
UFES/ Departamento de Geografia  
Orientador

-----  
Prof. Dr. Antônio Celso de Oliveira Goulart  
UFES/ Departamento de Geografia  
Examinador interno

-----  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Batista Cunha  
UFF/ Departamento de Geografia  
Examinador externo

*Dedico este trabalho,*

*Aos meus pais, Pedro e Fátima, por me orientarem desde criança, com muita sabedoria e simplicidade, a seguir um dos caminhos mais valiosos e belos desta vida: o do conhecimento.*

*Às minhas irmãs e ao meu marido, que sempre acreditaram em mim e por isso estiveram ao meu lado durante toda essa trajetória, sempre prontos a me estender as mãos quando fosse preciso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, em especial:

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, que tem buscado sempre a melhoria do curso de pós-graduação.

À secretária do mestrado, Izadora Ramos, pela eficiência com o seu trabalho e pelo respeito e gentileza com que nos atende.

Ao professor Antônio Celso de Oliveira Goulart a quem eu devo a maior parte dos meus conhecimentos em geomorfologia.

Ao professor Luis Carlos Tosta dos Reis pela importante contribuição na reestruturação do projeto de pesquisa na disciplina Teoria da Geografia.

Aos órgãos/institutos ANA, EMBRAPA, IBGE, IEMA, IJSN, INCAPER, INPE e outros pela disponibilização das informações de forma diligente e acessível.

Ao meu marido Wesley Daleprane de Jesus, que além da paciência e compreensão nesta trajetória, contribuiu diretamente nesta pesquisa me acompanhando nas campanhas de campo.

Em especial, agradeço ao meu orientador André Luiz Nascentes Coelho, pela confiança e dedicação que depositou em meu trabalho, conduzindo a realização desta pesquisa de forma muito eficiente e tranquila, o que contribuiu grandemente para o meu amadurecimento enquanto geógrafa e pesquisadora.

“As reticências são os três primeiros passos do pensamento que continua por conta própria o seu caminho”.

Mário Quintana

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Jucu ocupa lugar de destaque no Estado do Espírito Santo, pois além de abranger seis municípios, o rio Jucu é o principal responsável pelo abastecimento de água da RMGV. Nas últimas décadas o rio Jucu tem sofrido com as consequências do avanço da urbanização em seu baixo curso, resultando em alterações hidrológicas significativas, com alagamentos e inundações constantes neste trecho da bacia.

Frente a este cenário, o objetivo desta pesquisa está centrado no estudo detalhado das alterações hidrogeomorfológicas no baixo Jucu e suas consequências socioambientais, com base na totalidade do espaço geográfico conforme conceito de Aziz Ab' Sáber (2002). Deste modo, parte-se da análise integrada dos aspectos naturais e sociais de toda a bacia, com destaque para a área de estudo do baixo curso do Jucu, possibilitada através de diferentes dados e informações de agências e órgãos de referência (ANA, EMBRAPA, IBGE, IEMA, IJSN, INPE), além das aplicações em SIG e outras tecnologias, que juntamente com as campanhas de campo, registros fotográficos e levantamento bibliográfico selecionado permitiram a efetivação deste estudo.

Os métodos e técnicas utilizados nesta pesquisa mostraram-se satisfatórios para o diagnóstico e análise hidrogeomorfológicas desta porção da bacia. A análise hidrológica permitiu constatar o crescimento dos picos das vazões máximas ( $m^3/s$ ) nos últimos anos, além do aumento das cotas altimétricas e mudanças no perfil transversal. Em relação à análise geomorfológica do baixo Jucu através das ortofotos históricas, esta evidenciou avanço acelerado da urbanização em direção ao canal principal do Jucu. Tais constatações revelaram significativa correlação entre as mudanças hidrológicas no baixo Jucu e a forma de uso e ocupação da terra na bacia.

## **ABSTRACT**

The river basin Jucu occupies a prominence place in the State of Espírito Santo, as well as cover six counties, the river Jucu is primarily responsible for water supply RMGV. In recent decades the river Jucu has suffered the consequences of the advance of urbanization in its lower course, resulting in significant hydrological changes, with floods and floods contained in this section of the basin.

Considering this scenery, the objective of this research is focused on the detailed study of the changes in hydrogeomorphologic low Jucu river and its environmental consequences, which is based on the totality of the geographical space concept presented in Aziz Ab 'Saber work (2002). Thus, we start from the integrated analysis of the natural and social aspects of the entire basin, with emphasis on the study area of the lower course of the Jucu river. It has been possible due to different data and information reference collected by agencies and bodies (ANA, EMBRAPA, IBGE, IEMA, IJSN, INPE), applications in GIS and other surveys, with field campaigns, photographic records, and bibliographic survey selected which allowed the realization of this study.

The methods and techniques used in this study were satisfactory for diagnosis and analysis hydrogeomorphologic in this portion of the basin. The hydrologic analyses have revealed the growth of the maximum flow peaks ( $m^3/s$ ) in recent years, also the increase of the quota altimetric and the changes in cross-section. Regarding the geomorphological analysis of low Jucu through historical orthophotos, this showed accelerated advance of urbanization toward the main channel of Jucu. These findings revealed a significant correlation between changes in hydrological Jucu down and shape, the use and occupation of the land in the basin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização da bacia do rio Jucu no Espírito Santo.....	18
Figura 02 – Esquema do método de estudo de geossistema.....	23
Figura 03 – Tipos de leitos fluviais.....	42
Figura 04 – Trecho do baixo Jucu com padrão retilíneo.....	43
Figura 05 – Formas de canais ao longo de um perfil longitudinal.....	44
Figura 06 – Padrões básicos de formas de canais em função da carga sedimentar.....	46
Figura 07 – Classificação genética dos rios.....	47
Figura 08 – Propriedade das drenagens e seus respectivos padrões geométricos.....	49
Figura 09 – Relação velocidade <i>versus</i> tamanhos das partículas.....	50
Figura 10 – Articulação dos dados SRTM da bacia do rio Jucu.....	58
Figura 11 – Estações Pluviométricas e Fluviométricas na bacia.....	60
Figura 12 – Layout do ArcMap na interpolação dos dados de precipitação.....	61
Figura 13 – Layout do Software HidroWeb.....	62
Figura 14 – Segmentos espaciais no baixo curso do Jucu.....	63
Figura 15 – Campanhas de campo no baixo Jucu.....	65
Figura 16 - Diagrama Síntese das Principais Etapas da Pesquisa.....	66
Figura 17 – Municípios pertencentes à bacia do Jucu.....	69
Figura 18 – Rio Jucu em Marechal Floriano.....	70
Figura 19 – Hierarquia fluvial da bacia do Jucu.....	72
Figura 20 – Geologia e Geomorfologia.....	74
Figura 21 – Perfil Longitudinal.....	75
Figura 22 – Hipsometria da bacia, dividido em alto, médio e baixo curso.....	76
Figura 23 – Declividade da bacia do Jucu.....	78
Figura 24 – Precipitação média mensal da bacia do Jucu.....	81
Figura 25 – Vazão e precipitação média mensal.....	82
Figura 26 – Solos da bacia do Jucu.....	84
Figura 27 – Crescimento populacional dos municípios da bacia.....	88
Figura 28 – Crescimento da população urbana da bacia.....	89

Figura 29 – Festa Italemanha e Pedra Azul.....	90
Figura 30 – Principais eixos de transpostes na bacia.....	94
Figura 31 – Precipitação das estações pluviométricas situadas na bacia.....	97
Figura 32 – Precipitações totais Estação da Fazenda Jucuruaba.....	98
Figura 33 – Vazões mensais das três estações hidrometeorológicas da bacia.....	99
Figura 34 – Estação Fazenda Jucuruaba e caderneta de dados fluviométricos .....	100
Figura 35 – Vazões totais do rio Jucu na Estação Fazenda Jucuruaba.....	104
Figura 36 – Vazões médias anuais do rio Jucu.....	106
Figura 37 – Vazões médias mensais do rio Jucu.....	106
Figura 38 – Vazões mínimas na Estação Fazenda Jucuruaba.....	108
Figura 39 – Vazões máximas na Estação Fazenda Jucuruaba.....	110
Figura 40 – Cotas máximas na Estação Fazenda Jucuruaba.....	111
Figura 41 – Áreas de pastagens e cultivos agrícolas no baico Jucu .....	112
Figura 42 – Áreas de cultivos agrícolas no baixo Jucu logo.....	113
Figura 43 – Baixo Jucu compreendido por vários meandros.....	113
Figura 44 – Direção dos fluxos no entorno da Estação Fazenda Jucuruaba.....	114
Figura 45 – Perfis transversais na Estação Fazenda Jucuruaba.....	116
Figura 46 – Estimativa do período de retorno das vazões máximas.....	117
Figura 47 – Bairro Pontal das Garças em janeiro de 2011.....	120
Figura 48 – Foz do rio Jucu em Vila Velha (ES).....	121
Figura 49 – Região do baixo rio Jucu alagada.....	122
Figura 50 – Alterações morfológicas no baixo curso do rio Jucu até 1970.....	124
Figura 51 – Cidade de Vila Velha na enchente de 1960.....	125
Figura 52 – Imagem de satélite do Dique Guaranhuns.....	126
Figura 53 – Baixo curso do Jucu dividido em quatro segmentos.....	128
Figura 54 – Variações morfológicas do primeiro segmento territorial.....	130
Figura 55 – Bairros Darly Santos e Pontal das Garças.....	131
Figura 56 – Shopping Boulevard.....	132
Figura 57 – Cruzamento da Rod. Darly Santos com a Rod. do Sol.....	132
Figura 58 – Variações morfológicas do segundo seguimento territorial.....	134

Figura 59 – Usina de ferro gusa e canal de escoamento ao lado da usina.....	135
Figura 60 – Ligação do rio Formate ao Marinho e ponte de acesso à usina de ferro gusa.....	135
Figura 61 – Canal de captação de água da CESAN no Jucu.....	136
Figura 62 – Trecho do Jucu na barragem de captação da CESAN.....	137
Figura 63 – Trecho Jucu com saída do canal de Araçás.....	138
Figura 64 – Bairro Itapuera da Barra.....	139
Figura 65 – Entrada do condomínio residencial Riviera Park.....	139
Figura 66 – Imagem de satélite do condomínio residencial Riviera Park.....	140
Figura 67 – Condomínio residencial Riviera Park das Construtoras Galwan e Ápia.....	140
Figura 68 – Variações morfológicas do terceiro seguimento territorial.....	141
Figura 69 – Planície do baixo Jucu e tabuleiros costeiros do Grupo Barreiras.....	142
Figura 70 – Morada da Barra, Residencial Jabaeté, Areal Jaguarussu e Loteamento Mangal.....	143
Figura 71 – Variações morfológicas do quarto seguimento territorial.....	144
Figura 72 – Canal com esgoto em direção ao Jucu e trecho da saída do Canal de Araçás.....	145
Figura 73 – Trechos do Jucu com indícios de erosão nas margens.....	146
Figura 74 – Extração de areia e ocupação das margens em trecho do Jucu.....	146
Figura 75 – Áreas de pastagens na margem direita do Jucu.....	147
Figura 76 - Rio Jucu e planície adjacente em período de estiagem.....	149
Figura 77 – Dique Guaranhuns.....	151
Figura 78 – Canal nos bairros Pontal das Garças e Darly Santos.....	151
Figura 79 – Av. Vitória Régia, R. Cravo, Av. Leila Diniz e Rod. Darly Santos.....	153
Figura 80 – Trajeto percorrido no baixo Jucu em 19/03/2013.....	154
Figura 81 – Canal de Araçás.....	155
Figura 82 – Saída do Canal de Araçás e máquina de bombeamento d’água.....	156
Figura 83 – Estrada do Dique Guaranhuns e da entrada do bairro Itapuera da Barra.....	156
Figura 84 – Ponte do Jucu na altura da Rodovia do Sol.....	157
Figura 85 – Av. João Mendes, Rua C e Av. Perimetral em Coqueiral de Itaparica.....	157
Figura 86 - Comportas e bombas na saída do canal de Araçás.....	159

Figura 87 – Vários pontos de alagamento em Vila Velha.....	161
Figura 88 – Vários pontos de alagamento em Vila Velha.....	161
Figura 89 – Mapa de zoneamento do PDM de Vila Velha.....	168

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Leitos Fluviais.....	42
Tabela 2 – Padrões de Drenagem.....	43
Tabela 3 – Padrões de Drenagem em Função da Gênese.....	47
Tabela 4 – Principais Padrões de Drenagem em Função da Geometria.....	48
Tabela 5 – Dinâmica dos Processos Fluviais.....	51
Tabela 6 – Estações Pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu.....	59
Tabela 7 – Estações Fluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu.....	61
Tabela 8 – Área Territorial dos Municípios Abrangidos pela Bacia.....	68
Tabela 9 – Padrões de Relevo da Bacia do Jucu.....	77
Tabela 10 - Série de Vazões Históricas do Rio Jucu.....	102
Tabela 11 - Vazões Mínimas na Estação Fazenda Jucuruaba.....	108
Tabela 12 - Vazões Máximas na Estação Fazenda Jucuruaba.....	109
Tabela 13 – Estimativa do Período de Retorno das Vazões Máximas.....	118
Tabela 14 – Média dos Diferentes Períodos de Retorno das Vazões Máximas.....	119

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA	- Agência Nacional de Águas
ASEVILA	- Associação dos Empresários de Vila Velha
BNDO	- Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CESAN	- Companhia Espírito-Santense de Saneamento
COMDEVIT	- Conselho Metropolitano de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Vitória
DER	- Departamento de Estrada e Rodagem (do Espírito Santo)
DNOS	- Departamento Nacional de Obras e Saneamento
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	- Estação de Tratamento de Água
IBAM	- Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	- Instituto Estadual de Meio Ambiente (Espírito Santo)
INCAPER	- Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
IJSN	- Instituto Jones dos Santos Neves
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MNT	- Modelo Numérico de Terreno
PDM	- Plano Diretor Municipal
PMV	- Prefeitura Municipal de Viana
PMVV	- Prefeitura Municipal de Vila Velha
RMGV	- Região Metropolitana da Grande Vitória
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
SRTM	- Shuttle Topography Mission
UTM	- Universal Transverse Mercator
ZCAS	- Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCPS	- Zona de Convergência do Pacífico Sul
ZEE	- Zonas de Equipamentos Especiais
ZEI	- Zonas de Especial Interesse
ZIE	- Zonas de Especial Interesse
ZOR	- Zonas de Ocupação Restrita

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1. ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL.....</b>	<b>23</b>
1.1 O ESPAÇO GEOGRÁFICO EM SUA TOTALIDADE.....	23
1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS: DEFINIÇÕES E CONCEITOS.....	29
1.3 PLANEJAMENTO URBANO-AMBIENTAL SOB A ÓTICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	33
<b>1.3.1 Instrumentos de Gestão Urbana Ambiental à Luz da Legislação     Brasileira Atual.....</b>	<b>36</b>
1.4 GEOMORFOLOGIA FLUVIAL.....	41
<b>1.4.1 Fisiografia Fluvial.....</b>	<b>42</b>
<b>1.4.2 Processos Fluviais.....</b>	<b>50</b>
<b>1.4.2.1 Comportamento Hidrológico das Bacias Hidrográficas em Ambientes         Tropicais.....</b>	<b>54</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>58</b>
2.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS BIBLIOGRÁFICOS.....	58
2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS CARTOGRÁFICOS E APLICAÇÕES EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	58
<b>2.2.1 Dados Cartográficos.....</b>	<b>58</b>
<b>2.2.2 Aplicações em SIG.....</b>	<b>59</b>
2.3 AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS.....	60
2.4 SEGMENTOS DE ANÁLISE ESPACIAL.....	63
2.5 LEVANTAMENTO DE DADOS SOCIOECONÔMICOS.....	64
2.6 CAMPANHAS DE CAMPO.....	65

<b>3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU</b>	68
3.1 FISIOGRAFIA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	68
<b>3.1.1 Aspectos Gerais da Bacia</b> .....	69
<b>3.1.2 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos</b> .....	74
<b>3.1.3 Clima</b> .....	80
<b>3.1.4 Solos</b> .....	84
3.2 ASPECTOS POPULACIONAIS E ECONÔMICOS.....	87
<b>3.2.1 População</b> .....	87
<b>3.2.2 Economia</b> .....	90
<b>4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DO BAIXO CURSO DO RIO JUCU</b> .....	96
4.1 SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÕES.....	96
4.2 SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES.....	100
<b>4.2.1 Série de Vazões da Fazenda Jucuruaba</b> .....	101
<b>4.2.2 Vazões Totais</b> .....	105
<b>4.2.3 Vazões Médias Anuais</b> .....	106
<b>4.2.4 Vazões Médias Mensais</b> .....	107
<b>4.2.5 Vazões Diárias Mínimas e Máximas</b> .....	108
<b>4.2.6 Cotas Altimétricas</b> .....	112
<b>4.2.7 Perfil Transversal</b> .....	116
<b>4.2.8 Período de Retorno</b> .....	117
4.3 A FOZ DO JUCU E SUA INFLUÊNCIA ESTUARINA NO COMPORTAMENTO HIDROGEOMORFOLÓGICO DO BAIXO CURSO.....	121
<b>5. ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU</b> .....	124

5.1 BREVE HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU ATÉ 1970.....	124
5.2 VARIAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO BAIXO CURSO DO JUCU ATRAVÉS DE SÉRIES HISTÓRICAS DE FOTOS AÉREAS.....	127
<b>5.2.1 Variações Morfológicas do Primeiro Segmento Espacial.....</b>	<b>130</b>
<b>5.2.2 Variações Morfológicas do Segundo Segmento Espacial.....</b>	<b>134</b>
<b>5.2.3 Variações Morfológicas do Terceiro Segmento Espacial.....</b>	<b>138</b>
<b>5.2.4 Variações Morfológicas do Quarto Segmento Espacial.....</b>	<b>143</b>
5.3 PRINCIPAIS PROBLEMÁTICAS SOCIOAMBIENTAIS IDENTIFICADAS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU.....	146
<b>5.3.1 A difícil experiência em um dia de chuvas intensas e duradouras no município de Vila Velha.....</b>	<b>153</b>
5.4 AS POLÍTICAS URBANO-AMBIENTAIS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU ATRAVÉS DOS PLANOS DIRETORES MUNICIPAIS.....	163
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>170</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>177</b>

## **INTRODUÇÃO**

O crescimento da população mundial e conseqüentemente das atividades econômicas e de áreas urbanizadas, com a frequente ocupação desordenada do território tem provocado sérios danos ambientais, em especial sobre as áreas das bacias de drenagens, que segundo Cunha (2003) refletem a forma de uso do solo e sua dinâmica. As inúmeras transformações provocadas pelo homem na área da bacia refletem sobre os canais fluviais modificando o comportamento hidrológico dos mesmos, como a descarga líquida e sólida do rio, a quantidade e a qualidade da água, além de modificar a morfologia do canal. Tais alterações podem trazer sérios danos à população, principalmente das áreas urbanizadas comprometendo o abastecimento, assim como provocando alagamentos e inundações.

Esta realidade atinge significativa parte das bacias hidrográficas brasileiras, em diferentes escalas, especialmente aquelas situadas em ambientes urbanos, pois a articulação das políticas urbanas com as de cunho ambiental, ainda enfrenta uma série de burocracias que dificultam a realização de uma gestão conjunta que de conta da realidade de interações entre as dinâmicas naturais e sociais que se realizam no âmbito das bacias de drenagem (BRAGA E CARVALHO, 2003).

A bacia hidrográfica do rio Jucu compreende um desses ambientes cuja interação homem-meio tem promovido mudanças significativas no espaço geográfico, em geral, de forma bastante degradante. Sua extensão territorial é de 2014 km<sup>2</sup>, que se localizam sob o domínio estadual, abrangendo seis municípios, dentre os quais, quatro pertencem à Região Metropolitana da Grande Vitória: Cariacica, Guarapari, Viana e Vila Velha (Figura 01). O baixo curso do rio encontra-se localizado nas porções mais urbanizadas da bacia percorrendo parte dos municípios de Viana e Vila Velha.

O modelo de uso e ocupação da terra na bacia segue comumente os moldes de uma sociedade capitalista, que historicamente tem se reproduzido pela utilização indiscriminada da riqueza natural e da exploração do trabalho humano. As conseqüências desse modelo afetam o ambiente natural de tal forma, que na busca de um novo ponto de equilíbrio, este interage com o ser humano (sociedade) de modo bastante agressivo, estendendo, especialmente à população de menor poder aquisitivo, as conseqüências negativas dessa inter-relação.

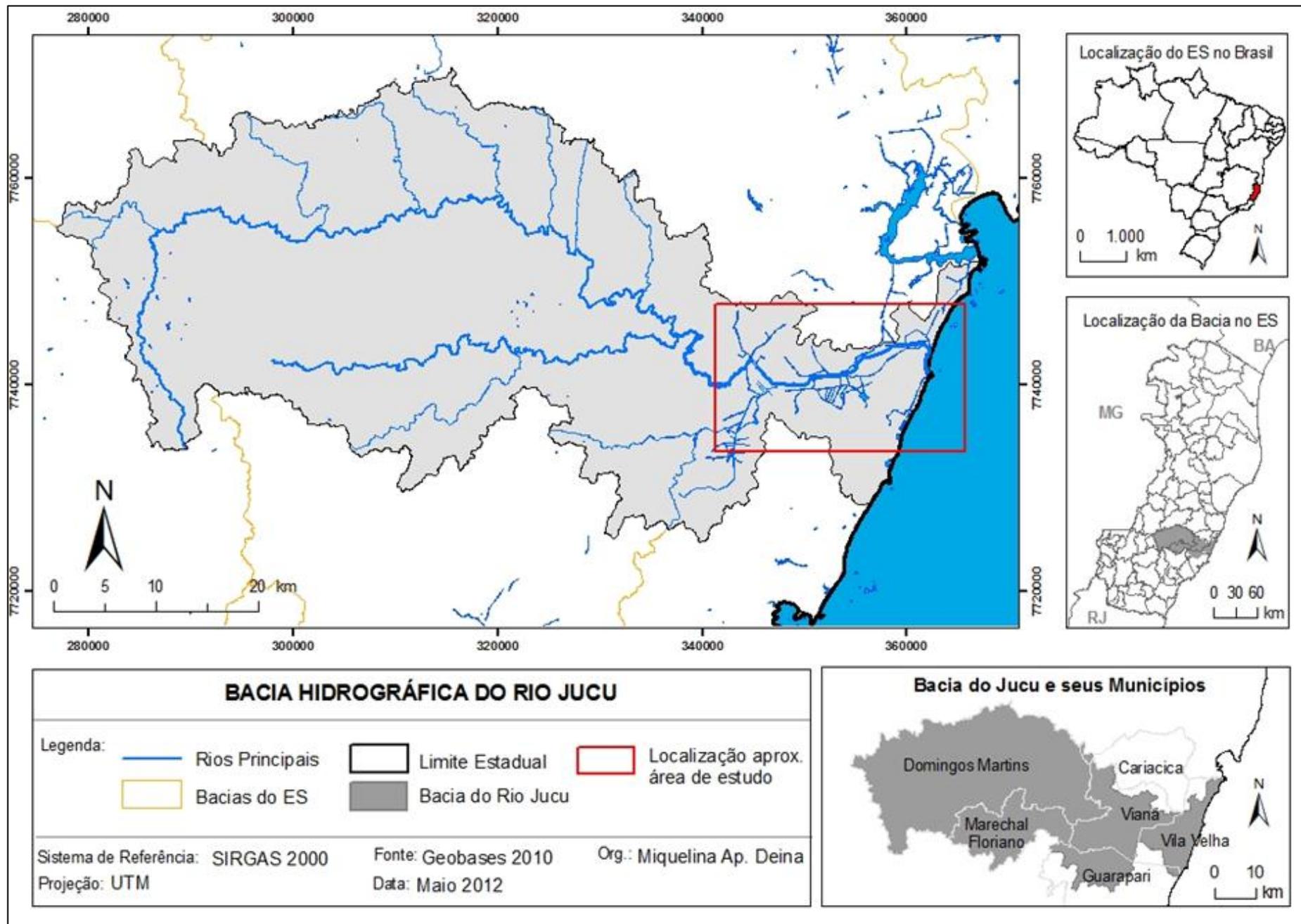


Figura 01 – Localização da Bacia do Rio Jucu no Espírito Santo, municípios pertencentes a mesma, principais afluentes e área de estudo no interior da linha vermelha

As diferentes formas de uso e ocupação da terra na bacia estão relacionadas a atividades econômicas ligadas aos três setores da economia: a agropecuária, cujas técnicas agrárias ainda são muito agressivas, com utilização indiscriminada de pesticidas, queimadas para preparo do solo, degradação das margens do Jucu com retirada das matas ciliares e despejo *in natura* de efluentes de origem animal direto nos cursos d'água; a atividade industrial, cujo lançamento dos seus efluentes ocorre em muitos casos sem tratamento adequado, onde a fiscalização ambiental, ou não ocorre, ou não tem sido eficiente; e, as atividades ligadas aos demais usos da terra, especialmente por meio da sua comercialização, que, devido ao crescente valor desta em grande parte da bacia, tem contribuído fortemente para a ocupação indevida de áreas ambientalmente frágeis.

O baixo curso do rio Jucu é um dos que mais sofre com este modelo de uso e ocupação da terra, pois apesar de passar por uma extensa área, situa-se num dos trechos mais impactados com o aumento da urbanização nas últimas décadas, além de sofrer às consequências das alterações ocorridas a montante desta área.

Deste modo, o estudo hidrogeomorfológico no baixo curso do rio Jucu (ES) apresenta-se de grande importância à medida que eleva a compreensão da inter-relação entre a dinâmica física e social estabelecida no âmbito das bacias hidrográficas e, por conseguinte, contribui para elucidar a utilidade de compreender esta interação no contexto de um planejamento urbano ambiental integrado, que ultrapasse os limites políticos administrativos dos municípios, especialmente ao se tratar de um recorte espacial que compõe parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

O objetivo central deste estudo consiste, portanto, em identificar as alterações hidrogeomorfológicas no baixo curso do rio Jucu nas últimas décadas, relacionadas às modificações ocorridas no padrão de uso e ocupação da terra na área de abrangência da bacia.

Para alcançar este objetivo fez-se necessário identificar com mais detalhes o comportamento da descarga líquida do baixo curso do rio Jucu, efetuada especialmente a partir das séries históricas dos dados hidrológicos da Estação Fazenda Jucuruaba, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), única estação localizada na área de abrangência do baixo curso do rio.

Paralelamente, foi necessário identificar as alterações geomorfológicas na área de abrangência do baixo Jucu nas últimas décadas, por meio de ortofotos aéreas históricas que possibilitaram

a visualização das alterações no uso e ocupação da terra, sobretudo, quanto às transformações na cobertura vegetal e aumento de áreas urbanizadas.

Deste modo, com base nos dados obtidos pela análise hidrológica e geomorfológica no baixo curso da bacia, foram estabelecidas as correlações existentes entre o comportamento hidrológico e as transformações geomorfológicas deste espaço geográfico e *vice e versa*.

Tais correlações contribuíram para analisar as interações entre as leis naturais e sociais atuantes na bacia, especialmente no recorte espacial do baixo curso do Jucu.

Assim, a presente pesquisa foi estruturada em seis capítulos, além da introdução. O primeiro capítulo destina-se a revisão teórica e conceitual, onde são abordados temas referentes à totalidade do espaço geográfico, segundo conceito de Aziz Ab'Sáber (2002), definições e conceitos de bacia hidrográfica, planejamento urbano ambiental sob a ótica das bacias hidrográficas e demais aspectos pertinentes à geomorfologia fluvial, como a fisiografia e os processos fluviais.

O segundo capítulo refere-se aos materiais e métodos utilizados na pesquisa, desde o levantamento do referencial teórico bibliográfico necessário às diversas etapas da pesquisa ao levantamento de dados relativos aos aspectos físicos da bacia, como dados hidrológicos e pluviométricos, socioeconômicos, além do levantamento de dados cartográficos como ortofotos aéreas históricas, imagens de satélite, dados da Missão SRTM, cartas topográficas e outros. O levantamento destes dados contou com o apoio de instituições como ANA, EMBRAPA, IBGE, IEMA, IJSN, INPE e outras. São apresentados também neste capítulo os métodos utilizados para o trabalho com os diferentes materiais utilizados na pesquisa, como por exemplo, as aplicações em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O terceiro capítulo refere-se à caracterização geral da bacia hidrográfica do Jucu, estando constituído por duas seções principais: a fisiografia da bacia hidrográfica e o uso e ocupação da terra. A primeira seção tem por finalidade efetuar a análise geral da bacia e detalhar a área de estudo através da caracterização morfológica apoiada no uso de tecnologias como o SIG. Desta forma, efetuou-se o levantamento de dados como: a abrangência e limites territoriais, hierarquia fluvial, geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, aspectos climáticos, além dos tipos de solos. A segunda seção enfatizou os aspectos populacionais, especialmente quanto ao crescimento da população urbana e a densidade demográfica na bacia, além dos

aspectos econômicos com ênfase nas principais atividades desenvolvidas na bacia e na infraestrutura de transporte.

O quarto capítulo, por sua vez, encarrega-se da análise do comportamento hidrológico no baixo curso do rio Jucu, onde são avaliadas, inicialmente, as séries históricas de precipitações, na bacia como um todo, destacando dois períodos distintos: um seco e um chuvoso. Em seguida, são avaliadas as séries históricas das descargas fluviais referentes à Estação Fazenda Jucuruaba situada no baixo Jucu, com destaque para as vazões totais, vazões médias mensais e vazões diárias mínimas e máximas. Além disso, foram analisados dados relativos às cotas altimétricas, perfil transversal e período de retorno das vazões máximas.

O quinto capítulo descreve as alterações geomorfológicas no baixo curso do rio Jucu, efetuadas a partir da análise de ortofotos aéreas históricas correspondentes aos anos de 1970, 1978, 1998 e 2008 e campanhas de campo. A partir das ortofotos foi possível acompanhar as principais mudanças no baixo curso da bacia, especialmente quanto ao avanço da urbanização para áreas cada vez mais próximas ao canal principal, assim como algumas mudanças relativas aos canais de drenagem da região ao longo das últimas décadas.

Com base na análise das ortofotos históricas e demais levantamentos de dados sobre o local, efetuou-se a identificação dos principais problemas socioambientais no baixo Jucu, seguido da análise da atuação do poder público nesta região por meio dos Planos Diretores Municipais de Vila Velha e Viana.

A partir da análise dos dados hidrológicos e geomorfológicos identificados nesta pesquisa, partiu-se para a fase final referente às discussões e considerações finais, que constitui o sexto e último capítulo desta pesquisa, no qual são elencadas as principais interações entre as leis naturais e sociais responsáveis pela estruturação deste espaço geográfico e a importância da análise urbana ambiental integrada, especialmente no âmbito das bacias hidrográficas.

## **1. ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL**

### **1.1 O ESPAÇO GEOGRÁFICO EM SUA TOTALIDADE**

No processo de desenvolvimento do pensamento geográfico várias foram as posições epistemológicas adotadas por diferentes autores para se definir o objeto e o papel da geografia enquanto ciência. Da descrição empírica da superfície terrestre pura e simplesmente ao estudo das relações entre sociedade e natureza, passando do determinismo ao possibilismo geográfico, do naturalismo ao humanismo, o espaço sempre foi de alguma forma um dos objetos dos estudos geográficos. Conforme Moraes (1990), o temário geral da geografia em suas diversas concepções discute fatos referentes ao espaço.

Segundo Barbosa e Carvalho (2008), na contemporaneidade, o objetivo da geografia é estudar a relação entre sociedade e natureza a partir do conceito de espaço. Contudo, os referidos autores afirmam que as particularidades dos componentes sociedade e natureza, que juntos constituem a totalidade, acabaram por orientar os geógrafos a desenvolver visões distintas e posições metodológicas diversas em função da diferenciação entre as leis sociais e naturais. Nesse contexto, surgem, por exemplo, orientações metodológicas voltadas particularmente ao estudo do quadro natural a partir da visão sistêmica influenciada pela abordagem neopositivista, enquanto outras estão direcionadas ao estudo da sociedade por meio da abordagem materialista histórica ou dialética materialista (BARBOSA e CARVALHO, 2008).

Ab' Sáber (2002, p.30), por sua vez, aponta para a necessidade de visualizar o espaço em sua integração plena, que se caracteriza pelo “Espaço Total” definido pelo autor como “[...] o arranjo e o perfil adquiridos por uma determinada área em função da organização humana que lhe foi imposta ao longo dos tempos”, contribuindo assim para a superação desta ruptura. Partindo desta perspectiva, Barbosa e Carvalho (2008) propõem a fusão entre a análise geossistêmica com a abordagem materialista histórica por considerarem as referidas posturas metodológicas complementares na compreensão do espaço em sua integração plena, ou seja, o espaço total.

O termo geossistema foi introduzido na literatura geográfica pelo soviético Sotchava em 1962, com o objetivo de expressar a relação entre sociedade e natureza (GUERRA e MARÇAL, 2010).

Esta abordagem, com base no conceito russo-soviético de Sotchava (1978)<sup>1</sup> citado por Ross (2006), associa os geossistemas a uma concepção geográfica da natureza, sendo estes considerados como sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados. Conforme o referido autor (2006, p.25) Sotchava (1978) afirma ainda: “[...] os geossistemas são fenômenos naturais, embora todos os fatores econômicos e sociais afetem sua estrutura e peculiaridades espaciais”. Nesse sentido, de acordo com a citação de Ross (2006) faz-se imprescindível para o estudo dos geossistemas considerar tais fatores, visto que estes influenciam as conexões dentro de cada geossistema, especialmente nas paisagens fortemente antropizadas.

O conceito de geossistema passa então a ser trabalhado por diferentes autores (Bertrand, 1971<sup>2</sup>; Tricart, 1977<sup>3</sup>; Bolós, 1981<sup>4</sup>; Rougerie e Beroutchachvili, 1991<sup>5</sup>) conforme citados por Guerra e Marçal (2010, p. 97), além de Christofolletti (1999) e outros, especialmente na Geografia Física, pois estes consideram esta abordagem metodológica fundamental aos seus estudos, visto que “[...] os geossistemas correspondem a fenômenos naturais (fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e vegetação), porém englobando os fatores econômicos e sociais, que, juntos, representam a paisagem modificada, ou não, pela sociedade” (Figura 02).

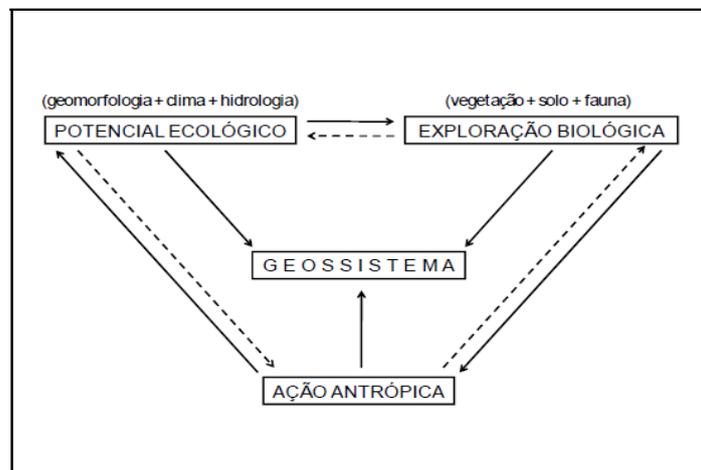


Figura 02 – Esquema do método de estudo de geossistema (BERTRAND, 1971, *apud* PISSINATI e ARCHELA, 2009).

<sup>1</sup> SOTCHAVA, U. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**. São Paulo, n. 14, 1978.

<sup>2</sup> BERTRAND, G. (1971). **Paisagem e Geografia Global. Esboço Metodológico**. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, Cadernos de Ciências da Terra, (13) p. 1-27.

<sup>3</sup> TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. FIBGE, Diretoria Técnica. 91 p.

<sup>4</sup> BOLÓS, MC. (1981). Problemática Atual de Los Estudios de Paisage Integrado. **Revista de Geografia**, Barcelona, v.15, 1-2, p. 45-68.

<sup>5</sup> ROUGERIE. G. & BEROUTCHACHVILI, N. (1991). **Geossisteme at Paisages: bilan et méthodes**. Paris, Armand Colin, 302p.

Apesar dos autores aqui citados abordarem a ação antrópica no desenvolvimento da análise geográfica sob uma ótica sistêmica, Ross (2006, p.34) enfatiza que “A questão do antrópico, na abordagem geossistêmica, desde início foi insuficiente tratada [...]”. Tal constatação deve-se ao fato de que a sociedade nesta abordagem é tida apenas como mais um fator de interferência sobre o meio físico e biótico, sem avaliar satisfatoriamente quais leis sociais vigentes explicam as diferentes ações da sociedade sobre o ambiente. Ou seja, não explica quais relações sociais, motivadas em geral por fatores econômicos na atual sociedade capitalista, estão interferindo na estruturação e organização do espaço geográfico, que em muitos casos materializa-se de forma degradante no território.

Ross (2006, p.46) afirma ainda ao abordar o horizonte epistemológico da Geografia Ecológica citando Tricart (1977) e outros autores que trabalham sob esta ótica de pesquisa, que os mesmos “[...] continuam tratando as sociedades humanas apenas como agentes modificadores das paisagens ou dos ambientes naturais ou dos sistemas ambientais naturais”. Barbosa e Carvalho (2008, p.852) também partilham da mesma posição ao afirmar que “[...] os trabalhos que se vinculam a análise geossistêmica, embora demonstrem certo esforço em incluir a análise social no seu escopo, não têm produzido resultados satisfatórios, contentando-se em incluir elementos humanos e econômicos em suas interpretações”.

A abordagem materialista histórica de Marx, por sua vez, enfatiza a interpretação das relações sociais e a apropriação da natureza, em detrimento das leis naturais. Segundo esta teoria “[...] é através da transformação da *primeira natureza* em *segunda natureza* que o homem produz os recursos indispensáveis para sua existência” (BARBOSA e CARVALHO, 2008, p.853). De acordo com Barbosa e Carvalho (2008, p.854) “A dialética de Marx descreve a produção como um processo pelo qual a natureza é alterada, considerada um depósito inesgotável de trabalho para o homem”. Esta abordagem permite uma aproximação entre o social e o natural, mas coloca a natureza como algo passível de ser dominado pela sociedade. Não reconhece a natureza como ser ativo no processo de produção sócio espacial. Portanto, conforme a posição epistemológica adotada por Barbosa e Carvalho (2008, p. 854),

É evidente a complementaridade da abordagem dialética com a análise sistêmica. Cada qual responde a certas indagações da relação sociedade natureza, porém até o presente momento, nenhuma das duas sozinhas conseguiu abarcar a complexidade desta relação – ou seja, o espaço total.

Além do mais, conforme apontado pelos autores acima citados (2008, p. 853), “diante dos inúmeros problemas ambientais que esta relação tem produzido na história do homem, o

reconhecimento das leis naturais de forma a orientar a apropriação da natureza se faz indispensável nos dias atuais”.

A natureza e o ser humano constituem a base de um espaço total integrado e, portanto, em constante interação. Essa inter-relação promove inúmeras alterações nesse todo integrado, visto que o meio natural irá responder de diferentes formas às intervenções humanas sobre a natureza. Do mesmo modo, o homem responde às alterações imposta pelo meio natural, buscando alternativas que possam solucionar ou ao menos amenizar os possíveis impactos gerados por suas ações/interações, garantindo assim a sua reprodução social.

No entanto, o homem apesar de todas as suas descobertas no meio técnico-científico-informacional<sup>6</sup> ainda não consegue mensurar todas as diferentes formas e magnitudes de respostas do meio natural frente às intervenções humanas, visto que o meio natural é dinâmico assim como o social, e desta forma, encontra-se em constante interação com os elementos que o compõe em busca de estabilidade. Ou seja, não há simplesmente a ação do homem sobre a natureza produzindo o espaço geográfico, mas sim, há a interação do homem com a natureza na produção do espaço geográfico.

Prova disso são os inúmeros problemas de impactos ambientais de difícil e onerosa solução, fazendo com que o homem ao mesmo tempo em que produz o espaço geográfico, tenha que fazê-lo de forma a tentar obter relativo equilíbrio com o meio natural para manter o todo em harmonia, caso contrário o que se consegue obter, em geral, são graves problemas ambientais que se transformam facilmente em problemas de ordem social e econômica.

Faz-se necessário, portanto, uma abordagem holística que dê conta da análise integrada do espaço em sua totalidade, considerando tanto as leis sociais quanto as leis naturais e suas inter-relações no processo de produção do espaço geográfico, que cria diferentes formas espaciais materializando-se de diversas maneiras ao longo do tempo e no espaço.

---

<sup>6</sup>Para Milton Santos o “[...] meio técnico-científico-informacional é o meio geográfico do período atual, onde os objetos mais proeminentes são elaborados a partir dos mandamentos da ciência e se servem de uma técnica informacional da qual lhes vem o alto coeficiente de intencionalidade com que servem as diversas modalidades e às diversas etapas de produção”. Trata-se de um período em que a produção do espaço está articulada sob um novo modelo de organização espacial, em que “[...] a ciência e a tecnologia, junto com a informação, estão na própria base da produção, da utilização e do funcionamento do espaço e tendem a constituir o seu substrato” (SANTOS, 1996, p.187; 190).

Para subsidiar essa linha de raciocínio Ab'Sáber (2002, p.30) em seus trabalhos de previsão de impactos adota a concepção de “Espaço Total” conforme citado no início desta seção afirmando que “O espaço total é o arranjo e o perfil adquiridos por uma determinada área em função da organização humana que lhe foi imposta ao longo dos tempos”. O autor assinala também que “A gênese do espaço – considerado de um modo *total* – envolve uma análise da estruturação espacial realizada por ações humanas sobre os atributos remanescentes de um espaço herdado da natureza” (AB’SÁBER, 2002, p. 30).

Com base nesta concepção metodológica, o espaço geográfico pode ser entendido como o espaço natural, apropriado e modificado constantemente pelo homem conforme as condições sociais e econômicas vigentes da sociedade a qual está inserido. Ou seja, o espaço geográfico caracteriza-se por constante transformação de sua configuração territorial à medida que este acompanha os ritmos da história social e econômica da humanidade (AB’SÁBER, 2002). Desta forma, a configuração atual do espaço geográfico abriga também formas pretéritas que resistiram no espaço ao longo do tempo, mas que adquiriram em geral novas funções em consonância com a atual organização e estruturação socioespacial.

Estudar o espaço geográfico, a partir desta linha de pensamento, passa então pela compreensão deste em sua totalidade, com base numa visão holística que dê conta da realidade total, compreendida pela relação entre sociedade e natureza na produção do espaço total.

Para Ab’Sáber (2002, p. 35),

O espaço geográfico, considerado em sua totalidade, apresenta um caráter de área de acumulação de processos culturais, sobretudo construtivos, ora muito agressivos, ora apenas indiferentes, ora dotados de uma espécie de auto-organização que envolve diferentes níveis de acomodação.

O espaço geográfico deve então ser analisado dentro de uma perspectiva integrada entre os diferentes sistemas que o compõem. De acordo com o referido autor (2002), esta análise integrada deve ser efetuada a partir das inter-relações entre os diferentes sistemas: naturais, agroecológicos e urbanos, e os elementos das relações humanas e seus fluxos de riquezas.

Deste modo, estudar o espaço total em sua integração plena requer reconhecer que tanto os elementos naturais quanto os sociais são partes interagentes no processo de produção do espaço geográfico. Tal fato tem se tornado cada vez mais evidente na atual sociedade capitalista por meio dos inúmeros impactos ambientais gerados pela forma como esta

organização social tem se apropriado da natureza e seus diversos recursos. Considerar a natureza apenas como fonte de recursos e riqueza para a produção e reprodução do capital, especialmente da *mais valia* conforme a dialética materialista de Marx, não é suficiente para explicar a produção do espaço em sua integração plena. As leis naturais também são dinâmicas e complexas e as interferências humanas nestes sistemas naturais desencadeiam uma série de instabilidades ambientais, que se constituem em respostas do ambiente à ação humana forçando a natureza a encontrar novos pontos de equilíbrio funcional, sendo os impactos em grande parte difíceis de serem previstos em sua totalidade e magnitude de alcance, tanto espacial como temporal (COELHO, 2001).

Guerra e Marçal (2010, p.95) ao discorrer sobre a evolução da abordagem sistêmica na compreensão dos fenômenos apontam que,

[...] passou-se a compreender que os sistemas que compõem a natureza e os socioeconômicos possuem comportamentos irregulares e complexos e que suas relações podem ser previsíveis ou não. Essa abordagem [...] leva em consideração que os sistemas dinâmicos, complexos e não lineares abordam a grande diversidade dos elementos, com vários graus de liberdade quanto ao comportamento destes.

Por outro lado, procurar compreender a complexidade dos fenômenos que se processam no espaço a partir da abordagem sistêmica, considerando a ação antrópica apenas como mais um fator de interferência no equilíbrio do mesmo, não dá conta da análise que se pretende integradora do espaço total e especialmente que contribua com a previsão de impactos. Faz-se necessário entender como as relações sociais com suas diferentes formas de produção e reprodução do capital, influenciam a forma como a sociedade se apropria da natureza e a transforma e, ao mesmo tempo, como a natureza responde a esta forma de apropriação, resposta esta que tem se materializado no espaço geográfico de forma bastante degradante, principalmente nos países periféricos e em desenvolvimento.

Coelho (2001), ao discorrer sobre os impactos ambientais em áreas urbanas, aponta para os desafios teórico-metodológicos e práticos a serem enfrentados pelos diferentes pesquisadores tendo em vista a multidimensionalidade e diversidade das questões ambientais. Neste sentido, assinala igualmente para a necessidade de uma abordagem integradora do espaço na previsão de impactos, considerando que a construção do ambiente,

[...] se faz no processo de interação contínua entre uma sociedade em movimento e um espaço físico particular que se modifica permanentemente. O ambiente é passivo e ativo. É, ao mesmo tempo, suporte geofísico, condicionado e condicionante de movimento, transformador da vida social. Ao ser modificado, torna-se condição para novas mudanças, modificando, assim, a sociedade (COELHO, 2001, p. 23).

Marçal (2009), igualmente, assinala que a preocupação em preservar deve vir acompanhada da necessidade de trabalhar metodologias que abordem uma percepção global da realidade, visto que a previsão de impactos envolve a análise das possíveis consequências em cadeia. Desta forma, os diferentes cenários de impactos ambientais em diferentes escalas espaciais e temporais e em distintos locais do globo, tem tornado cada vez mais evidente a necessidade de se estudar o espaço geográfico de forma integrada, permitindo a reflexão sobre um quadro complexo de consequência em cadeia, para uma correta previsão de impactos (AB'SÁBER, 2002).

Ganha destaque nesse sentido, os estudos que envolvam de alguma forma a disponibilidade e a qualidade das águas (especialmente sob a ótica das bacias hidrográficas devido ao seu comportamento sistêmico) nas discussões sobre a previsão de impactos mediante abordagem integradora do espaço total. Isso porque, sendo a água um recurso indispensável à sobrevivência humana, a sua crescente escassez tem mobilizado a sociedade em geral e motivado a comunidade científica a refletir sobre metodologias voltadas a um planejamento adequado e sustentável que vise às gerações futuras. Desta forma, a água enquanto recurso natural adquire maior importância não apenas no aspecto social, mas também no aspecto econômico devido à possibilidade de esgotamento de suas fontes e no aspecto geomorfológico, pois se constitui no principal agente modelador do relevo, sobretudo, nas regiões tropicais (MARÇAL, 2009).

## 1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS: DEFINIÇÕES E CONCEITO

O conceito de bacia hidrográfica tem evoluído nas últimas décadas em decorrência, principalmente, à assimilação da abordagem sistêmica e integrada no desenvolvimento deste conceito (MARÇAL, 2009). Contudo, definições e conceitos que reportam de certa forma às bacias hidrográficas ou ao comportamento dos canais fluviais são bastante antigos, mas as maiores contribuições relacionadas ao estudo dos canais fluviais datam de meados do século XX, aproximadamente, com Horton (1945)<sup>7</sup>, Strahler (1952)<sup>8</sup> (1957)<sup>9</sup>, Chorley (1962)<sup>10</sup>

---

<sup>7</sup> HORTON, R. E. Erosional development of extremes and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**. New York: Geological Society of America, v. 56, n. 3, p. 275-370, mar. 1945.

<sup>8</sup> STRAHLER, A. N. Dynamics basis of geomorphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, New York, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952.

(1969)<sup>11</sup>, Leopold *et. al.* (1964)<sup>12</sup>, Schumm e Lichty (1965)<sup>13</sup>, Schumm (1967)<sup>14</sup> e outros (*apud* Marçal, 2009), com destaque no Brasil para os estudos de Christofolletti (1974; 1981), Coelho Netto (2005) e Cunha (2003; 2005), Bigarela (2003), Botelho e Silva (2010).

Horton (1945) apresenta definição que se refere às bacias de drenagens (*apud* MARÇAL, 2009, p. 188),

[...] todo rio parece consistir em um canal principal, alimentado por uma variedade de canais ramificados, na qual correm para vales proporcionais aos seus tamanhos, e todos juntos formam um sistema de vales, comunicando-se um com os outros, possuindo assim um bom ajuste de seus declives, onde nenhum deles se junta ao vale principal, nem ao mais alto ou mais baixo nível.

De acordo com Marçal (2009), é a partir de Strahler que surge a primeira definição de rede de drenagem de caráter integrado, pois para este autor os canais fluviais ao tentarem atingir progressivamente os níveis de base menores, ou seja, os níveis de base locais se organizam na forma de sistemas de drenagem. A área correspondente a esse sistema é circundada por divisões, em que o nível de base das encostas e a rede de canais fluviais se ajustam e dispõem de forma eficiente permitindo o escoamento superficial e sua constante carga de fragmentos minerais. Marçal (2009) observa ainda, a partir dos trabalhos de Strahler, que nas pesquisas geomorfológicas as bacias hidrográficas já eram compreendidas e interpretadas como um sistema, antes mesmo da disseminação desta abordagem nas diferentes ciências.

Com base no enfoque sistêmico em geomorfologia Chorley, citado por Coelho Netto (2005), faz uma comparação direta entre os sistemas abertos clássicos e os sistemas geomorfológicos.

A bacia de drenagem, enquanto uma unidade hidrogeomorfológica, constitui um exemplo típico de sistema aberto na medida em que recebe impulsos energéticos das forças climáticas atuantes sobre sua área e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio da água, dos sedimentos e dos solúveis exportados pela bacia no seu ponto de saída (COELHO NETTO, 2005, p. 98).

---

<sup>9</sup> STRAHLER, A. N. (1957). **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans. Amer. Geophys. Union, 38, p.913-920.

<sup>10</sup> CHORLEY, R. J. **Geomorphology and the general system theory** U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 500-B, 10p, 1962.

<sup>11</sup> CHORLEY, RICHARD J. (Ed.). 1969. **Water, Earth and Man. A synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio Economic Geography**. 588 p., figs. Methuen and Co. Ltd., London; Barnes and Noble, New York. Price £5.

<sup>12</sup> LEOPOLD, L. B. *et. al.* (1964) **Fluvial Processes in Geomorphology**, São Francisco, W. F. Freeman and Co., 522p.

<sup>13</sup> SCHUMM, S. A. & LICHTY, R. W. **Time, Space, and Causality in Geomorphology**. U. S. Geological Survey, Denver, Colorado. American Journal of Science, vol. 263, February 1965, p.110-119.

<sup>14</sup> SCHUMM, S. A. (1967). **Meander wavelength of alluvial rivers**. Science, 157, p. 1549-1550.

Marçal (2009) assinala que, a partir desse período, a bacia hidrográfica passa a ser vista como importante recorte espacial utilizado nos trabalhos de Geomorfologia e Geografia Física, devido à necessidade de se apresentar uma descrição mais precisa das formas da paisagem. Neste sentido, “[...] a bacia hidrográfica passa a corresponder a uma unidade areal e linear, na qual os dados referentes à paisagem poderiam ser coletados e interpretados” (CHORLEY, *apud* MARÇAL, 2009, p.189).

Christofoletti (1974), por sua vez, define bacia hidrográfica como sendo composta por um conjunto de rios que convergem para um canal principal, sendo esta delimitada por áreas de altitudes mais elevadas, ou seja, divisores topográficos, na qual irão convergir os canais fluviais para o canal principal ou canal coletor.

Em estudo sobre a análise de bacias hidrográficas, Christofoletti (1980) aponta para a importância dos trabalhos de Horton à procura de leis do desenvolvimento dos rios e suas bacias, assim como dos trabalhos de Strahler especialmente quanto à hierarquia fluvial. Neste mesmo trabalho, Christofoletti (1980, p.102) refere-se às bacias de drenagem interpretando-as como um sistema, onde “A drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que forma a *bacia de drenagem*, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”.

Na atualidade, “O conceito de bacia hidrográfica que alcança maior abrangência associa-se ao seu conceito, além do elemento água, outros parâmetros ambientais importantes, tais como a rocha, o solo, a vegetação e a fauna na sua definição” (MARÇAL, 2009, p.189). Tal conceituação é fortemente influenciada pela abordagem sistêmica que passou a vigorar em diversos estudos geomorfológicos, em especial, os relacionados às bacias hidrográficas, pois estas passaram “[...] a incorporar novas definições e a ser exemplificadas como um sistema, no qual está representada pela rede de canais fluviais que apresentam certa organização, sendo composto por elementos que se inter-relacionam e interagem de maneira complexa, com base em uma escala espaço-temporal” (MARÇAL, 2009, p. 191).

Essa abordagem sistêmica dentro da Geografia se concretiza especialmente com o conceito de Geossistema introduzido por Sotchkava e surge da necessidade de interpretar a conexão de todos os elementos que compõem a natureza com a sociedade. É neste sentido que a bacia hidrográfica passa a ser considerada importante recorte espacial para a pesquisa geográfica, na

medida em que ela pode ser compreendida a partir da inter-relação entre os diferentes fenômenos naturais que a compõem (MARÇAL, 2009).

Contudo, é possível e, ao mesmo tempo, indispensável para uma análise que se pretende integradora do espaço total, estender a compreensão das bacias hidrográficas para além da abordagem sistêmica pura e simplesmente, uma vez que, é no âmbito das bacias de drenagens que se manifestam de forma bastante latente a relação sociedade-natureza. Ou seja, no recorte espacial das bacias hidrográficas, constituídas por um conjunto de elementos bióticos (fauna e flora) e abióticos (água, solo, rochas etc.) que se inter-relacionam entre si, além dos processos relacionados, há igualmente a interação destes diferentes elementos com a dinâmica de reprodução social e capitalista que se manifesta também no espaço. O produto destas relações, como mencionado anteriormente, tem se materializado de forma bastante degradante no território.

Essa problemática, infelizmente, encontra-se presente em várias partes do território nacional, como por exemplo, nas obras de transposição do rio São Francisco na Região Nordeste e nas UHE do rio Madeira e de Belo Monte no Norte do país, cujo planejamento e ações parecem atender, sobretudo, aos interesses políticos e econômicos de uma pequena classe social, em detrimento de uma postura/ação integradora que promova a harmonia entre as leis naturais e sociais como garantia de reprodução sustentável do ambiente natural e social.

No Espírito Santo, a bacia hidrográfica do rio Jucu é um exemplo desta realidade, pois ao longo da sua história de uso e ocupação da terra, várias foram as mudanças iniciadas pela ação da sociedade para atender as suas demandas de produção e reprodução social e conseqüentemente do capital, como por exemplo, através do desmatamento de grandes áreas e de matas ciliares para introdução de pastagens, plantios, indústrias, moradias, construção de estradas e intervenções diretas no rio através da construção de barragens e canais.

Estas ações sociais são acompanhadas pela reação da natureza em busca de um novo ponto equilíbrio diante de tantas transformações, por exemplo, com mudanças significativas no comportamento do ciclo hidrológico, sobretudo, com a redução das taxas de infiltração no solo e conseqüente aumento dos processos erosivos em vários pontos da bacia, inclusive nas margens do rio, com conseqüências que geralmente se processam em cadeia e dificilmente podem ser mensuradas em sua totalidade. Tais fatos imprimem continuamente uma nova configuração espacial e territorial permeada pela relação sociedade-natureza.

Rocha (2011, p.14) ao discorrer a respeito da ação humana sobre a natureza afirma que nessa relação predominam os efeitos não previstos, ou seja, “[...] as forças não controladas são muito mais poderosas que aquelas postas em movimento de acordo com o plano estabelecido”. Ou seja, praticamente todo o processo de reprodução da sociedade provoca transformações diversas à natureza que, mesmo com toda a tecnologia e avanço científico da atual sociedade capitalista, estas não podem ser mensuradas e controladas em toda sua magnitude de alcance, tanto temporal quanto espacial.

A forma como a sociedade se relaciona com a natureza é permeada por um conjunto de intenções, conduzidas, em geral, pelo modo capitalista de se reproduzir, que interferem sobre maneira na natureza, mas que não consegue sozinha explicar a constituição do espaço total, visto que a natureza irá responder de diferentes formas a estas ações se inter-relacionando com a sociedade no processo de produção-reprodução do espaço geográfico.

Tendo em vista esta complexidade de relações, é preciso compreender o funcionamento das bacias hidrográficas em ambientes distintos, com base não apenas nos parâmetros ambientais, mas também nos sociais, considerando que a sociedade é igualmente elemento integrante da bacia e não simplesmente fator de interferência da mesma, onde nela a sociedade se faz e se refaz e ao fazer-se, transforma-a constantemente.

### 1.3 PLANEJAMENTO URBANO-AMBIENTAL SOB A ÓTICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

O uso indiscriminado e inconsequente dos recursos naturais, notadamente na sociedade industrial, acarretou inúmeros impactos ambientais em escalas espaço temporais bastante distintas. Contribuiu para esse quadro o crescimento acelerado das cidades a partir da industrialização que ocasionou êxodo rural. Nas cidades do Terceiro Mundo onde a industrialização foi tardia, o desenvolvimento e aumento populacional foram ainda mais velozes, especialmente a partir da segunda metade do século XX. Tal fato dificultou a maioria da população o acesso à cidade formal, disciplinada por planos urbanísticos e provida de serviços públicos, induzindo essa população a se organizar por conta própria, em condições precárias e irregulares (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

Este contexto evidencia que as cidades correspondem às construções humanas de maior impacto na superfície da terra, pois o avanço da urbanização eleva conseqüentemente a demanda de uso do solo como suporte para o desenvolvimento das atividades humanas e como fonte de recursos naturais diversos, necessários à reprodução social e, por conseguinte, a reprodução do capital. Conforme Braga e Carvalho (2003, p.113), o uso e ocupação do solo em geral, vêm sendo feito de maneira desordenada, o que tem “[...] causado a degradação progressiva das áreas de mananciais remanescentes, com a implantação de loteamentos irregulares e a instalação de usos e índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio”.

O resultado desse quadro tem se mostrado bastante caótico, com conseqüências danosas ao ambiente e à qualidade de vida das populações. A água tem sido o recurso natural mais impactado pela relação sociedade-natureza, o que tem suscitado na sociedade mundial, assim como no Brasil, a preocupação com a quantidade e a qualidade da água disponível para abastecer a população em seus diversos usos e às gerações futuras, pois o recurso natural água além de ser indispensável às diferentes formas de vida na terra possui importante valor econômico, em função da possibilidade de exaustão de suas fontes e geomorfológico, por ser o principal agente modelador do relevo (MARÇAL, 2009).

Não obstante a desordenada forma de organização e estruturação socioespaciais a que estão submetidas à maioria da população e o ambiente, em função principalmente das condições socioeconômicas impostas pelo capitalismo, o atual cenário de planejamento e gestão urbana ambiental no Brasil revela que enquanto as políticas ambientais têm se restringido basicamente ao consumo dos recursos naturais e o despejo de resíduos no ambiente, o controle do uso e ocupação do solo urbano vem sendo abordado apenas no campo do planejamento urbano. De acordo com Braga e Carvalho (2003), tal fato ocorre por questões burocráticas relacionadas à falta de articulação das diferentes esferas governamentais, o que ocasiona grande parte dos problemas de gestão ambiental nas cidades brasileiras.

Conforme Carneiro e Miguez (2011), o planejamento urbano só alcançará resultados positivos e duradouros se for pautado numa perspectiva integrada da realidade. Dessa forma, com base nos referido autores “É fundamental juntar as questões físico-territoriais e ambientais com as questões socioeconômicas e administrativas, passando pelas esferas municipal, regional, ou metropolitana quando for o caso, e nacional” (2011, p.20).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, Cunha e Coelho (2003, p.43-44) apontam que,

A gestão ambiental faz parte de um processo mais amplo de gestão do território, aspecto para o qual ainda não se deu a devida relevância. A falta de uma articulação mais forte entre as ações e estratégias de gestão ambiental e territorial pode ser creditada a uma série de fatores explicativos, entre os quais a incapacidade do Estado brasileiro implementar políticas integradas de transformação socioespacial e de regulação dos comportamentos individuais e coletivos.

A necessidade do planejamento e gestão ambiental articular-se ao processo de gestão do território como um todo, revela a importância da bacia hidrográfica enquanto unidade de análise e planejamento ambiental, uma vez que, a partir dela “é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem” (BOTELHO e SILVA, 2010, p.155). Neste sentido, Braga e Carvalho (2003), apontam a necessidade da ordenação do processo de uso e ocupação do solo urbano configure-se como questão prioritária também numa política de gestão de recursos hídricos, pois segundo os referidos autores “a questão dos recursos hídricos perpassa todos os componentes do ecossistema urbano, desde a localização das populações humanas e não humanas, qualidade da estrutura física e dos recursos, influenciando fortemente na qualidade ambiental e de vida nas cidades” (2003, p. 119).

A não-adequação do planejamento e gestão urbana ambiental com base nesses princípios pode trazer sérios danos ambientais e conseqüentemente sociais e econômicos. Isto porque a urbanização modifica todos os elementos do espaço geográfico como o solo, a geomorfologia, a vegetação, o ar, a hidrografia, entre outros (BRAGA e CARVALHO, 2003). Essas modificações, a exemplo das bacias hidrográficas, são refletidas a longas distâncias e com conseqüências muitas vezes imprevisíveis, ocasionando sérios danos à população, principalmente das áreas urbanizadas, comprometendo o abastecimento, assim como provocando alagamentos e inundações. Segundo Cunha (2003), tais problemas ocorrem porque as áreas das bacias hidrográficas refletem a forma de uso do solo e sua dinâmica. Desta forma, as inúmeras transformações provocadas pelo homem na bacia fazem sentir-se sobre os canais fluviais modificando o comportamento hidrológico dos mesmos, como a descarga líquida e sólida do rio, a quantidade e a qualidade da água.

Ao ser reconhecida enquanto unidade de análise ambiental pela própria legislação brasileira, através da Lei 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, a bacia hidrográfica ganha importância crescente, pois além da perspectiva de integração das partes, a partir desta unidade ambiental é possível gerenciar as múltiplas atividades que nelas

são exercidas (MARÇAL, 2009). É importante observar também, dentro desse contexto, que é no âmbito das bacias hidrográficas que ocorrem os principais conflitos que regem o uso e a apropriação desse recurso (MARÇAL, 2009). Segundo Marçal (2009, p. 195),

[...] a bacia além de representar uma célula natural de gestão e análise da água, passa também a representar um território delimitado por relações de poder onde emergem conflitos e interesses em torno da sua preservação e utilização dos recursos naturais, visando a sua sustentabilidade.

Conforme Marçal (2009), a compreensão da bacia hidrográfica enquanto unidade espacial voltada ao planejamento, deve essencialmente seguir uma abordagem territorial e ambiental, aliando o entendimento da dinâmica de evolução dos canais fluviais com a evolução e desenvolvimento dos ecossistemas, além de equacionar as demandas e conflitos existentes. Neste sentido, Cunha e Coelho (2003), destacam que o reconhecimento da bacia hidrográfica enquanto unidade geográfica pertinente ao planejamento e gestão, não significa a influência apenas do peso da dimensão ecológica, mas também das dimensões sociais, culturais e políticas na compreensão da complexidade dos processos ambientais.

Com base nas questões abordadas, fica evidente que para haver a efetiva integração entre planejamento urbano e ambiental especialmente sob a ótica das bacias hidrográficas é necessário, entre outros fatores, a articulação entre as leis que regulamentam o uso e a ocupação do solo urbano com as demais legislações ambientais, principalmente relativas aos recursos hídricos. Nas palavras de Carneiro e Miguez (2011, p. 57), “[...] a possibilidade de construção de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, deve necessariamente passar por uma articulação clara entre as diretrizes, objetivos e metas dos planos de recursos hídricos e dos planos reguladores do uso do solo”.

### **1.3.1 Instrumentos de Gestão Urbana Ambiental à Luz da Legislação Brasileira Atual**

O Brasil conta atualmente com um conjunto significativo de leis ambientais referentes aos mais diversos componentes naturais e, tem ganhado corpo sua legislação voltada ao planejamento e gestão territorial, especialmente com as leis Lehmann (Lei Federal 6.766/1979), o Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001), que regulamentou e referendou novos instrumentos administrativos e jurídicos para o planejamento das cidades, além dos Planos de Bacias Hidrográficas e a recente retomada dos investimentos públicos em saneamento e habitação (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011). Esse conjunto de normas jurídicas é de extrema importância para a regulação do uso e ocupação do solo urbano, assim como para a preservação e uso sustentável dos recursos naturais. Mesmo assim, os problemas relacionados

ao ordenamento do solo e uso sustentável dos recursos naturais, como a água, sobretudo em áreas urbanas, ainda são numerosos.

O Brasil desde 1979 conta com a Lei 6.766 que dispõe sobre o parcelamento do solo. Esta Lei define-se por um conjunto de normas relativas aos processos de loteamento ou desmembramentos de terrenos. Em seu art. 3º, por exemplo, define que somente será permitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas ou de expansão urbana, sendo uma de suas determinações não permitir o parcelamento do solo “em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas às providências para assegurar o escoamento das águas”. Nesse contexto, de acordo com Carneiro e Miguez (2011), a Lei de Zoneamento ou Uso do Solo, estabelece no âmbito do território municipal, a sua compartimentação em zonas mais ou menos rígidas, para as quais são estabelecidos os usos adequados e os critérios de ocupação do solo.

Barreiros e Abiko destacam o grande valor do controle do parcelamento do solo, tendo em vista sua utilidade para a organização da ocupação do solo, viabilizando a distribuição adequada de lotes e suprimento de vias e equipamentos públicos para a garantia e preservação da qualidade ambiental (*apud* CARNEIRO e MIGUEZ, 2011, p. 95).

Entretanto, o acentuado nível de desigualdade social, a concentração de renda e a pobreza urbana, fazem com que as terras urbanas que atendam a infraestrutura mínima exigida pela legislação atinjam preços altos demais para o poder de compra da maioria da população. Tal fato induz à ocupação de locais ambientalmente frágeis, de difícil urbanização, como encostas de morros, várzeas inundáveis, mangues e outros (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011). Conforme os referidos autores “embora essas áreas sejam ‘protegidas’ por legislação de preservação ambiental, sua urbanização muitas vezes é mais densa e devastadora, justamente, pela ausência de regulamentação” (2011, p.92).

Recentemente vem somar-se a Lei 6.766/79 o Estatuto das Cidades criado por meio da Lei 10.257 de julho de 2001. Esta Lei regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que estabelecem as diretrizes gerais da política urbana no Brasil e dá outras providências. O Estatuto das Cidades estabelece em seu artigo 1º e parágrafo único “normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental”. Dessa forma, esta Lei, no que concerne ao emprego dos instrumentos de gestão urbana, traz maior segurança jurídica às municipalidades e introduz o Plano Diretor como um dos principais instrumentos de regulação urbana a nível municipal. Conforme artigo 182 da Constituição

Federal parágrafo 1º O plano diretor<sup>15</sup>, aprovado pela Câmara Municipal é o instrumento básico da política de desenvolvimento e da expansão urbana (OLIVEIRA, 2004, p.128).

Carneiro e Miguez (2011, p.55) ao discorrer sobre as responsabilidades da esfera municipal quanto à proteção ao ambiente, assinalam que:

[...] o plano diretor, onde se inserem as leis de uso e ocupação do solo (zoneamento), enquanto instrumentos tradicionais e seguramente de competência municipal, é um caminho inquestionável e profícuo para a efetividade da proteção ambiental no âmbito municipal, desde que insiram componentes de ordem ecológica, econômica, social, sanitária e cultural nas diretrizes de ordenamento do uso do solo. [...] Portanto, o município deve incorporar a seu Plano, no que couber, a regulamentação ambiental [...].

No que concerne ao processo de formulação e implementação das políticas ambientais no Brasil, segundo Cunha e Coelho (2003), este pode ser dividido em três momentos distintos. O primeiro estende-se de 1930 até 1971, sob a égide de um estado centralizador sendo marcado pela construção de uma base de regulação dos usos dos recursos naturais. O segundo momento, de 1972 a 1987, é caracterizado pela extrema ação intervencionista do Estado e pelo aumento da percepção de uma crise ecológica global. Enquanto o terceiro momento, de 1988 até os dias atuais, é distinguido pela democratização e descentralização decisórias e pela rápida disseminação da noção de desenvolvimento sustentável.

Segundo os autores acima citados, a Constituição Federal de 1988, foi a primeira a tratar especificamente a questão ambiental e, suas políticas, voltada para a aplicação de medidas de cunho normativo, foram as que mais cresceram no país. Neste período, diversas iniciativas governamentais foram articuladas em campos distintos, entre elas, a gestão dos recursos hídricos e a capacitação para o planejamento e o uso da terra. Além disso, em janeiro de 1997 foi promulgada a Lei nº 9.433, que regulamenta a gestão dos recursos hídricos no Brasil (CUNHA e COELHO, 2003).

Os principais fundamentos que norteiam a Lei 9.433/97, enumerados em seu artigo 1º, consideram a água como um bem público, dotado de valor econômico e sua gestão deve proporcionar o uso múltiplo deste recurso e a gestão descentralizada do mesmo. Além disso, a bacia hidrográfica é reconhecida enquanto unidade territorial voltada ao planejamento e

---

<sup>15</sup> Conforme o Artigo 41 do Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001) o Plano Diretor é obrigatório para cidades: com mais de vinte mil habitantes; integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; integrantes de área de especial interesse turístico; inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividade com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional.

gestão dos recursos hídricos. Os principais instrumentos de gestão dos recursos hídricos previstos nesta Lei são: o plano de recursos hídricos, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água, o enquadramento dos corpos d'água e o sistema de informações. Desses instrumentos, a maior novidade é a introdução da cobrança pelo uso da água, que necessita da elaboração prévia do Plano de Recursos Hídricos (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

Conforme o artigo 6º “Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos”. Aliado a eles, a referida Lei criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que possui entre seus principais membros os Comitês de Bacias Hidrográficas. Estes se constituem em importantes instrumentos de gestão dos recursos hídricos, pois entre as suas competências estão a administração dos conflitos relacionados ao uso da água, a aprovação do plano de recursos hídricos da bacia, o estabelecimento de mecanismos de cobrança da água, entre outras competências. Além disso, os comitês representam o “[...] lócus descentralizado para a discussão e tomada de decisão sobre questões de utilização das águas nas respectivas bacias, funcionando como instância mediadora dos conflitos em jogo” (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011, p.74).

Rolnik e Somekh citado por Carneiro e Miguez (2011) apontam a gestão dos recursos hídricos como uma forma contemporânea de gestão supralocal, por meio dos comitês de bacias hidrográficas que representam novas possibilidades de gestão através da ação participativa dos diferentes segmentos sociais que devem integrá-los. Além disso, os autores afirmam que os “[...] comitês possibilitam a integração dos usos e a resolução dos problemas, contrariando a lógica de abordagem da gestão metropolitana que vigorava até os anos 80, na qual apenas o governo estadual detinha a esfera de decisão [...]” (CARNEIRO e MIGUEZ, p.52).

Entretanto, a esse respeito Carneiro e Miguez (2011, p.52) advertem que:

[...] prevalecem as expectativas de que os comitês de bacia possam exercer o papel de integradores das políticas setoriais e de ordenamento do território, não obstante, passados 10 anos da institucionalização da Política Nacional de Recursos Hídricos, não tenham adquirido o status de entes públicos de Estado, conforme prevê a Lei 9.433/97, com a legitimidade necessária para articular e integrar as políticas que incidam sobre o território metropolitano.

É igualmente importante destacar a limitação da esfera municipal na gestão integrada dos recursos hídricos, pois mesmo sendo esta a responsável por legislar sobre questões locais, especialmente quanto à regulação do solo urbano, conforme deliberado pela Constituição Federal de 1988, há ainda a falta de equilíbrio entre as atribuições e receitas entre os entes

federados, onde o processo de descentralização de atributos não foi acompanhado da possibilidade real de autonomia municipal (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011). Conforme os referidos autores, a única forma dos municípios gerenciarem diretamente os recursos hídricos é por meio de repasses financeiros. Outro obstáculo na gestão municipal dos recursos hídricos é que esta deve ser efetuada a partir da bacia hidrográfica e esta, por sua vez, perpassa os limites políticos-administrativos do município, não sendo abrangida por ele em sua totalidade, com as complexas relações ambientais e sociais que se inserem no recorte espacial da bacia. Deste modo, um dos instrumentos que colaboram para promover a ação participativa na gestão dos recursos hídricos e do território como um todo são os Consórcios Públicos.

A nova lei dos consórcios públicos (Lei 11.105/2005) determina que estes sejam constituídos por parcerias formadas por dois ou mais entes da federação para realização de objetivos de interesse comum em qualquer área (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011, p. 78). Assim, o consórcio “[...] permite que pequenos municípios ajam em parceria e, com o ganho de escala, melhorem sua capacidade técnica, gerencial e financeira. Também é possível fazer alianças em regiões de interesse comum, como bacias hidrográficas ou polos regionais de desenvolvimento [...]” (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011, p. 78).

Segundo Borges citado por Carneiro e Miguez (2011, p. 79) com esta Lei,

[...] abrem-se inúmeras perspectivas no campo do aproveitamento mais racional de recursos hídricos provenientes das mesmas bacias ou mananciais; para a canalização de esgotos de vários municípios vizinhos para um terminal único; para realização de vários programas comuns de irrigação de municípios ribeirinhos; para consecução de vastos programas de proteção ambiental atingindo comunidades tão próximas uma das outras que a ação isolada de cada uma delas não poderia conduzir a nenhum resultado eficaz no combate à poluição.

Embora os instrumentos de gestão urbana-ambiental, aqui apresentados por meio da legislação brasileira, apresentem importantes conquistas quanto ao ordenamento do solo e o uso sustentável dos recursos naturais, Carneiro e Miguez (2011, 53) afirmam que “não existe no país mecanismos que propiciem a cooperação entre os entes da União, constituindo-se essa ausência em um dos principais obstáculos ao planejamento integrado e a gestão coordenada de políticas públicas de corte metropolitano”.

Cunha e Coelho (2003) reconhecem os avanços verificados nas decisões e ações ambientais participativas, mas advertem que o Estado continua a formular e implementar políticas antagônicas, pois ao mesmo tempo em que impõe normas e regras de proteção ambiental, “[...] estabelece leis contraditórias de incentivos fiscais e creditícios ou de criação de reservas

legais no interior das propriedades rurais, que acabam por contribuir para acelerar os processos de exploração florestal e de devastação de demais recursos naturais”.

Desta forma, apesar da legislação brasileira, sobretudo a partir da Constituição Federal de 1988, ter avançado em vários aspectos, incluindo a democratização do processo de tomada de decisões, a exemplo dos Comitês de Bacias Hidrográficas e de outros instrumentos legais que tenham por objetivos gerais a preservação dos recursos naturais e/ou o uso sustentável dos mesmos, e também o acesso a uma cidade socialmente mais justa e ambientalmente equilibrada conforme prevê o Estatuto das Cidades, verifica-se a falta de articulação das políticas de gestão ambiental com as políticas de ordenamento do território.

Entre as medidas cabíveis a serem adotadas quanto à conservação dos recursos hídricos, fundamentalmente em regiões metropolitanas, faz-se necessário que grande parte da população brasileira tenha acesso à cidade formal, disciplinada por planos urbanísticos, em que os serviços públicos de saneamento básico e de infraestrutura urbana se estendam igualmente às periferias e favelas das grandes cidades brasileiras. Para que isto ocorra é importante que os municípios, por meio dos seus planos diretores, incorporem às legislações ambientais vigentes, e principalmente, que sejam revistos e reformulados no que couber os instrumentos de gestão urbana e ambiental, de forma menos setORIZADA e tendo como base administrativa o recorte espacial das bacias hidrográficas, já reconhecidas pela Lei 9.433/97 como unidade básica de gestão dos recursos hídricos, devendo se efetivar enquanto unidade básica de gestão do território como um todo, ultrapassando assim o recorte político-administrativo dos municípios.

#### 1.4 GEOMORFOLOGIA FLUVIAL

Ao longo da história da humanidade, as margens dos rios constituíram-se no local preferido para a habitação humana, pois estes além de fonte de água e alimento para abastecer a população, fertilizam o solo, geram energia, servem para a recreação, entre outros. Tais atividades humanas são as principais responsáveis por mudanças na fisionomia dos rios e canais, alterando consideravelmente a dinâmica fluvial e ocasionando consequências muitas vezes imprevisíveis que podem ser sentidas a longas distâncias (CUNHA, 2003, p. 219).

O estudo dessas mudanças tem sido objeto da Geomorfologia Fluvial e esta é caracterizada pelo “[...] estudo dos cursos d’água e o das bacias hidrográficas [...] o primeiro se detém nos processos fluviais e nas formas resultantes do escoamento das águas, o segundo considera as

principais características das bacias hidrográficas que condicionam o regime hidrológico” (CUNHA, 2005, p. 211). Christofolleti (1980, p.65) considera a Geomorfologia Fluvial responsável “[...] pelo estudo dos processos e das formas relacionadas com o escoamento dos rios”.

Os rios possuem crucial importância entre os processos morfogenéticos que atuam na esculturação do relevo terrestre, pois são eles os agentes mais importantes no transporte de materiais intemperizados das porções mais elevadas do relevo para as mais baixas e dos continentes para o mar (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A geomorfologia fluvial tem como método tradicional a observação de campo, o reconhecimento das relações entre os processos atuantes nos rios e canais e as formas resultantes, além das relações entre os tipos de mudanças e as variáveis ambientais locais (CUNHA, 2003). De acordo com Cunha (2005), Park (1977b) considera a existência de métodos distintos para identificar as mudanças fluviais induzidas pelo homem, tanto as diretas como as indiretas, mas o ideal é aquele que se apoia no monitoramento das mudanças do canal, em locais-marco. Tal método necessita de dados coletados durante algum tempo, além de observações anteriores as modificações, que podem ser obtidas, por exemplo, através de fotos aéreas e/ou imagens de satélite.

Para tanto, é importante conhecer os diferentes elementos que compõem o sistema fluvial, os distintos processos que atuam sobre o mesmo, assim como a interação da sociedade com o meio. A partir de então é possível buscar uma análise integrada que envolva toda a bacia hidrográfica como célula básica de análise ambiental, pois a partir da análise de seus diversos componentes (solo, água, ar, vegetação etc.) e de seus processos (infiltração, escoamento, erosão, assoreamento, inundação etc.) somos capazes de avaliar o equilíbrio do sistema e a qualidade ambiental nele existente (BOTELHO e SILVA, 2010).

#### **1.4.1 Fisiografia Fluvial**

A fisiografia fluvial compreende especialmente os tipos de leito, os tipos de canal e a de rede de drenagem.

##### *a) Tipos de Leito*

Os leitos fluviais compreendem os espaços preenchidos pelo escoamento das águas e materiais (sedimentos), sendo possível distingui-los com base na frequência das descargas e

na topografia dos canais fluviais (Figura 3). De acordo com Cunha (2005), Tricart (1966)<sup>16</sup> classifica-os da seguinte forma (Tabela 1).

TABELA 1 - TIPOS DE LEITOS FLUVIAIS PROPOSTOS POR TRICART (1966)

TIPO DE LEITO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Leito Menor	Parte do canal ocupada pelas águas, cuja frequência impede o crescimento da vegetação e possui margens bem definidas.
Leito Vazante	Parcela do canal ocupada durante o escoamento das águas de vazante, que divagam dentro do leito menor seguindo o talvegue.
Leito Maior	Parte do canal ocupada pelas águas do rio regularmente e, pelo menos uma vez ao ano, durante as cheias.
Leito Maior Excepcional	Parte do canal ocupado durante as grandes cheias, no decorrer das enchentes.

Fonte: Cunha (2005, *apud* Tricart 1966).

Org.: Miquelina Ap. Deina.

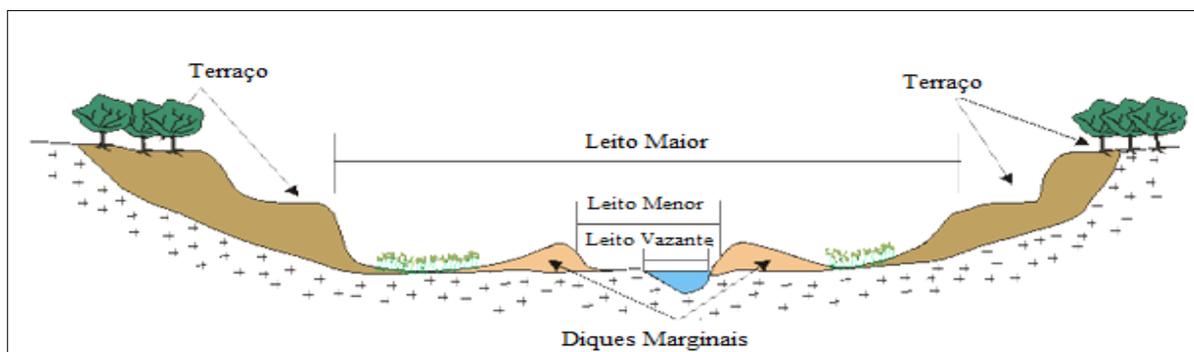


Figura 03 - Tipos de Leitos Fluviais.

Fonte: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

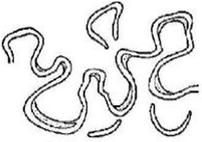
### b) Tipos de Canal

Os canais fluviais se distribuem de acordo com o arranjo espacial que o rio apresenta ao longo do seu perfil longitudinal e pode ser identificado, especialmente, por meio da observação em planta. O padrão espacial dos rios se dá a partir do ajuste do canal à sua seção transversal e é reflexo do inter-relacionamento entre as variáveis, descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito (CUNHA, 2005).

<sup>16</sup> TRICART, J. (1966). Os tipos de leitos fluviais. *Notícia Geomorfológica*, São Paulo, 6 (11), p.41-49.

Durante a evolução de seu sistema fluvial, uma mesma bacia hidrográfica pode exibir vários padrões de canais, espacialmente setorizados ou em um mesmo setor, observando-se em muitos casos padrões intermediários. Esta geometria pode ainda sofrer modificações em decorrência da variação do comportamento do rio ao longo do tempo, além da intervenção humana (COELHO, 2007). Portanto, a análise destes padrões é essencial ao permitir a identificação das distintas características do ambiente e dos processos nele atuantes (NOVO, 2008). Os três padrões básicos de canais fluviais considerados em diferentes bibliografias (CUNHA, 2005; CHRISTOFOLLETI, 1981; SUGUIO e BIGARELLA, 1990) encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2 – PADRÕES DE DRENAGEM

TIPO DE CANAL	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
Retilíneo	Apresentam em geral trechos de canais curtos, associado a um leito rochoso homogêneo, com baixa sinuosidade.	 retilíneo
Anastomosado	Apresentam canais múltiplos, separados por ilhas assimétricas e barras arenosas; Perfil transversal largo, raso e grosseiramente simétrico; Perfil longitudinal possui concavidades relativamente profundas e protuberâncias irregulares.	 anastomosado
Meandrante	É o mais comum, com curvas alternadas ao longo de um percurso. Tendem a serem estreitos, relativamente profundos e com margens estáveis. Alto grau de sinuosidade.	 meandrante

Fonte: Cunha (2005); Christofolleti (1981); Suguio e Bigarella (1990).  
Org.: Miquelina Ap. Deina



Figura 04 – Foto de trecho no baixo Jucu com padrão retilíneo devido à retificação feita pelo extinto DNOS.  
Foto: Miquelina Deina, em 16/04/12.

Contudo, existem na literatura outras classificações de padrão de canais. Para Rosgen (1994) a classificação dos canais varia de acordo com o nível de detalhamento e os objetivos propostos à pesquisa. Entre as classificações deste autor tem-se a caracterização morfológica dos canais, integrando as características da paisagem e as feições fluviais da morfologia do vale, como o padrão, a forma e a dimensão dos canais (Figura 05).

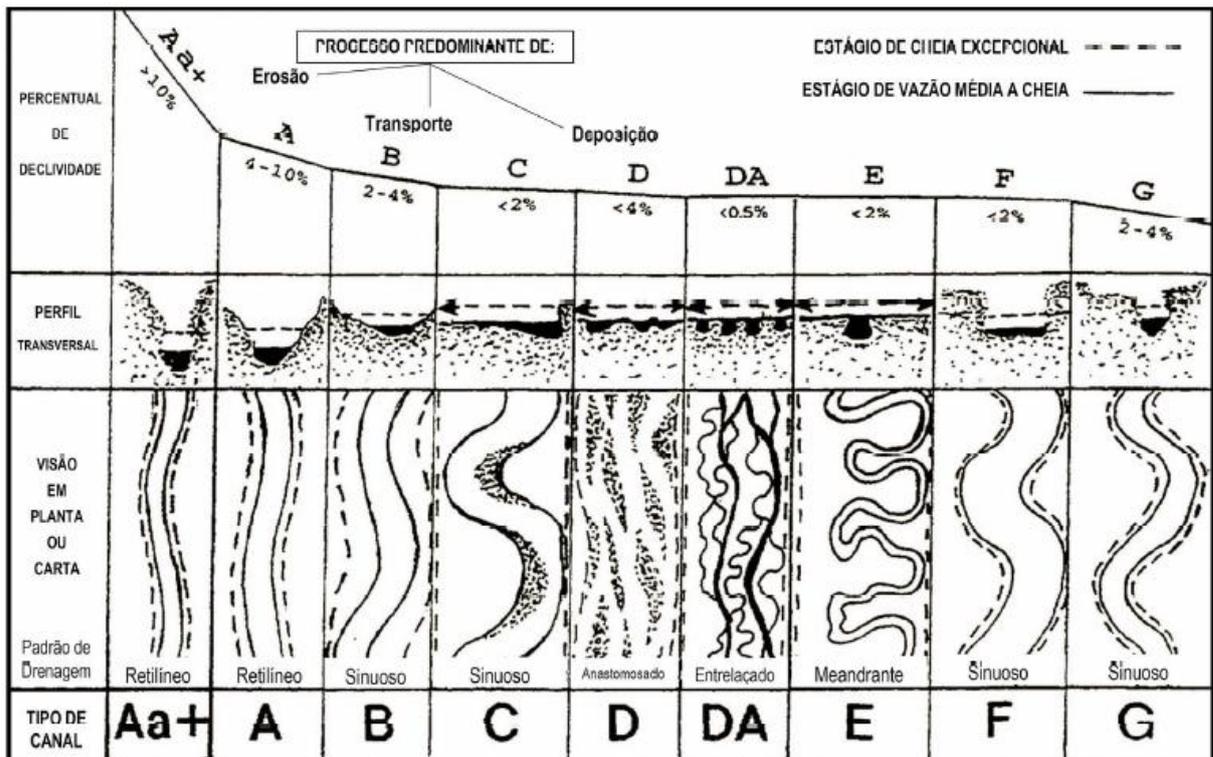


Figura 05 – Exemplo de diferentes formas de canais encontradas ao longo de um perfil longitudinal de um rio natural em estágio de cheia excepcional (pontilhado) e vazão média a cheia. Fonte: Adaptado de Rosgen (1994).

Nesta classificação de Rosgen (1994) são nove tipos de canais apresentados (Figura 5). O tipo Aa+ possui perfil longitudinal bastante inclinado (superior a 10%), com pontos encachoeirados, de elevada competência e capacidade fluvial. É bastante retilíneo e em geral aprofundado e estreito. No tipo A, a declividade da encosta está entre 4 a 10%, com acentuadas corredeiras. É igualmente retilíneo e profundo, porém com perfil transversal mais largo que o anterior. O Tipo B possui declividades entre 2 a 4%, dominado por cascatas, com sutil sinuosidade. Os perfis C, D, DA, e E, situam-se em regiões mais aplainadas, de correnteza branda, formando canais de padrões entrelaçados, anastomosados e meandrosos, cuja planície de inundação atingida pelas cheias é bem mais ampla em função das características locais. Já os tipos G e F conforme Rosgen (1994) representam uma

irregularidade no perfil longitudinal, indicando presença de ruptura de declive, com situação parecida a descrita em A e B, mas com maior volume de vazão. Rosgen (1994) afirma ainda que o padrão morfológico dos canais é diretamente influenciado por variáveis como: largura, profundidade, velocidade, descarga, declividade do canal, rugosidade do leito, transporte de materiais e tamanho das partículas, onde a mudança em uma destas variáveis pode promover alterações em outras, modificando assim o padrão do canal.

Schumm (1963)<sup>17</sup>, por sua vez, citado por Christofolleti (1981) e Cunha (2005) dividiu os padrões de canais levando em consideração, especialmente, o grau de sinuosidade dos mesmos (relação entre comprimento do talvegue e comprimento do vale). Assim, os padrões de canais classificam-se em: Meândricos (subdivididos em tortuosos, irregulares e meandros regulares), Transicionais e Retos. Contudo, segundo Coelho (2007), Schumm (1988, 1986) possui outra classificação das formas de canais com base na carga sedimentar (Figura 06).

1. Canais retilíneos com migração de ondas;
2. Canais retilíneos com migração de ondas de areia ou talvegue sinuoso;
3. Canais meandantes com alta sinuosidade de igual largura / canais meandantes mais largos nas curvas que nos cruzamentos;
4. Canal de transição meândrica para entrelaçado (braided);
5. Canal tipicamente entrelaçado (braided).

Com base nesta classificação, Schumm (1988<sup>18</sup>, 1986<sup>19</sup>, *apud* COELHO, 2007) afirma que a relação entre o tamanho da partícula, carga, velocidade das águas e a competência do canal no transporte dos sedimentos, determina a relativa estabilidade morfológica destes canais. Neste sentido, Cunha (2001b<sup>20</sup>, *apud* COELHO, 2007, p.18) assinala esta proposta de Schumm para o caso físico ambiental brasileiro como a que ganha importância significativa devido as condições climáticas do país (tropical/subtropical) e o intemperismo operante, responsáveis por elevadas quantidades de sedimentos carregadas ao longo dos leitos fluviais.

---

<sup>17</sup> SCHUMM, S. A. **Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains**: Geol. Soc. America Bull., v. 74, 1963, p. 1089-1100.

<sup>18</sup> SCHUMM, Stanley. **Variability of the fluvial system in space and time**. In: ROSSWALL, Thomas; WOODMANSSE, R. G. (Eds.). **Scales and global change**: Wiley, New York, 1988. p. 225-249.

<sup>19</sup> SCHUMM, Stanley. Alluvial river response to active tectonics. In: Studies in National Research Council (Eds.), **Active Tectonics Studies in Geophysics**. National Academy Press, Washington, D. C., 1986. p. 80-94.

<sup>20</sup> CUNHA, S. B. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001b. p.229-271.

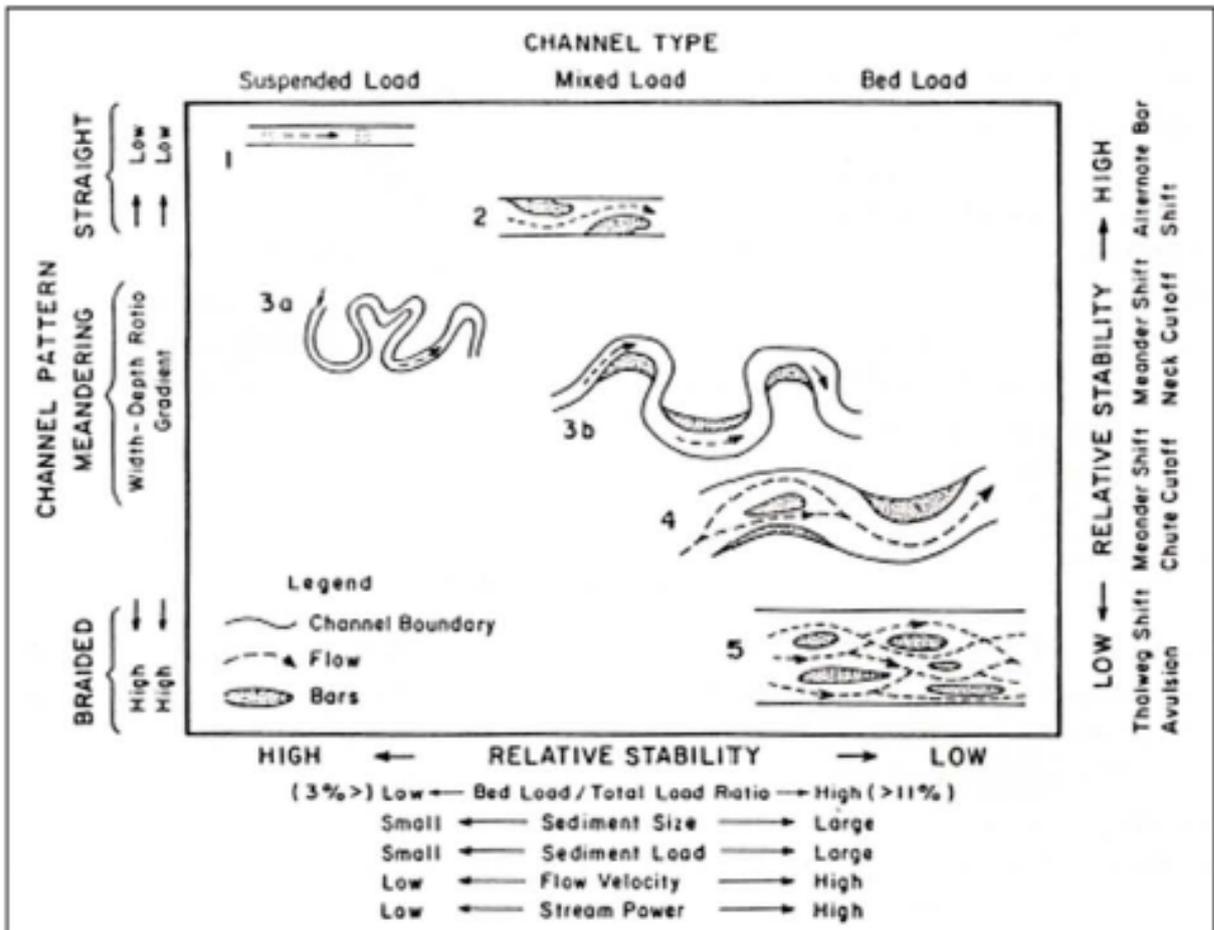


Figura 06 – Cinco padrões básicos de formas de canais em função da carga sedimentar.  
 Fonte: Schumm (1988, 1986, *apud* COELHO, 2007).

### c) Tipos de Drenagem

A drenagem fluvial é formada por um conjunto de canais de escoamento interligados, que drenam uma determinada área, denominada por bacia de drenagem. Essa rede de drenagem é fortemente influenciada por fatores como o regime das precipitações, as perdas por evapotranspiração e infiltração, além do tamanho da área ocupada pela bacia (CHRISTOFOLLETI, 1981). Além disto, a drenagem de uma bacia hidrográfica depende da topografia, cobertura vegetal, tipo de solo, litologia e estrutura das rochas (CUNHA, 2005). A ordenação espacial dos canais fluviais, por sua vez, depende em grande parte da estrutura geológica da área drenada, originando diferentes tipos de padrões de drenagens. Esses padrões podem ser classificados com base no escoamento, na gênese ou na geometria (CUNHA, 2005; CHRISTOFOLLETI, 1981; SUGUIO e BIGARELLA, 1990), (Tabelas 3 e 4; Figura 07).

TABELA 3 – PADRÕES DE DRENAGEM EM FUNÇÃO DA GÊNESE

CLASSIFICAÇÃO	TIPO	COMPORTAMENTO DA DRENAGEM
Em função Da Gênese	Consequente	Determinado pela declividade da superfície coincide com mergulho das camadas, originando curso retilíneo e paralelo.
	Subsequente	Controlado pela estrutura rochosa e acompanha a zona de fraqueza. Nas áreas sedimentares corre perpendicular à inclinação das camadas.
	Obsequente	Dirige-se em sentido inverso à inclinação das camadas, formando um canal de pequena extensão.
	Ressequente	Flui na mesma direção dos rios consequentes, mas nasce em nível mais baixo, no reverso das escarpas, desembocando em rio subsequente.
	Insequente	Corre de acordo com a morfologia do terreno e em direção variada.

Fonte: Cunha (2005); Christofolleti (1981); Suguio e Bigarella (1990).  
Org.: Miquelina Ap. Deina

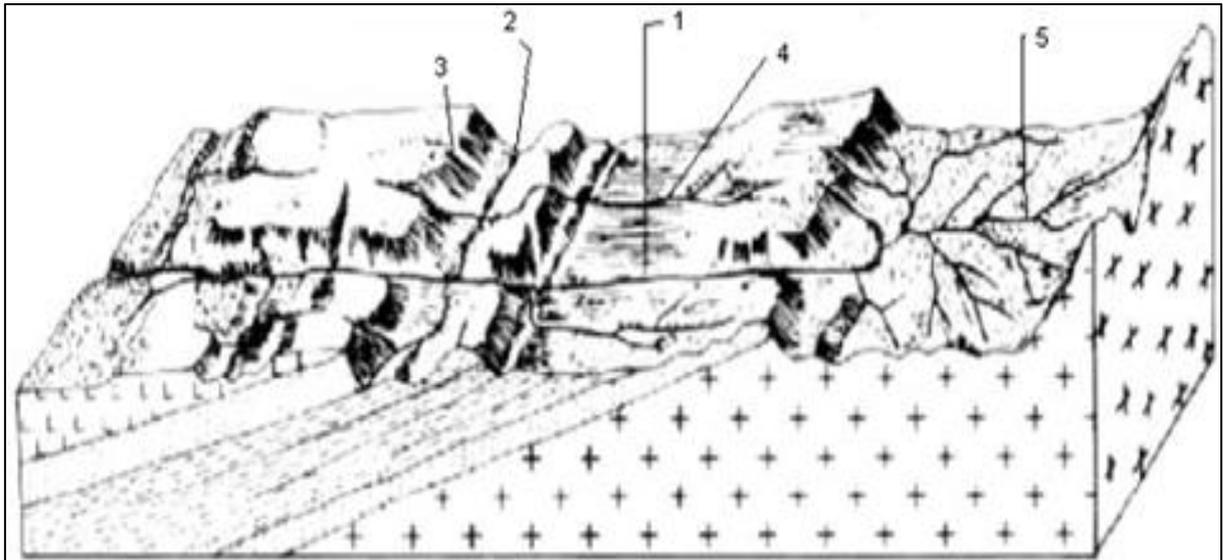


Figura 07 – Classificação genética dos rios conforme sua relação às estruturas geológicas: (1) curso cataclinal; (2) curso ortoclinal; (3) curso anaclinal; (4) curso cataclinal secundário; (5) cabeceira.

Fonte: Adaptado de Cunha (2005), Suguio e Bigarella (1990), Valter Casseti (?).

Howard (1967<sup>21</sup>, *apud* IBGE, 2009, p.99) afirma igualmente que os padrões de drenagem são influenciados por vários fatores, porém a estrutura geológica é o principal deles ao estabelecer “[...] controles sobre o padrão de drenagem através de inclinações regionais da superfície ou

<sup>21</sup> HOWARD, A. D. **Drainage analysis in geologic interpretation: a summation.** *Bulletin.* Chicago: American Association of Petroleum Geologists, v. 51, n. 11, p. 2246-2259, nov. 1967.

através de descontinuidades estruturais como falhas e fraturas, que podem acarretar assimetria da bacia de drenagem ou mudança brusca do padrão de drenagem”. A Tabela 4 mostra alguns dos padrões de drenagens mais comuns em função da geometria dos mesmos.

TABELA 4 – PRINCIPAIS PADRÕES DE DRENAGEM EM FUNÇÃO DA GEOMETRIA

CLASSIFICAÇÃO	TIPO	COMPORTAMENTO DA DRENAGEM
Em função da Geometria	Dentrítica	Ou arborescente, desenvolve-se sobre rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais.
	Retangular	Adaptada as condições estruturais e tectônicas, originam confluências em ângulos retos. Reflete influência exercida por falhas ou sistemas de diaclasamentos.
	Paralela	Rios pouco ramificados fluem quase paralelamente uns aos outros. Localiza-se em áreas de vertentes com declividade acentuada ou em locais de falhas paralelas e lineamentos topográficos paralelos.
	Radial	Apresenta correntes fluviais que convergem para um ponto central (centrípeta) ou se irradiam para todas as direções (centrífuga) em formato radial. Desenvolve-se em diferentes embasamentos estruturais.
	Anelar	Formato de anéis concêntricos, típica de áreas dômicas entalhadas em estruturas formadas por camadas de diferentes graus de resistência à erosão.
	Irregular	Drenagens ainda não organizadas, pois se situam em áreas de recente sedimentação, erosão ou levantamento.

Fonte: Cunha (2005); Christofolleti (1981); Suguio e Bigarella (1990).  
Org.: Miquelina Ap. Deina

Os padrões de drenagens são igualmente influenciados por propriedades físicas que diferenciam seus traçados em função de fatores como, litologia, índice de pluviosidade, forma de relevo, tipos de solos, cobertura vegetal, além da presença de eventos tectônicos e das influências climáticas (IBGE, 2009). Na Figura 08 encontram-se sumarizadas as principais propriedades que devem ser identificadas na drenagem e em seus padrões, a saber: grau de integração, grau de continuidade, densidade, tropia, grau de controle, sinuosidade, angularidade, ângulo de junção e assimetria.

Segundo o IBGE (2009), o Grau de Integração corresponde à perfeita interação entre as drenagens de uma dada bacia, fornecendo padrão consistente de seus ramos, com traçado simples. Fornece informações indiretas sobre permeabilidade, porosidade, topografia, coesão, massividade, heterogeneidade, grau de dissolução das rochas e erodibilidade. O grau de continuidade refere-se à sequência do traçado dos canais, que muda em função da permeabilidade, porosidade e grau de dissolução das rochas. A densidade reflete a permeabilidade e porosidade do terreno. A Tropa indica se a rede de drenagem apresenta uma

ou mais orientações preferenciais, o que pode ocorrer devido à existência de um controle estrutural. O grau de controle é analisado de acordo com as orientações da drenagem determinadas pela tropia. A Sinuosidade refere-se às curvas delineadas pela drenagem, e pode ser aberta, fechada, ou então se situar num grau intermediário. A retilinearidade aponta quando a drenagem mostra orientação retilínea, sendo normalmente associada aos controles estrutural e estratigráfico. O ângulo de junção refere-se ao ângulo que os ramos secundários fazem com a drenagem principal e relaciona-se com o controle estrutural da drenagem de uma determinada área. A angularidade trata-se das mudanças bruscas de direção da drenagem e indica a influência de fatores estruturais. A assimetria reflete o caimento do terreno e/ou indica a presença de estruturas planares primárias ou secundárias.

1 - Grau de Integração	2 - Grau de Continuidade	3 - Densidade	4 - Tropia	5 - Grau de Controle	6 - Sinuosidade	7 - Angularidade	8 - Ângulo de Junção	9 - Assimetria
			Unidirecional		Curvos	Alta	Agudo	
Alto	Alto	Alta	Bidirecional		Mistos	Média	Reto	
			Tridimensional					
Médio	Médio	Média	MULTIDIRECIONAL DISCRIMINADA					
			MULTIDIRECIONAL DIFERENCIADA					
Baixo	Baixo	Baixa						

Figura 08 – Propriedade das drenagens e seus respectivos padrões geométricos.  
 Fonte: Adaptado de Lima (2002, *apud* IBGE, 2009).

### 1.4.2 Processos Fluviais

Segundo Bigarella (2003) conhecer as características fluviais é fundamental tanto pelo aspecto dos recursos hídricos, por meio da hidráulica e do controle da erosão, como pelo aspecto sedimentológico, geomorfológico e do planejamento regional. A dinâmica dos processos fluviais ocorre em função da erosão, transporte e deposição de materiais, que se

alternam ao longo do tempo e são definidos espacialmente pela distribuição da velocidade e da turbulência do fluxo dentro do canal. São processos interdependentes e resultam das mudanças do fluxo e da carga existente (CUNHA, 2005) (Figura 09). Suguio e Bigarella (1990, p. 71) assinalam que “O trabalho total de um rio é medido pela quantidade de material que ele é capaz de erodir, transportar e depositar”.

As cargas de material particulado presente nos rios provém em parte da ação erosiva das águas sobre as margens e o fundo do canal fluvial. Outra parte é oriunda da remoção de partículas das vertentes. Por esse motivo, conforme aponta Christofolletti (1981) admite-se que o transporte de sedimentos é conduzido pelos fatores hidrológicos que controlam as características e o regime dos cursos fluviais. Estes transportam os materiais erodidos das vertentes, por suspensão, saltação ou rolamento, em função da velocidade do fluxo (Tabela 5). Em geral, os materiais constituídos por argilo-minerais e frações granulométricas inferiores a silte médio, são carregados em suspensão, enquanto a fração areia é transportada como carga de fundo (BIGARELLA, 2003). Segundo Bigarella (2003), a determinação da erosão a partir de um curso d’água fornece uma visão muito mais ampla do movimento dos sólidos numa bacia hidrográfica, do que a realizada numa vertente, pois esta fornece apenas a visão parcial de certas áreas.

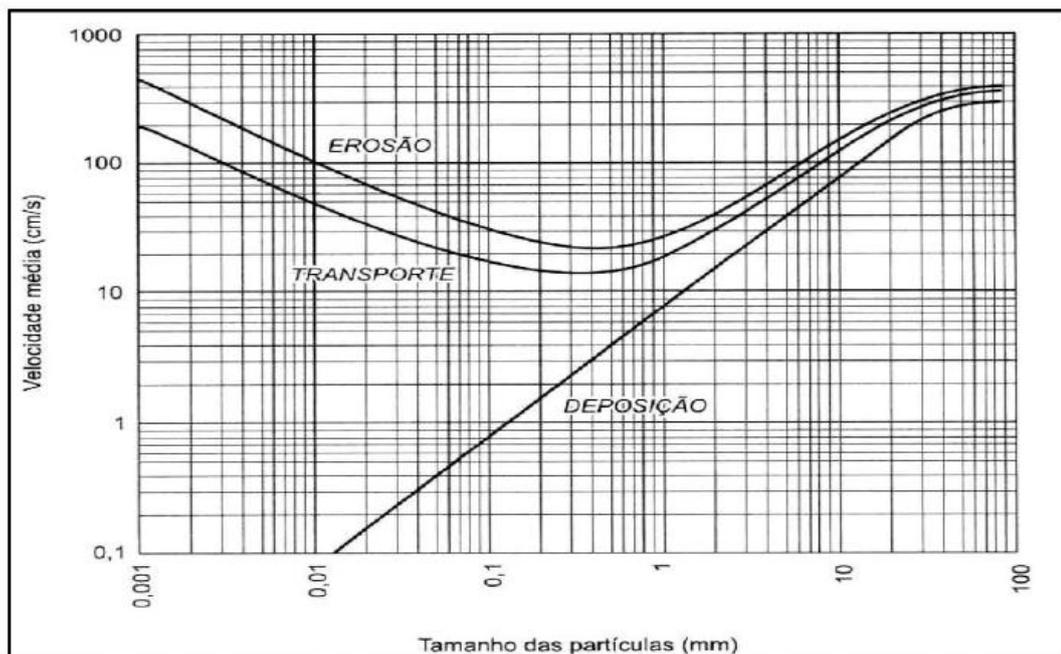


Figura 09 – Relação entre a velocidade de escoamento das águas (cm/s) e a granulometria do material do canal (mm) e a influencia dos processos de erosão transporte e deposição.  
 Fonte: Hjultrom (1935, *apud* CHRISTOFOLLETI, 1981).

O processo de erosão pelas águas atua tanto pelo impacto hidráulico como por meio da ação corrasiva e corrosiva (Tabela 5), e sua capacidade depende muito mais das partículas transportadas, em suspensão, saltação e rolamento, do que do volume da água (CUNHA, 2005). A corrasão ocorre pelo atrito mecânico, em geral, através da abrasão das partículas sobre as rochas e outras partículas, e tende a eliminar a rugosidade do leito. Quanto à ação corrosiva esta resulta da dissolução de material solúvel no processo de percolação da água ainda no solo (CUNHA, 2005; CHRISTOFOLLETTI, 1980). A erosão é a responsável por prover a carga a ser transportada pelo fluxo fluvial.

TABELA 5 – DINÂMICA DOS PROCESSOS FLUVIAIS

PROCESSOS FLUVIAIS	LOCAIS E FATORES DE OCORRÊNCIA	MECANISMOS DE AÇÃO E DEMAIS CONSIDERAÇÕES
<b>EROSÃO</b>	Vertentes, Margens Fluviais e Fundo do Leito. Depende mais da forma e dimensão das partículas.	<p><b>Impacto Hidráulico</b> – Força da água especialmente sobre as margens e fundo do leito.</p> <p><b>Ação Corrasiva</b> - Ocorre pelo atrito mecânico, através da abrasão das partículas sobre as rochas e outras partículas, e tende a eliminar a rugosidade do leito.</p> <p><b>Ação Corrosiva</b> – Dissolução de material solúvel no processo de percolação da água ainda no solo.</p>
<b>TRANSPORTE</b>	Ao longo do leito fluvial e ocorre principalmente em função da velocidade do fluxo.	<p><b>Suspensão</b> – transporte de partículas menores como silte e argila, que se mantém em suspensão pelo fluxo turbulento. O transporte é controlado pelo volume de sedimentos fornecidos aos cursos d'água.</p> <p><b>Saltação e Rolamento</b> – transporte de partículas maiores como areias e cascalhos, assim a velocidade é muito mais lenta e o volume dos sedimentos grosseiros é controlado ou limitado pela capacidade de transporte.</p>
<b>DEPOSIÇÃO</b>	Ocorre quando a velocidade crítica de deposição é atingida e depende do tamanho, forma, peso específico da partícula etc.	Entre as principais formas originadas pela sedimentação fluvial estão as planícies de inundação, os deltas, os cones de dejeção, as <i>playas</i> e <i>bahadas</i> , as restingas fluviais e outras.

Fonte: Bigarella (2003); Christofolletti (1980; 1981); Cunha (2005).

Org.: Miquelina Ap. Deina

Bigarella (2003) afirma que a importância do trabalho fluvial deve ser avaliada com base na energia do rio, seja esta na forma potencial ou cinética. Deste modo, observa-se que no curso

superior a energia potencial transforma-se parcialmente em energia cinética modelando o curso e vencendo a resistência ao movimento. Com a força de resistência (fricção) exercida pela água em função de obstáculos ao longo do leito a velocidade do fluxo é alterada, fazendo com que no curso inferior a energia potencial seja quase toda consumida para vencer as forças de resistência ao fluxo e assim manter o movimento. À medida que a fricção diminui eleva-se a energia disponível para o trabalho (BIGARELLA, 2003; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Neste sentido, enquanto a energia disponível para o transporte de materiais sólidos for suficiente, o leito do rio ficará estável. Se houver excesso de energia, esta erode os lados e o fundo do canal aumentando a carga para jusante (BIGARELLA, 2003). Quando a velocidade do fluxo é lenta tem-se a diminuição dos processos erosivos e sua capacidade de transporte (CUNHA, 2005). É importante destacar que “a velocidade das águas de um rio depende da declividade, do volume das águas, da forma da seção, do coeficiente de rugosidade e da viscosidade da água” (BIGARELLA, 2003, p.1278).

Conforme Bigarella (2003), a partícula ao ser colocada em movimento é transportada e entra mais uma vez em repouso quando a velocidade crítica de deposição é atingida (Tabela 5). “Essa diminuição pode ser causada pela redução da declividade, pela redução do volume ou pelo aumento de calibre da carga detrítica” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.75). O referido autor (1981) afirma também que a velocidade de decantação depende especialmente da dimensão e da densidade da partícula, sendo os demais fatores como a gravidade, a viscosidade e a densidade da água, constantes para um determinado tempo e lugar no canal. Entre as principais formas originadas a partir da deposição fluvial, Christofolletti (1980) destaca as planícies de inundação, os deltas, os cones de dejeção, as *playas* e *bahadas*, as restingas fluviais e outras.

A sedimentação fluvial envolve igualmente toda a dinâmica da bacia de drenagem, pois esta é responsável pelo fornecimento de material particulado “[...] aos cursos d’água que, em conjunto, torna-se o fenômeno natural de maior ocorrência na esculturação da rede de canais e das paisagens encontradas na superfície terrestre” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.19).

Considerando a análise dos processos fluviais como um todo é importante destacar que estes são controlados em grande medida pelo comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, uma vez que os fatores hidrológicos mais importantes como a quantidade e a distribuição das precipitações, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal

interferem na produção de material intemperizados na bacia de drenagem e o transporte desses materiais até os cursos fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1981). Christofolletti (1981, p.19) salienta ainda que “o fluxo e o transporte de sedimentos constituem respostas aos processos e ao estado de equilíbrio atuante no sistema fluvial”.

#### **1.4.2.1 Comportamento Hidrológico das Bacias Hidrográficas em Ambientes Tropicais**

O funcionamento hidrológico das bacias hidrográficas apresenta comportamento bastante distinto em função das características do ambiente a qual está inserida. Nas regiões tropicais, onde o clima é quente e em geral bastante úmido, a vegetação exerce, por exemplo, forte influência quanto à trajetória da água na bacia. Esta se processa igualmente de forma bastante distinta entre as áreas rurais e urbanas. O ciclo hidrológico, que comanda o funcionamento da bacia hidrográfica, é composto pela evaporação/evapotranspiração, precipitação, interceptação, infiltração e escoamento superficial, sendo o comportamento desses processos dependente de um conjunto de fatores.

A água, principal agente modelador e modificador da paisagem, assume diferentes escalas e trajetórias ao longo de seu ciclo. Sua entrada nos sistemas terrestres, abrangendo a biosfera, a litosfera, a pedosfera e a própria hidrosfera, na forma de precipitação, desencadeia uma série de processos e possíveis trajetórias, que dependem não só das características da precipitação propriamente, mas também e, sobretudo, dos atributos e condições das diferentes esferas por onde irá circular (BOTELHO, 2011, p.71).

Conforme Botelho e Silva (2010), a determinação da quantidade de água que irá escoar pela superfície ou infiltrar no solo depende de fatores como o volume e a intensidade das chuvas, as características das encostas, as propriedades do solo e a cobertura vegetal. Chuvas mais intensas e demoradas, por exemplo, possuem maior capacidade de provocar erosão ao exceder a capacidade de infiltração do solo ou saturá-lo rapidamente, causando então o escoamento superficial. Já as características das encostas como a declividade, a forma e a rugosidade do terreno, ampliam ou diminuem a velocidade do escoamento superficial, enquanto as propriedades do solo podem determinar a taxa de infiltração da água e conseqüentemente do escoamento superficial, pois o volume, o tipo e o diâmetro dos poros definem, em geral, a quantidade de água que irá infiltrar em um determinado solo.

Em ambientes florestados, a água precipitada percorre vários caminhos, sendo uma parte interceptada pela vegetação, enquanto a outra atinge o solo atravessando a copa das árvores ou escoando pelo tronco das mesmas. Após atingir a superfície uma parcela infiltra-se no solo e o restante escoar superficialmente sobre o terreno, se encaminhando para os canais e áreas

mais baixas (BOTELHO e SILVA, 2010). Segundo os referidos autores “A interceptação de água pelos vegetais constitui a maior influência das florestas sobre o ciclo hidrológico” (2010, p. 163). Neste sentido, nas áreas florestadas ou mesmo nas áreas rurais a bacia hidrográfica apresenta funcionamento bastante distinto das áreas urbanizadas.

Uma bacia natural dispõe, usualmente de algum tipo de cobertura vegetal, que é tanto maior quanto menor o grau de ocupação. Essa configuração natural é harmônica e equilibrada, com bosques protegendo o escoamento em encostas, vegetação ciliar protegendo as margens dos rios, a infiltração recarregando lençóis e garantindo a vazão de base (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011, p. 33-34).

Em regiões agrárias, o ciclo hidrológico é semelhante ao das áreas florestadas, pois mesmo havendo a diminuição da taxa de infiltração de água no solo, ainda há infiltração de parcela considerável de água proveniente das chuvas. Porém, há uma diferença no comportamento do ciclo hidrológico em áreas com agricultura ou com pastagem, pois nesta última, o sistema radicular das gramíneas facilita a infiltração, permitindo perdas mínimas de solo e água a partir do escoamento superficial, enquanto nas áreas agrícolas, fatores como a exposição do solo às gotas de chuva, ausência de cobertura vegetal em uma determinada época do ano e a falta de práticas agrícolas conservacionistas promovem o escoamento superficial (BOTELHO e SILVA, 2010).

Toda essa dinâmica natural é alterada com o processo de urbanização, que provoca mudanças significativas no comportamento hidrológico da bacia. Desta forma, toda a diversidade de caminhos da água ao atingir os sistemas terrestres é reduzida ao binômio escoamento e infiltração, com participação mais significativa do primeiro. Nas áreas urbanas ocorre a geração de importantes fluxos superficiais e nenhuma ou quase nenhuma infiltração no solo (BOTELHO e SILVA, 2010). Segundo Botelho (2011, p.73) “As bacias hidrográficas urbanas são, portanto, marcadas pela diminuição do tempo de concentração de suas águas e pelo aumento dos picos de cheias, quando comparadas às condições anteriores à urbanização”.

Tal fato, com base em Carneiro e Miguez (2011), tem origem a partir da retirada da vegetação original, da impermeabilização de grandes áreas por meio das diversas construções e calçamento das vias de circulação, das canalizações feitas a princípio para permitir o escoamento mais rápido das águas pluviais, além da ocupação das planícies fluviais que são áreas naturalmente alagáveis em eventos de maiores precipitações. Dessa forma, maiores volumes de água, impedidos de infiltrar-se, escoam mais rapidamente sobre a bacia em direção aos canais fluviais, alimentando-os rapidamente e podendo causar inundações de

proporções alarmantes, dependendo da intensidade e duração das precipitações, além da interferência de outros fatores (BOTELHO e SILVA, 2010). Porto *et. al.* (*apud* Botelho, 2011, p.73), “[...] afirmam que, em casos extremos, o pico de cheia numa bacia hidrográfica urbana pode chegar a seis vezes mais do que o pico dessa mesma bacia em condições naturais”.

É importante lembrar, nesse contexto, que os eventos de cheias são fenômenos naturais e sazonais que desempenham um importante papel ambiental. Entretanto, conforme Carneiro e Miguez (2011), a urbanização interfere de tal forma nos padrões naturais de inundação, que os torna muito mais frequentes e em maiores proporções. Dependendo das circunstâncias a qual ocorrer, as inundações urbanas podem afetar desde a microdrenagem<sup>22</sup> urbana, com alagamentos em algumas ruas afetando pedestres e tráfego urbano, como a macrodrenagem<sup>23</sup> urbana quando uma grande parcela da cidade fica inundada.

Não obstante a intensa alteração na dinâmica das águas, nas bacias hidrográficas urbanas a qualidade das mesmas também se encontra comprometida. Tal fato ocorre devido à intensa poluição a que estão submetidos grande parte dos cursos d’água brasileiros, cujas principais fontes poluidoras são o esgoto doméstico, o lixo e os dejetos industriais, sendo estes últimos os mais poluentes em função da presença de diversas substâncias tóxicas. Esse quadro lastimável tem várias origens, entre elas a falta de um sistema de saneamento básico adequado (BOTELHO e SILVA, 2010).

Além do mais, a população mais pobre de recursos financeiros são as que mais sofrem com esses problemas, especialmente os relacionados aos alagamentos e inundações que atingem áreas urbanas, pois devido à falta de condições financeiras e à dinâmica de uso e ocupação do solo urbano, imposta pela sociedade capitalista vigente, a população carente acaba por habitar áreas impróprias à ocupação devido ao seu baixo custo de acesso à terra e moradia. Conforme Carneiro e Miguez (2011), a população que não dispõe da cidade formal - ou seja, da cidade

---

<sup>22</sup> A microdrenagem urbana é definida pelos sistemas de condutos construídos destinados a receber e conduzir as águas das chuvas vindas das construções, lotes, ruas, praças etc. São elementos tradicionais de microdrenagem: sarjetas, sarjetões, bocas de lobo e caixas-ralo, galerias, tubos de ligação, poços de visita (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

<sup>23</sup> A macrodrenagem corresponde à rede de drenagem natural, pré-existente a urbanização, constituída por rios e córregos, localizados nos talvegues dos vales, e que pode receber obras que a modificam e complementam, tais como canalizações, barragens, diques e outras (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

disciplinada por planos urbanísticos e provida de serviços públicos - se organiza por conta própria, em condições precárias e irregulares.

As bacias hidrográficas urbanas estão sujeitas ainda, além dos impactos gerados pelas modificações nas condições de uso do solo, a obras estruturais de canalização e retificação de canais, com o intuito de escoar rapidamente as águas pluviais, substituindo os caminhos naturais por galerias e canais artificiais de maior capacidade. Entretanto, o avanço das pesquisas científicas e o próprio resultado das obras já realizadas mostram que a canalização dos pontos críticos apenas transfere o problema de um lugar da bacia para outro (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

No contexto geral, quanto ao comportamento hidrológico das bacias de drenagens, Carneiro e Miguez (2011, p. 37) apontam a necessidade de “[...] reconhecer que a cidade pode gerar alterações no padrão de escoamento e conservação ambiental, não só dentro das áreas diretamente urbanizadas, mas também sobre toda a bacia, como um sistema, podendo afetar áreas a jusante e seus arredores”. Seguindo esta mesma linha de pensamento, com base numa abordagem integrada e sistêmica, Botelho (2011, p.79) faz igualmente uma citação importante alertando que “Poucos são os indivíduos que têm a noção de que habitam uma bacia hidrográfica, a compõem e são elementos que interagem dentro de um sistema, cujo funcionamento também dependem de suas ações”.

Neste sentido, é importante destacar que além de muitos indivíduos não ter a noção de que habitam uma bacia de drenagem, há ainda inúmeros problemas a serem enfrentados pelas diferentes entidades civis e governamentais quanto à necessidade de um planejamento urbano-ambiental integrado sob a ótica das bacias hidrográficas.

É no domínio da bacia que o ciclo hidrológico se processa de forma harmônica ou não com o ambiente, fato este dependente de um conjunto de fatores, entre eles a forma como a sociedade se apropria da natureza e interage com a mesma para sua reprodução e conseqüentemente produção do espaço, o que infelizmente tem resultado em quadros bastante degradantes, sendo muito comum em áreas fortemente urbanizadas, por exemplo, eventos de alagamentos e inundações constantes, além da ampla poluição dos cursos d’água.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS BIBLIOGRÁFICOS

Com o intuito de atender aos objetivos propostos nesta pesquisa, foi necessário iniciar o trabalho a partir de um levantamento teórico conceitual, bastante criterioso, sobre temas referentes à totalidade do espaço geográfico segundo conceito de Aziz Ab'Sáber (2002), definições e conceitos de bacia hidrográfica, planejamento urbano e ambiental sob a ótica das bacias hidrográficas e geomorfologia fluvial, atendendo aos aspectos fisiográficos da bacia e aos processos fluviais atuantes. O principal objetivo foi criar uma base conceitual sólida que desse suporte a posterior análise e discussão dos resultados. Cabe ressaltar que esta tarefa perdurou durante toda a execução da pesquisa.

### 2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS CARTOGRÁFICOS E APLICAÇÕES EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

#### 2.2.1 Dados Cartográficos

Paralelamente à pesquisa bibliográfica, realizou-se levantamento de alguns dados cartográficos:

- Mapas e relatórios geológicos e geomorfológicos do Projeto RADAMBRASIL (Vol. 32), escala 1.1.000.000, folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/ Vitória;
- Produtos Orbitais da Missão SRTM adquiridos a partir do site da Embrapa<sup>24</sup>. Esses produtos foram gerados a partir de dados de radar, obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto Shuttle Topography Mission (SRTM), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). O arranjo do radar foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre através de interferometria (COELHO, 2007).
- Para abranger toda a bacia do rio Jucu (Figura 10) foram adquiridas duas folhas de articulação (1.20.000) SRTM do Estado do Espírito Santo: SF-24-V-A e SF-24-V-B.

---

<sup>24</sup>Disponível em: < <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/es/es.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

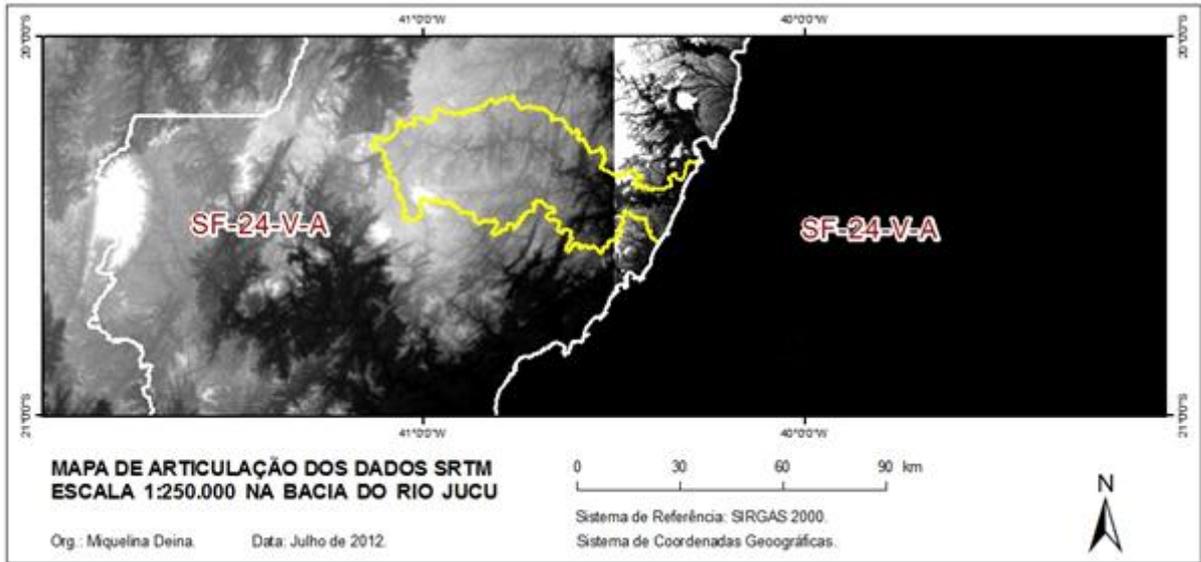


Figura 10 – Articulação dos dados SRTM da bacia do rio Jucu compatível com a escala 1:250:000 do IBGE.

- Imagem LANDSAT 2010 com recobrimento de toda a bacia do Jucu adquirida por meio do INPE;
- Mapeamento de solos do ES no formato Shapefile (Plano de Informação) obtido junto ao IJSN (2010), segundo o Novo Sistema de Classificação de Solos da Embrapa (2006);
- Ortofotos aéreas históricas do baixo Jucu, mosaicadas, de 1970, 1978, 1998 e 2008, obtidas através do IEMA (2010);
- Cartas topográficas da área de estudo referente à articulação das folhas Vitória SF-24-V-B-1 e Domingos Martins SF-24-V-A-III-4, com escala de 1.50.000.

### 2.2.2 Aplicações em SIG

Nessa etapa foram utilizados produtos orbitais como imagens de satélite e dados da Missão SRTM, além do aplicativo computacional de geoprocessamento *ArcMap*, que se constitui num módulo central do *ArcGIS*. O *ArcGIS*, por sua vez, é um importante exemplo de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Segundo Fitz (2010, p.23), um SIG pode ser definido “[...] como um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamento e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido”.

De posse dos dados orbitais e com o uso do *ArcGIS* foram confeccionados e manipulados diferentes tipos de mapas abrangendo toda a bacia, além da inclusão no banco de dados/tabela de atributos de informações referentes ao nome de rios, localidades, entre outras informações. Deste modo, o uso das geotecnologias permitiu a *análise morfométrica*<sup>25</sup> da bacia em estudo, através de cálculos precisos com MNT's como: delimitação precisa da bacia, delimitação da rede de canais, hierarquização da bacia, mapa hipsométrico e de declividade, entre outros.

### 2.3 AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS

Através do *Software HidroWeb* disponível no site da ANA (Agência Nacional de Águas) foram adquiridos os dados hidrológicos da bacia como séries históricas de precipitação e de vazão das seguintes estações pluviométricas e fluviométricas (Tabelas 6 e 7):

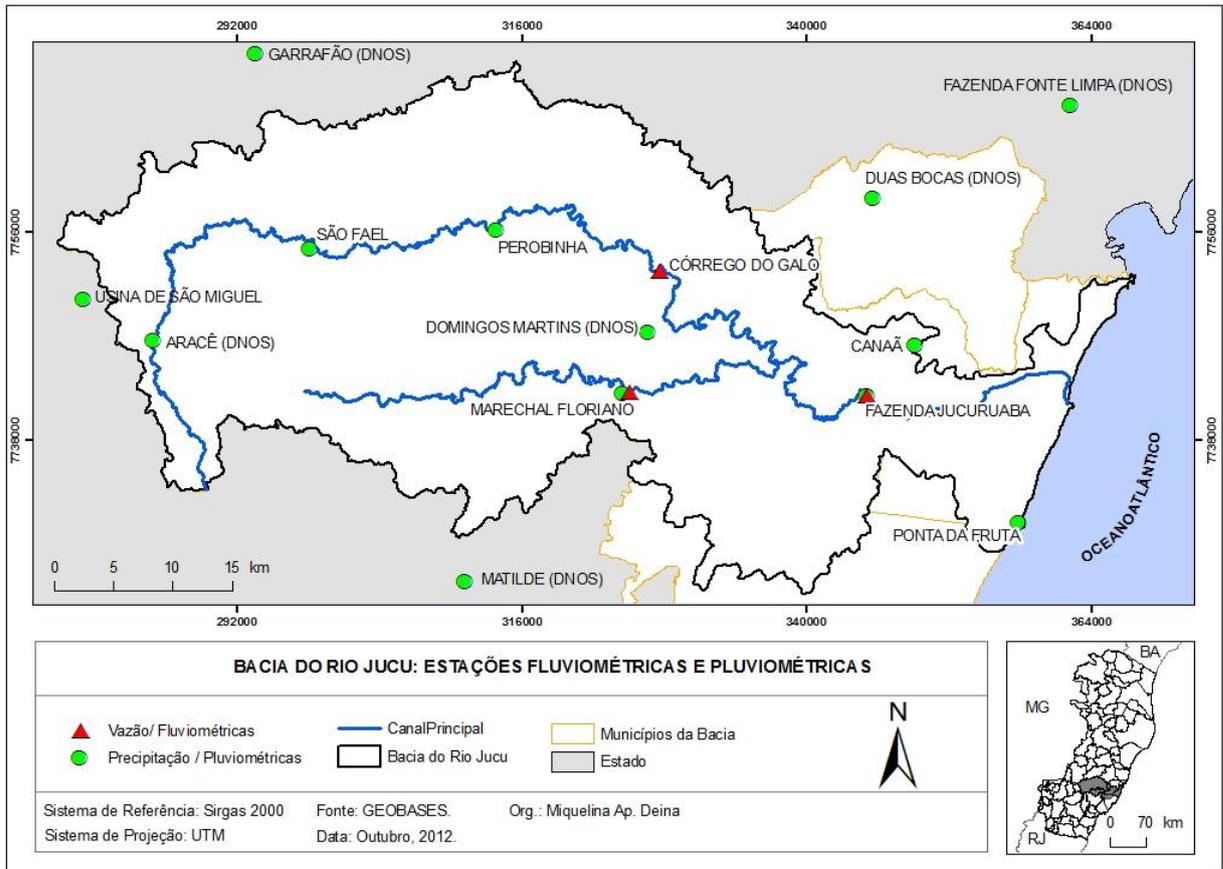
TABELA 6 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU

Estações Pluviométricas ANA (Agência Nacional de Águas)				
Código	Nome da Estação	Localização	Início Operação	Fim Operação
2041020	Aracê (DNOS)	Rio Jucu Braço Sul	1963	2012
2040023	São Rafael	Rio Jucu Braço Norte	1970	2012
2040015	Perobinha (DNOS)	Rio Jucu Braço Sul	1971	2012
2040000	Domingos Martins (DNOS)	Rio Jucu Braço Sul	1947	1999
2040012	Marechal Floriano (DNOS)	Rio Jucu Braço Sul	1949	2012
2040039	Canaã	Rio Jucu	1977	1999
2040001	Fazenda Jucuruaba	Rio Jucu	1951	2012
2040022	Ponta Da Fruta	Rio Jucu	1970	2012

Fonte: ANA (HidroWeb. Acesso em: 12 jan. 2013).  
Org.: Miquelina Deina.

Em relação aos dados das estações pluviométricas foram inicialmente utilizadas informações de todas as estações da bacia e seu entorno (Figura 11), pois através destes dados foram gerados mapas da distribuição espacial das chuvas na bacia.

<sup>25</sup> “Morfometria fluvial é o estudo das bacias hidrográficas com vista a uma análise linear, areal e hipsométrica. Os primeiros trabalhos nesse sentido foram realizados por Robert E. Horton (1945), que procurou estabelecer leis de desenvolvimento dos cursos d’água e suas respectivas bacias. Para isso se utilizou de uma abordagem quantitativa das bacias, o que serviu para uma nova concepção metodológica” (GUERRA e GUERRA, 2005).



11 – Estações Pluviométricas e Fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Jucu.

Tal procedimento foi efetuado através do *Software ArcGIS* por meio da ferramenta *Arc Toolbox – 3D Analyst Tools – Raster Interpolation* (Figura 12). Este procedimento permite transformar Dados Vetoriais (referente aos pontos de medição das chuvas em cada estação pluviométrica) e convertê-los em Dados Raster<sup>26</sup>, ou seja, espacializar a distribuição das chuvas anuais medidas em períodos que variam de 1939 a 2012.

Além deste procedimento, os dados de precipitação (anual e mensal) foram organizados e plotados em gráficos, com auxílio do *Excel 2010*, para melhor avaliar o comportamento dos mesmos nas últimas décadas.

Quanto aos dados fluviométricos, em função da pequena quantidade de estações em operação na bacia (Tabela 7) optou-se por efetuar a análise detalhada dos diferentes aspectos

<sup>26</sup> Dados Vetoriais e Raster são dados espaciais, ou seja, podem ser representados espacialmente de forma gráfica. Os **Dados Vetoriais** são compostos por três primitivas gráficas (pontos, linhas e polígonos) e utiliza um sistema de coordenadas para sua representação. Os **Dados Raster** são armazenados em uma estrutura matricial ou em grade, representada por uma matriz com  $n$  linhas e  $m$  colunas, onde cada célula é denominada de pixel e apresenta um valor específico (ex. cor ou tom de cinza a ele atribuído) (FITZ, 2010).

hidrológicos da Estação Fazenda Jucuruaba, pois além de ser a única a abranger o baixo curso do rio Jucu reflete em parte o comportamento das estações fluviométricas a montante desta área (Figura 11).

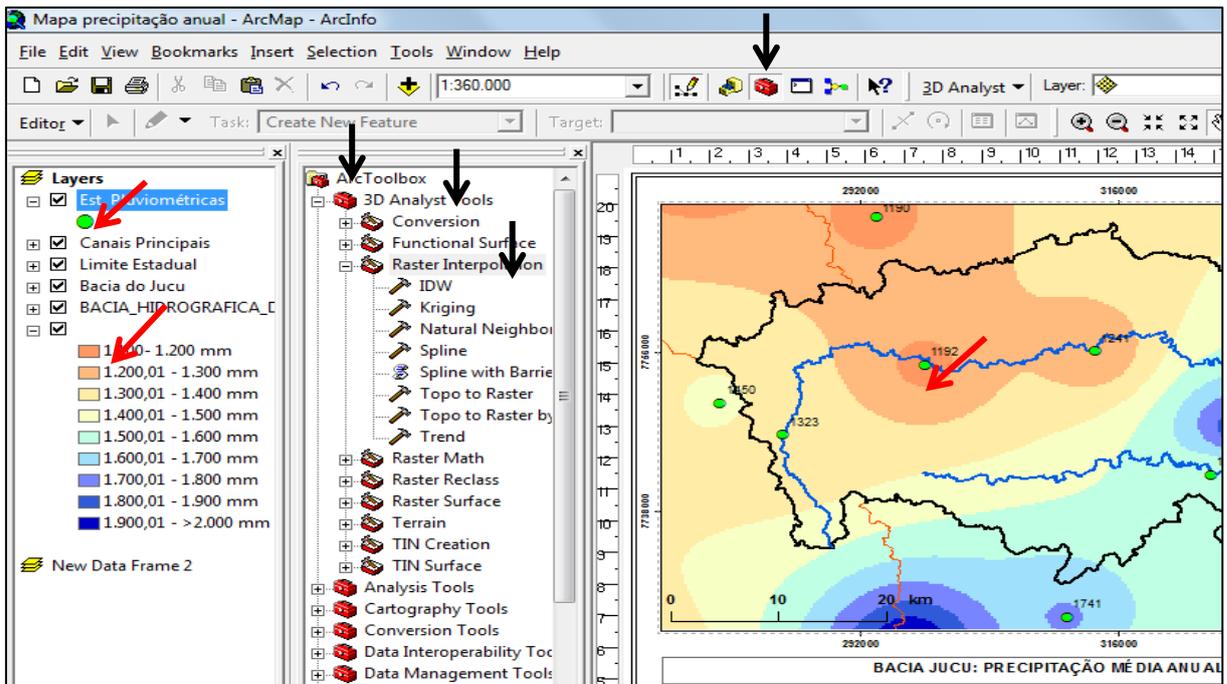


Figura 12 – Layout do ArcMap com destaque para algumas etapas e ferramentas utilizadas no processo de interpolação dos dados de precipitação da bacia do rio Jucu.

TABELA 7 – ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU

Estações Fluviométricas ANA (Agência Nacional de Águas)				
Código Estação	Nome da Estação	Localização	Início Operação	Fim Operação
57170000	Córrego do Galo	Rio Jucu Braço Norte	1969	2012
57190000	Marechal Floriano	Rio Jucu Braço Sul	1949	1990
57230000	Fazenda Jucuruaba	Rio Jucu	1968	2012

Fonte: ANA (HidroWeb. Acesso em: 12 jan. 2013).  
Org.: Miquelina Deina.

Desta forma, foram organizados em tabelas e gráficos dados sobre vazão total, vazão média anual, vazão média mensal e vazões mínimas e máximas dos dados referentes à Estação Fazenda Jucuruaba. Além dos dados de vazão, foram levantados dados das cotas altimétricas

e perfil transversal que auxiliaram a interpretação do comportamento hidrológico no baixo curso do rio Jucu.

Os gráficos referentes às vazões mínimas, máximas, cotas altimétricas e perfil transversal, foram gerados automaticamente pelo *Software Hidro 1.2* da ANA (Figura 13). Os demais foram gerados através do *Excel 2010*.

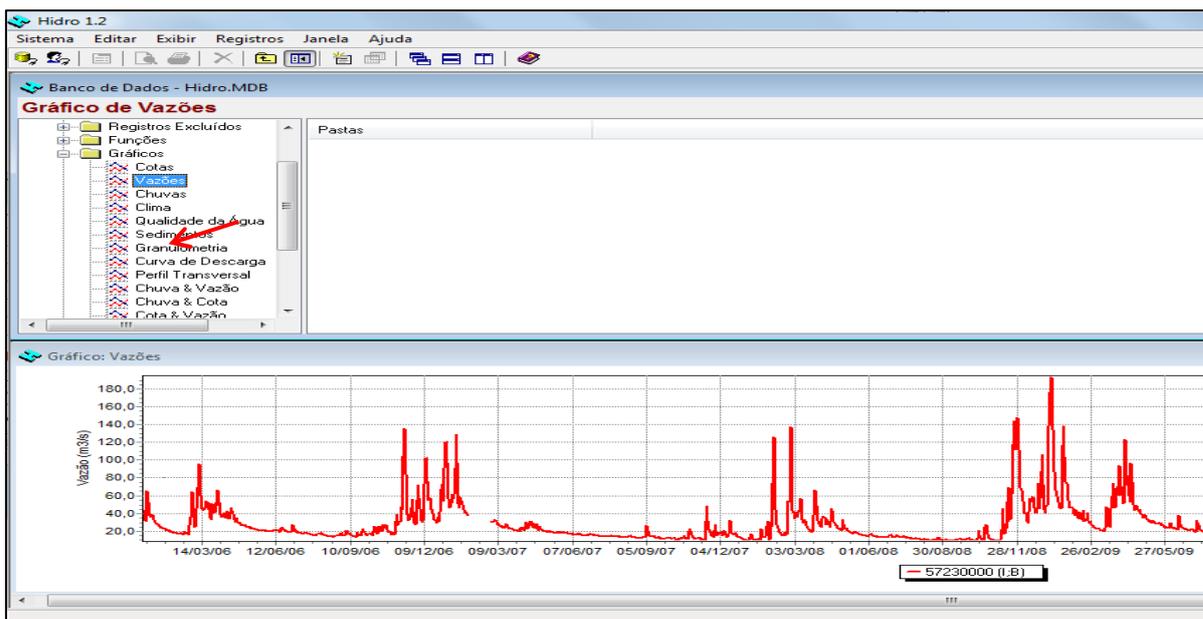


Figura 13 - Layout do Software HidroWeb disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2012).

Com base nos dados de vazões máximas de 1972 a 2005 (período disponibilizado pela ANA para a finalidade a que se pretendia) foram calculados o Período de Retorno das vazões máximas do rio Jucu, por meio do método manual<sup>27</sup> e pelo *Software Sischah 1.0*.

#### 2.4 SEGMENTOS DE ANÁLISE ESPACIAL

Para realização da análise das alterações geomorfológicas no baixo curso da bacia do rio Jucu através das ortofotos históricas, foi necessário dividir a área com recobrimento das fotos aéreas, em segmentos espaciais (Figura 14). O critério para tal divisão foi estabelecido,

<sup>27</sup> O cálculo manual do Período de Retorno das vazões máximas por meio do Método da Distribuição Normal foi efetuado a partir dos conhecimentos adquiridos durante o curso da disciplina de Planejamento e Controle de Recursos Hídricos, do Programa de Pós-Graduação da Engenharia Ambiental na UFES, em 2012. O passo a passo para este cálculo foi adquirido a partir de uma apostila síntese, elaborada pelo professor da referida disciplina, com base em bibliografias clássicas, como por exemplo, TUCCI (2009) e LANNA (2009).

especialmente, em função das características principais de uso e ocupação da terra nesta porção do espaço geográfico. Este critério resultou em quatro segmentos espaciais distintos.

O primeiro deles refere-se à porção Norte do baixo curso da bacia (respeitando o limite Oeste da mesma), cujas alterações no uso e ocupação da terra relacionam-se ao adensamento populacional e ao crescimento da urbanização na direção Sul do município. O segundo segmento espacial relaciona-se a porção do baixo Jucu fortemente impactada pelas alterações fluviais diretas sobre os canais fluviais. O terceiro segmento espacial, por sua vez, refere-se à margem direita do rio Jucu ameaçada pelo avanço da urbanização nas últimas décadas. Por fim, o quarto segmento espacial corresponde à porção da bacia mais distantes das margens do rio, onde a ocupação populacional ocorreu inicialmente nos resquícios dos tabuleiros costeiros e tem atualmente se expandido para áreas do entorno constituídas por planícies fluviais.

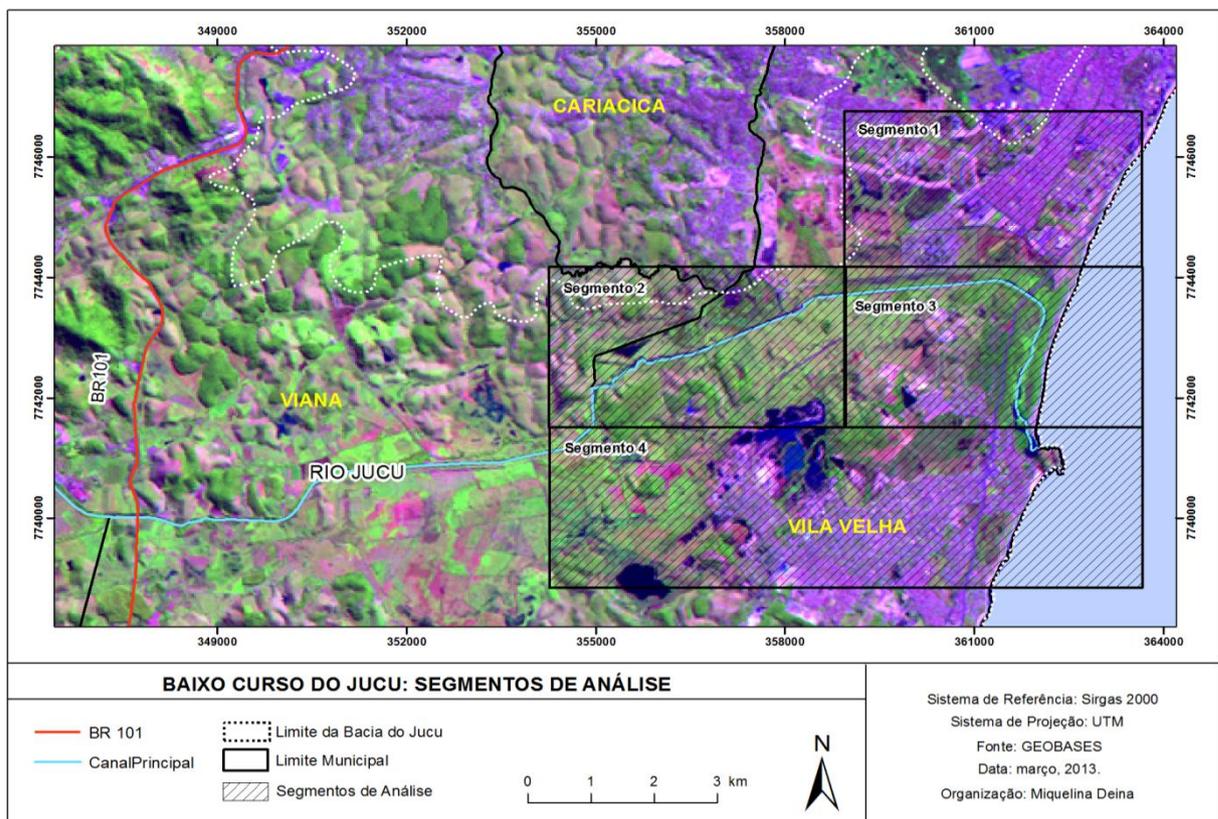


Figura 14 – Segmentos de análise espacial no baixo curso do Jucu.

## 2.5 LEVANTAMENTO DE DADOS SOCIOECONÔMICOS

Através do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática) foram coletadas e organizadas em gráficos as informações

relacionadas ao crescimento populacional dos municípios pertencentes à bacia do rio Jucu, além dos dados referentes ao crescimento da população urbana destes municípios.

Por meio do Relatório de Estudos para Desassoreamento e Regularização dos Leitos e Margens dos Rios Jucu, Formate e Marinho na Região Metropolitana da Grande Vitória (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009), foram coletados diferentes dados do rio Jucu, especialmente quanto ao uso e ocupação da terra, desde a ocupação pelos jesuítas.

Outros importantes órgãos e instituições que contribuíram com dados referentes ao uso e ocupação da terra na bacia do Jucu foram: a Agência Nacional de Águas (ANA, 2012), o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2009), o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2010), o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER, 2011) e Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2009).

## 2.6 CAMPANHAS DE CAMPO

Nos dias seis e dezesseis de abril de 2012 foi realizada a primeira campanha de campo no baixo curso da bacia. O objetivo foi efetuar o reconhecimento da área de estudo registrando, através de fotos e coletas de coordenadas em UTM (*Universal Transverse Mercator*) dados considerados pertinentes à pesquisa. A segunda campanha de campo foi realizada no dia dezanove de março de 2013, durante episódio de chuva intensa. O objetivo foi identificar o comportamento hidrológico no baixo curso do Jucu, verificando especialmente os pontos de alagamentos durante esse evento e os transtornos causados à população.

No mês de maio de 2013 foram realizadas mais duas campanhas de campo: uma no dia 26 de maio de 2013, na região do baixo curso logo a montante da Estação Fazenda Jucuruaba; outra no dia 31 de maio de 2013, na própria Estação Fazenda Jucuruaba. O objetivo principal foi verificar as condições ambientais nas localidades do entorno da estação e na própria estação. Dessa forma, para melhor visualização didática dos pontos visitados nas campanhas de campo, foi confeccionado pelo *ArcMap* através da ferramenta adicionar coordenadas (Add XY Data) mapa de localização dos principais pontos percorridos no baixo curso do Jucu (Figura 15).

Após o mapa das campanhas de campo encontra-se diagrama síntese das principais etapas da pesquisa (Figura 16).

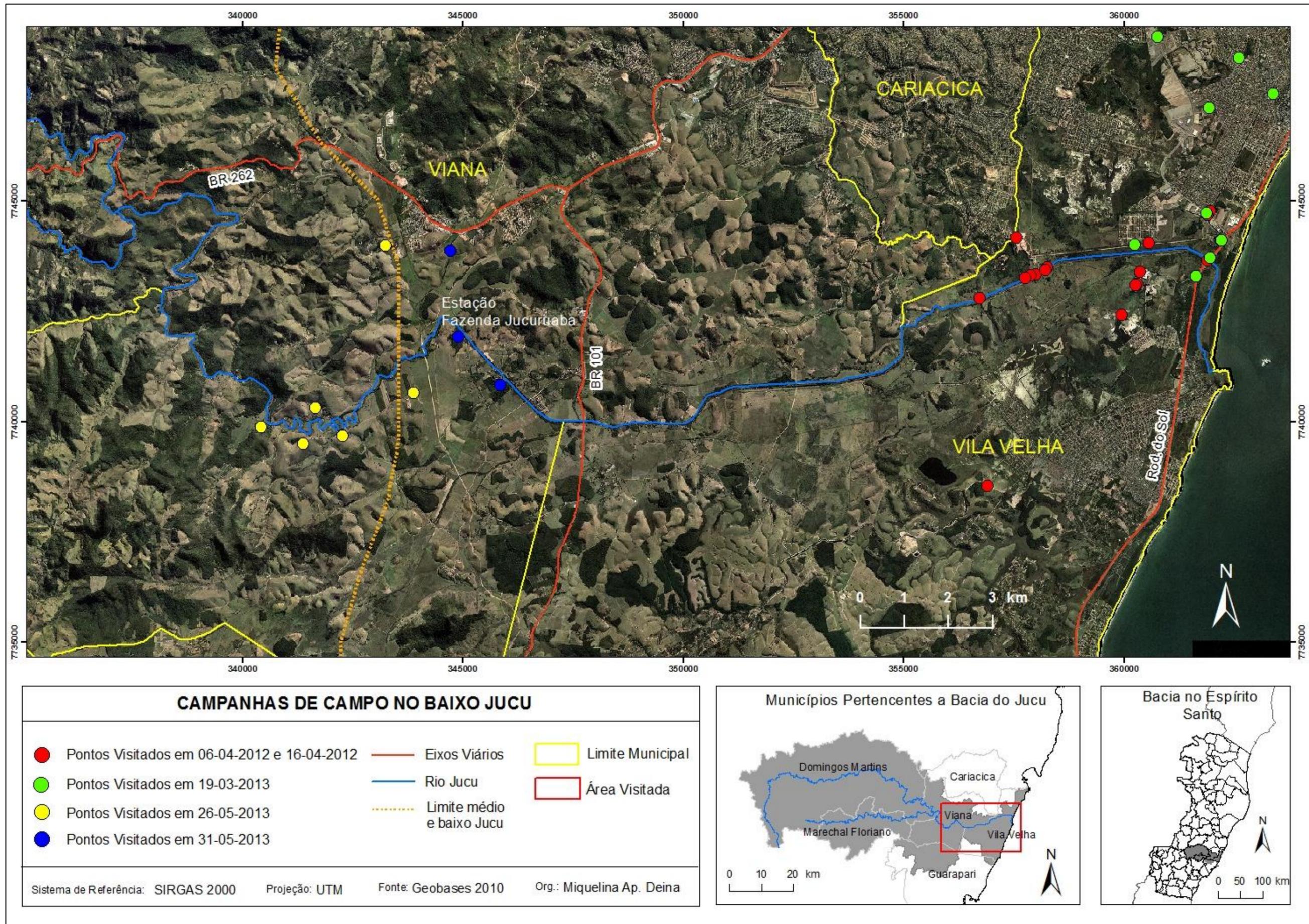


Figura 15 – Localização dos pontos visitados nas campanhas de campo realizadas durante a pesquisa no baixo curso do rio Jucu.

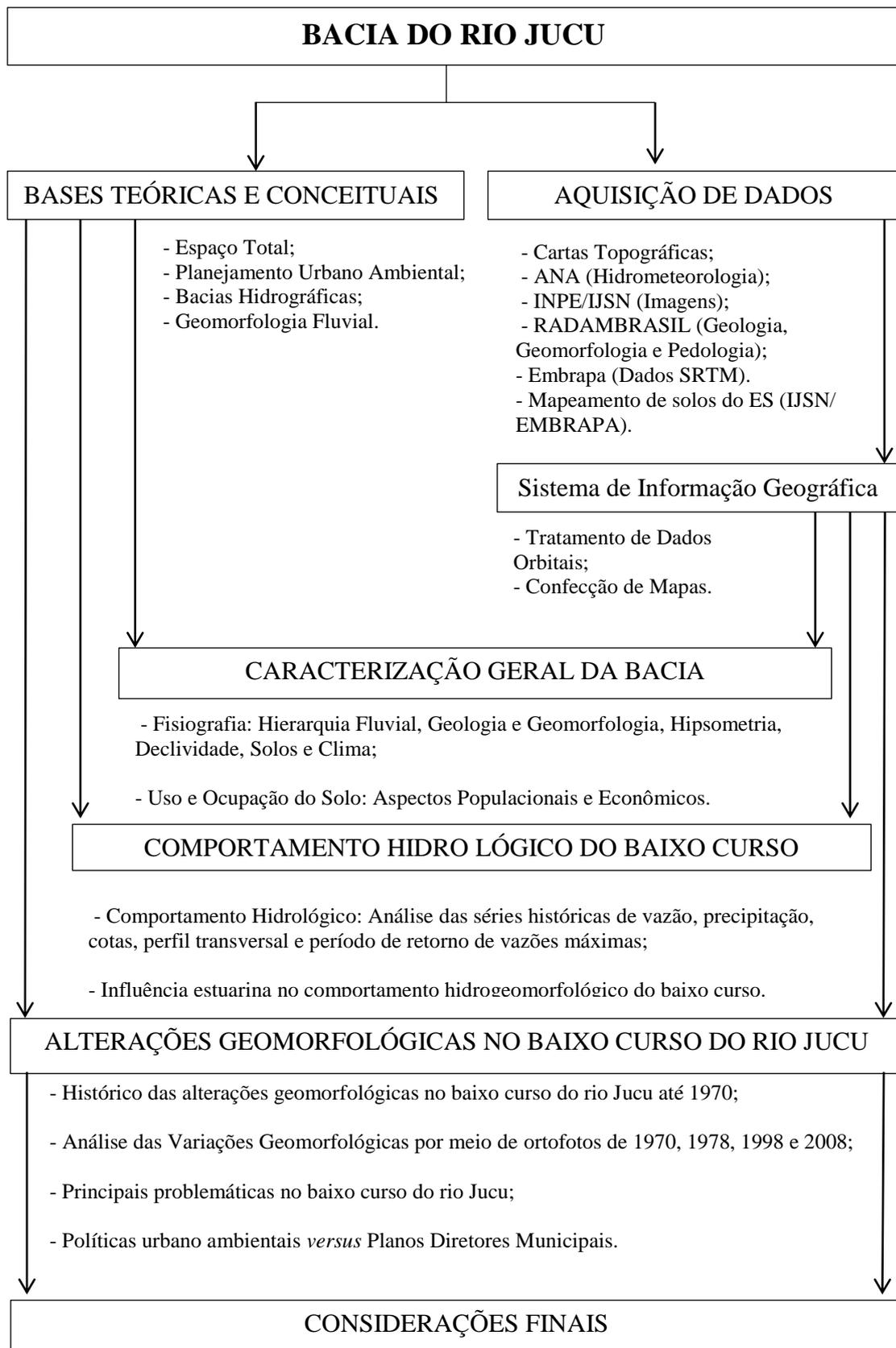


Figura 16 - Diagrama Síntese das Principais Etapas da Pesquisa.

### **3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU**

O estudo hidrogeomorfológico no baixo curso do rio Jucu (ES) apresenta-se de grande importância no contexto da análise socioambiental na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) e também a nível estadual, pois ajuda a compreensão da dinâmica física e socioeconômica ocorrida não só no baixo curso do rio Jucu, mas na bacia como um todo, mostrando a inter-relação entre os diferentes elementos naturais e sociais que a compõem e, por conseguinte, a importância da análise integrada do território.

Deste modo, o presente capítulo tem por finalidade fazer uma análise geral da bacia hidrográfica do rio Jucu, para posteriormente detalhar a área de estudo, iniciando com a caracterização morfológica da bacia, apoiada no uso de tecnologias como o SIG que permite calcular com mais precisão os seus limites, a área ocupada, os principais cursos d'água, hierarquia fluvial, hipsometria, declividades, precipitação média anual, organização geomorfológica e anomalias da rede de drenagem. Em seguida, apresenta-se a caracterização do uso e ocupação do solo na bacia, com ênfase nos aspectos populacionais e econômicos. São etapas de fundamental importância à pesquisa ao fornecer subsídios que juntos à fundamentação teórica e conceitual, servirão para melhor analisar os resultados encontrados e assim atingir satisfatoriamente os objetivos a que se propõe esta pesquisa.

#### **3.1 FISIOGRAFIA DA BACIA HIDROGRÁFICA**

A fisiografia de uma bacia hidrográfica diz respeito a um conjunto de dados e informações, extraídos em geral a partir de mapas, referentes à hidrografia, relevo, geologia, geomorfologia, clima, solos e outras características físicas e geográficas da bacia, imprescindíveis à interpretação e caracterização físicas da mesma.

### 3.1.1 Aspectos Gerais da Bacia

A Bacia Hidrográfica do Rio Jucu abrange uma superfície de 2.014 km<sup>2</sup>, cuja extensão de seus cursos d'água (segundo cartografia IBGE-1.50.000) é de aproximadamente 5.130 km total, com densidade de drenagem de 2,54km/km<sup>2</sup>, considerada alta<sup>28</sup>.

A bacia fica situada totalmente sob domínio estadual e abrange os municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, Viana, Vila Velha, Cariacica e Guarapari (Figura 17). O município de Domingos Martins e o de Marechal Floriano são totalmente abrangidos pela bacia, correspondendo o primeiro a aproximadamente 60% da área total da bacia e o segundo a 14,5%. Vila Velha, por sua vez, apesar de abrigar o maior percentual de áreas urbanizadas na bacia, não é totalmente abrangida por ela e sua área pertencente à bacia, corresponde a apenas 5% da área territorial da mesma (Tabela 8).

TABELA 08 - ÁREA TERRITORIAL DOS MUNICÍPIOS ABRANGIDOS PELA BACIA

Município	Área na Bacia do Rio Jucu (m)	% da Área da Bacia do Rio Jucu
Cariacica	6.700.000	0,33%
Vila Velha	103.332.000	5,13%
Guarapari	127.465.500	6,33%
Viana	263.343.000	13,07%
Marechal Floriano	292.611.200	14,53%
Domingos Martins	1.220.928.400	60,61%
<b>TOTAL</b>	<b>2.014.380.100</b>	<b>100,00%</b>

Adaptado: ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009.  
Org.: Miquelina Aparecida Deina.

Entretanto, um dos principais trechos do Jucu, o baixo curso, possui cerca de metade de sua extensão situada no município de Vila Velha, nas proximidades das áreas mais urbanizadas e/ou em processo crescente de urbanização.

A bacia do rio Jucu limita-se a Leste com a baía de Vitória, ao Norte e a Oeste com a bacia dos Reis Magos e Doce, a Sudoeste com a bacia do rio Itapemirim e ao Sul com as bacias do rio Benevente e Guarapari.

<sup>28</sup> “Densidade de drenagem é a relação existente entre o comprimento total dos rios de uma bacia hidrográfica com a área ocupada pela mesma. Calcula-se este índice, dividindo-se o comprimento total dos canais pela área da bacia hidrográfica” (GUERRA e GUERRA, 2005).

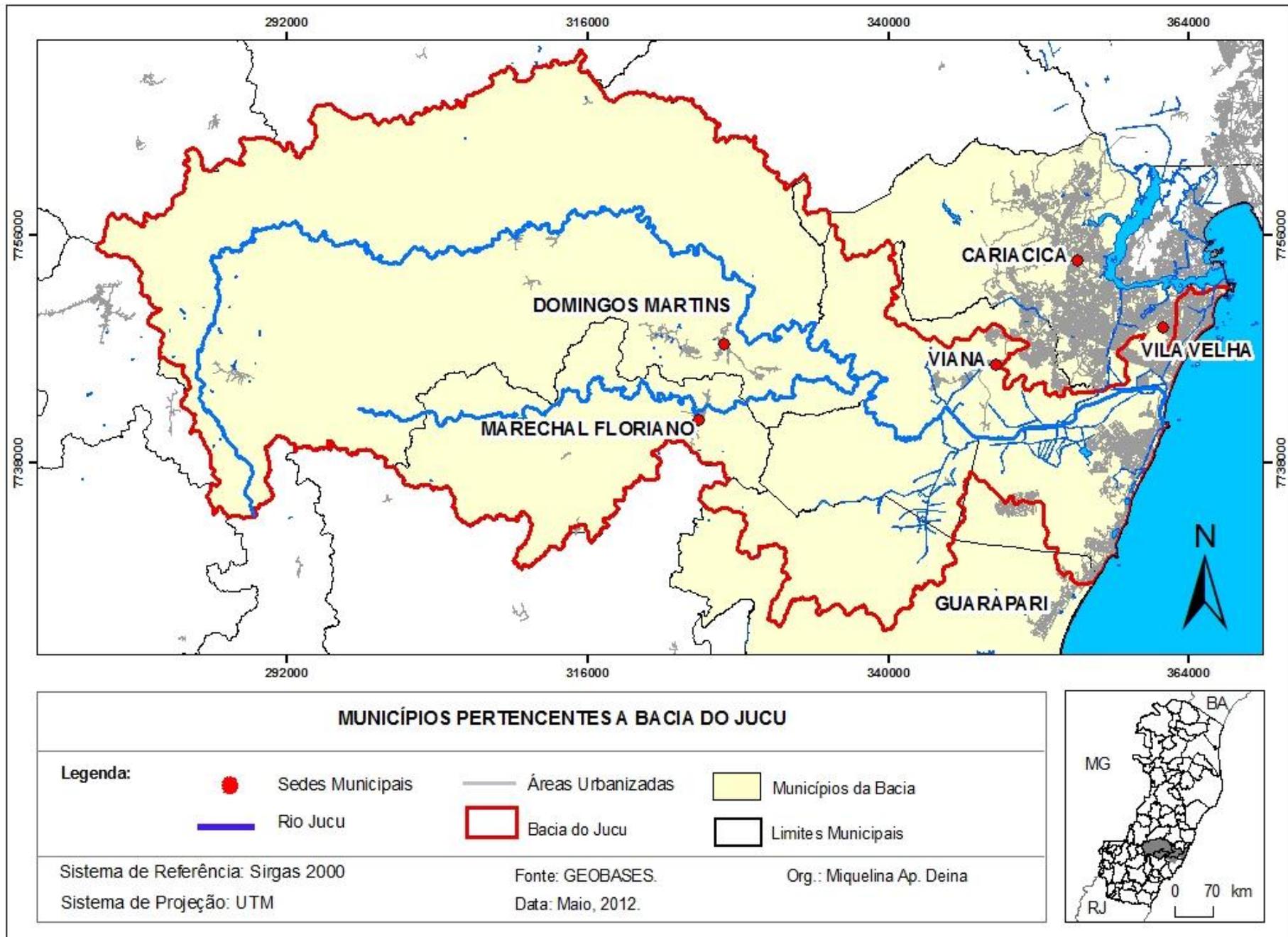


Figura 17 – Municípios pertencentes à bacia do Jucu.

O principal afluente do rio Jucu<sup>29</sup> é o rio Jucu Braço Sul que corta o município de Marechal Floriano e deságua no rio Jucu na divisa entre os municípios de Viana e Domingos Martins (ANA, 2012).

O rio Jucu Braço Norte nasce na região serrana do município de Domingos Martins, em cotas altimétricas de aproximadamente 1200m, acima no nível do mar, a Sudoeste de Domingo Martins, próximo ao Parque Estadual de Pedra Azul, na fronteira deste município com Vargem Alta, e seu curso se desenvolve numa extensão aproximada de 168 km até desaguar no município de Vila Velha, na praia da Barra do Jucu. De sua extensão total, por volta de 123 km compreendem o trecho conhecido como Braço Norte, enquanto os 45 km restantes correspondem ao do trecho do rio Jucu desde a confluência do Braço Sul até a foz.

O Rio Jucu Braço Sul é considerado o afluente mais importante do Rio Jucu, cuja nascente situa-se no interior do Parque Estadual da Pedra Azul, local de grande relevância turística do Estado, atravessando a área urbana do distrito Sede do município de Marechal Floriano (Figura 18) (CONSÓRCIO, 2001 *apud* HOLZ, 2012).



Figura 18 – a) Foto Rio Jucu em Marechal Floriano. Foto. André N. Coelho. b) Marechal Floriano cortado pelo rio Jucu Braço Sul. Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/18995388>. Acesso em: 02 jun. 2013.

Outros importantes afluentes são os córregos Barcelos, Ponte, Melgaço, D'antas, Jacarandá, Ribeirão Tijuco Preto, Córrego Biriricas, Santo Agostinho e Congo (ACQUATOOL

---

<sup>29</sup> Tanto o rio Jucu Braço Sul como o rio Jucu Braço Norte (formadores do rio Jucu) são citados em relatórios técnicos e na linguagem popular como afluentes do rio Jucu. Entretanto, para este estudo o termo afluente é corretamente aplicado apenas ao rio Jucu Braço Sul, pois o rio Jucu Braço Norte constitui parte integrante do canal principal do rio Jucu.

CONSULTORIA, 2009). Além destes, outro importante afluente da bacia do rio Jucu era o rio Formate que teve seu curso desviado no século XVIII pelos jesuítas para transportar mercadorias até a baía de Vitória. Esse desvio foi reforçado em 1950 pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), passando o mesmo a desaguar no rio Marinho em Cariacica (ANA, 2012; IEMA, 2009).

#### *a) Classificação Hierárquica*

A classificação hierárquica com base na proposta de Strahler (1952) permite melhor analisar a morfometria da bacia, a partir dos seus diferentes padrões de drenagens, que auxiliam no gerenciamento físico-econômico da bacia. A hierarquização da drenagem da bacia do Jucu está distribuída em seis ordens, a contar da 1ª a 6ª ordem (Figura 19).

Os canais de 1ª ordem estão distribuídos ao longo de toda a bacia, tanto no sentido Leste-Oeste quanto Norte-Sul, pois estes acompanham o canal principal com seus tributários, que se estende por uma longa extensão no sentido Oeste-Leste da bacia e ajudam a formar uma rede de drenagem bastante densa.

Os canais de 2ª ordem também se estendem por toda a bacia com orientação preferencial Norte-Sul, principalmente na parte central da bacia onde se localizam algumas áreas de falhas geológicas neste mesmo sentido.

Os canais de 3ª ordem encontram-se distribuídos em sua maioria, mais ao Norte da bacia, acompanhando alguns deles as linhas de falhas mencionadas.

Os canais de 4ª ordem são, majoritariamente, os afluentes do rio Jucu Braço Sul. Este último, por sua vez, constitui o canal de 5ª ordem, com orientação no sentido Oeste-Leste, cuja confluência com o rio Jucu Braço Norte dá origem ao rio Jucu, que se constitui em um canal de 6ª ordem, fluindo em direção ao Oceano Atlântico no sentido Oeste-Leste até desaguar na praia da Barra do Jucu em Vila velha (ES).

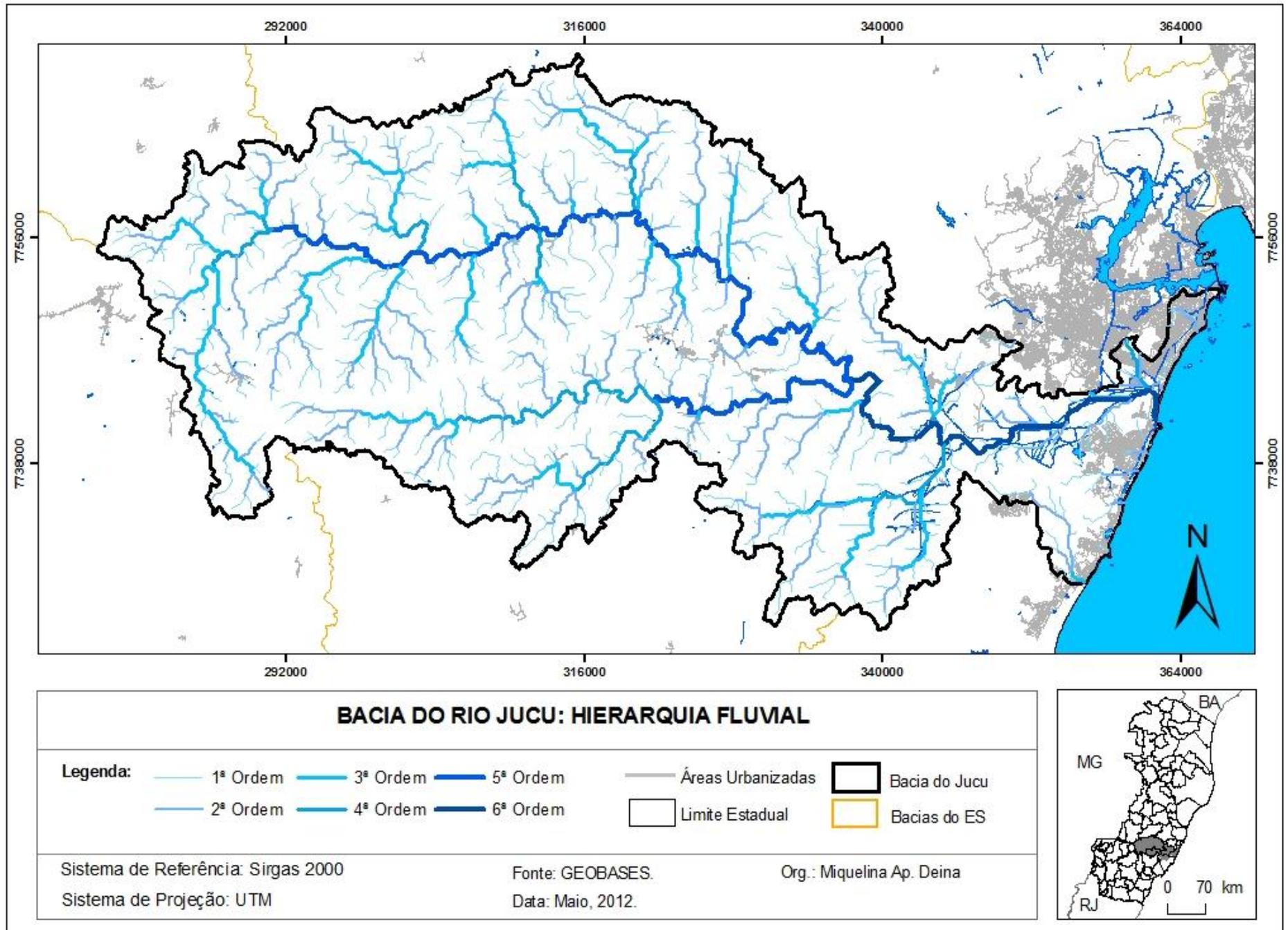


Figura 19 – Hierarquia fluvial da bacia do Jucu elaborada a partir do uso do SIG, com seis ordens de canais conforme proposta de Strahler (1952).

### 3.1.2 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

#### *a) Geologia*

A bacia hidrográfica do rio Jucu, de acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1983) (Figura 20), tem sua geologia representada por rochas com idades que variam desde o Pré-Cambriano até o Terciário-Quaternário / Recente, havendo grandes lacunas estratigráficas do Paleozoico ao Mesozoico. As rochas com idades do Pré-Cambriano são representadas, em sua maioria, pelo Complexo Paraíba do Sul que abrange quase a totalidade da bacia, desde o extremo Oeste do município de Domingos Martins até áreas bem próximas ao litoral.

Quanto à área litorânea da bacia, esta é representada por unidades geológicas que datam do Terciário ao Quaternário recente. O terciário representado pelas formações do Grupo Barreiras, localizadas principalmente ao sul da foz do rio Jucu, ao longo do litoral e constituídas por arenitos e sedimentos areno-argilosos com laterização. Nas proximidades da foz encontram-se os sedimentos marinhos que datam do quaternário, constituindo as restingas e os cordões litorâneos presentes na região. Além disso, são encontrados nas várzeas do rio, baixo curso mais próximas à foz, os depósitos aluvionares, constituídos basicamente por sedimentos argilo-arenosos.

#### *b) Geomorfologia*

A geomorfologia correspondente à área da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu (RADAMBRASIL, 1983) (Figura 20), representada basicamente por dois domínios morfoestruturais: o Domínio dos Depósitos Sedimentares e o Domínio dos Dobramentos Remobilizados. O Domínio dos Depósitos Sedimentares compreende as planícies costeiras localizadas nas proximidades da foz do rio Jucu e nas várzeas do baixo curso. Encontram-se também sobre esse domínio os tabuleiros costeiros, localizados no litoral, ao sul da foz do Jucu.

Paralelo à faixa litorânea correspondente aos depósitos sedimentares, no sentido Leste-Oeste, há uma pequena faixa constituída pelas colinas e maciços costeiros distribuída nas várzeas do rio Jucu e que pertence ao Domínio dos Dobramentos Remobilizados. Sobre este domínio estão presentes também os Patamares Escalonados do Sul Capixaba, que representam a maior parte da bacia, se estendendo desde as proximidades do litoral, no sentido Leste-Oeste, até o extremo Oeste do município de Domingos Martins.

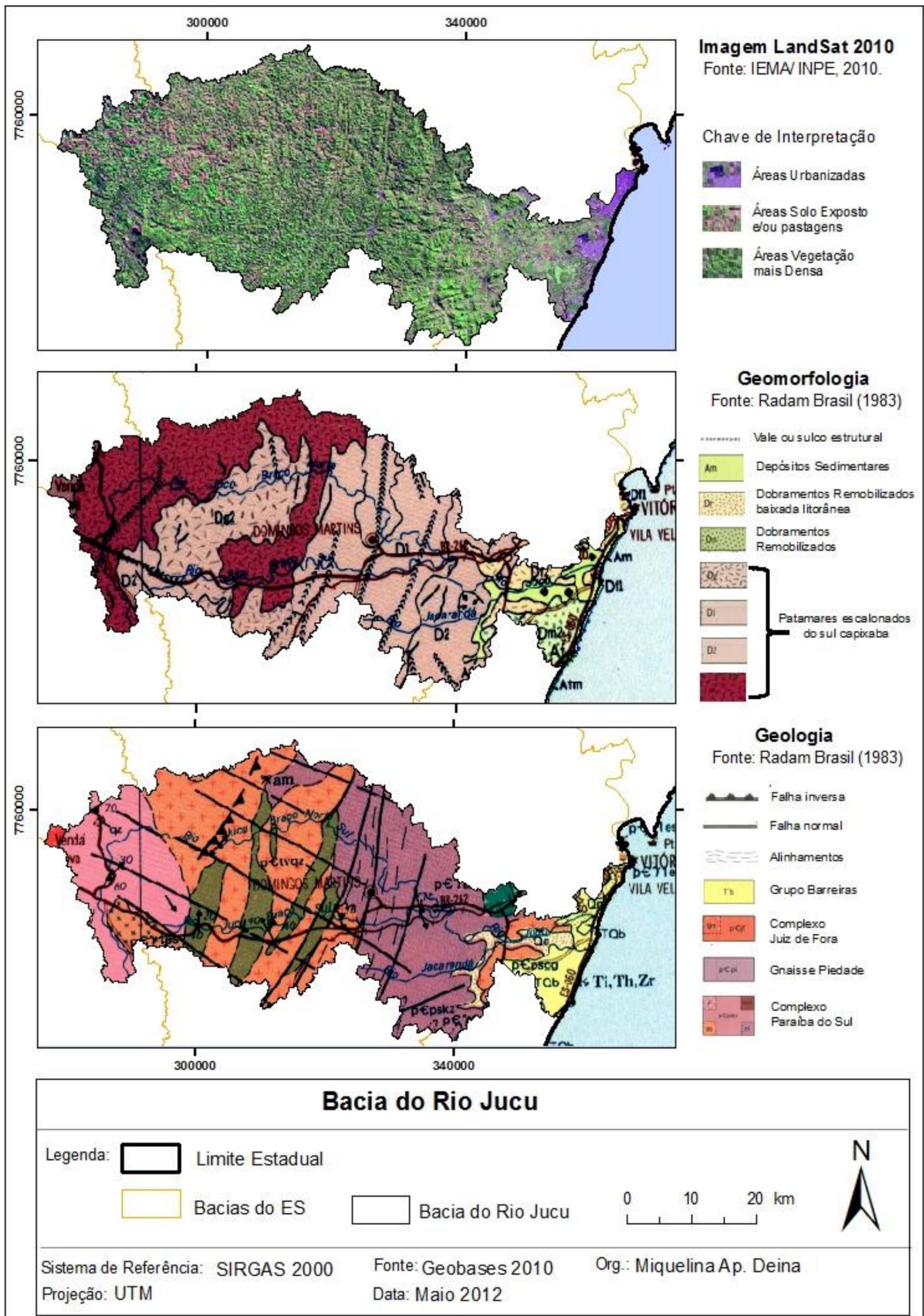


Figura 20 – Geologia e Geomorfologia, extraídos da carta RADAMBRASIL (Folhas SF. 23/24 Vol. 32), e Imagem de Satélite LANDSAT (2010) da Bacia do Rio Jucu. Fonte: Adaptado de RADAMBRASIL (1983); INPE (2010).

### c) Hipsometria da Bacia

Através do mapa hipsométrico (Figura 22) é possível analisar mais detalhadamente as características do relevo na bacia do Jucu, sendo este constituído por cotas altimétricas que variam entre 0 a 2000 metros. Tanto os rios Jucu Braço Norte como o Jucu Braço Sul nascem na região serrana da bacia, à Sudoeste, cujas altitudes estão intercaladas entre 1000 a 1500 metros. A maior parte do percurso que ambos os braços do rio Jucu percorre segue o sentido geral Oeste-Leste, cortando grande parte da região serrana em cotas altimétricas que variam, majoritariamente, entre 500 a 1000 metros. Além disso, as altitudes do relevo na bacia decrescem progressivamente em sentido Leste, estando a confluência do rio Jucu Braço Sul no rio Jucu Braço Norte situada entre as classes altimétricas de 150 a 500 metros. Da confluência do Jucu até a sua desembocadura no oceano, as cotas altimétricas variam predominantemente entre 0 a 500 metros, decrescendo progressivamente em direção à foz.

Com base no perfil longitudinal (Figura 21), nas classes altimétricas estabelecidas para o mapa hipsométrico (Figura 22) e no percurso do rio Jucu ao longo da bacia, determinou-se para este estudo os limites entre o alto, médio e baixo curso do rio Jucu.

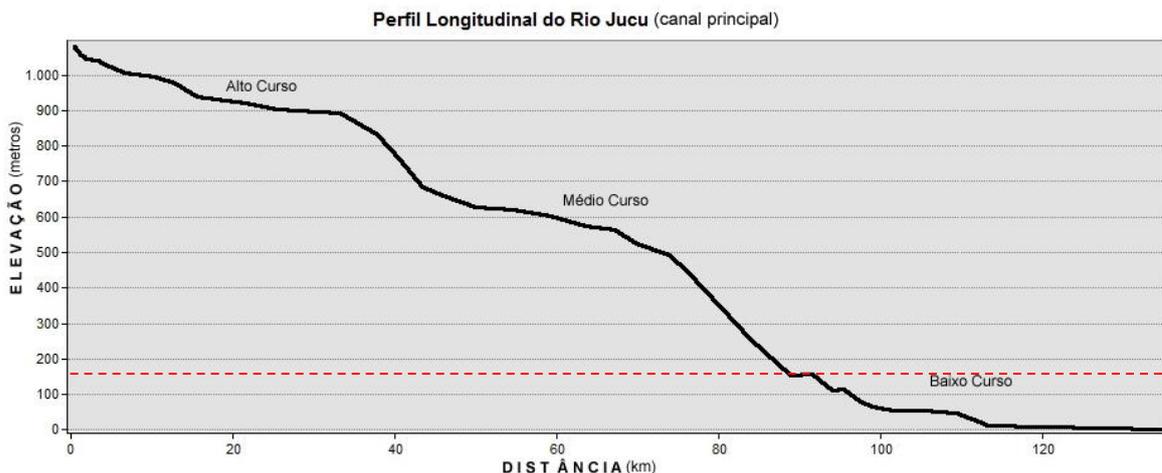


Figura 21 – Perfil longitudinal do rio Jucu. Linha tracejada vermelha correspondente a altitude estabelecida como limite entre baixo e médio curso do rio.

Org.: Miquelina Deina.

Com base no perfil longitudinal do rio Jucu, observa-se que o baixo curso se estende entre as altitudes de 0 a 150m, onde ocorre a quebra no traçado do perfil longitudinal entre o baixo e médio curso (Figuras 21). Essa quebra indica, sobretudo, a perda progressiva na capacidade e competência do fluxo. É importante assinalar que, segundo dados da ANA

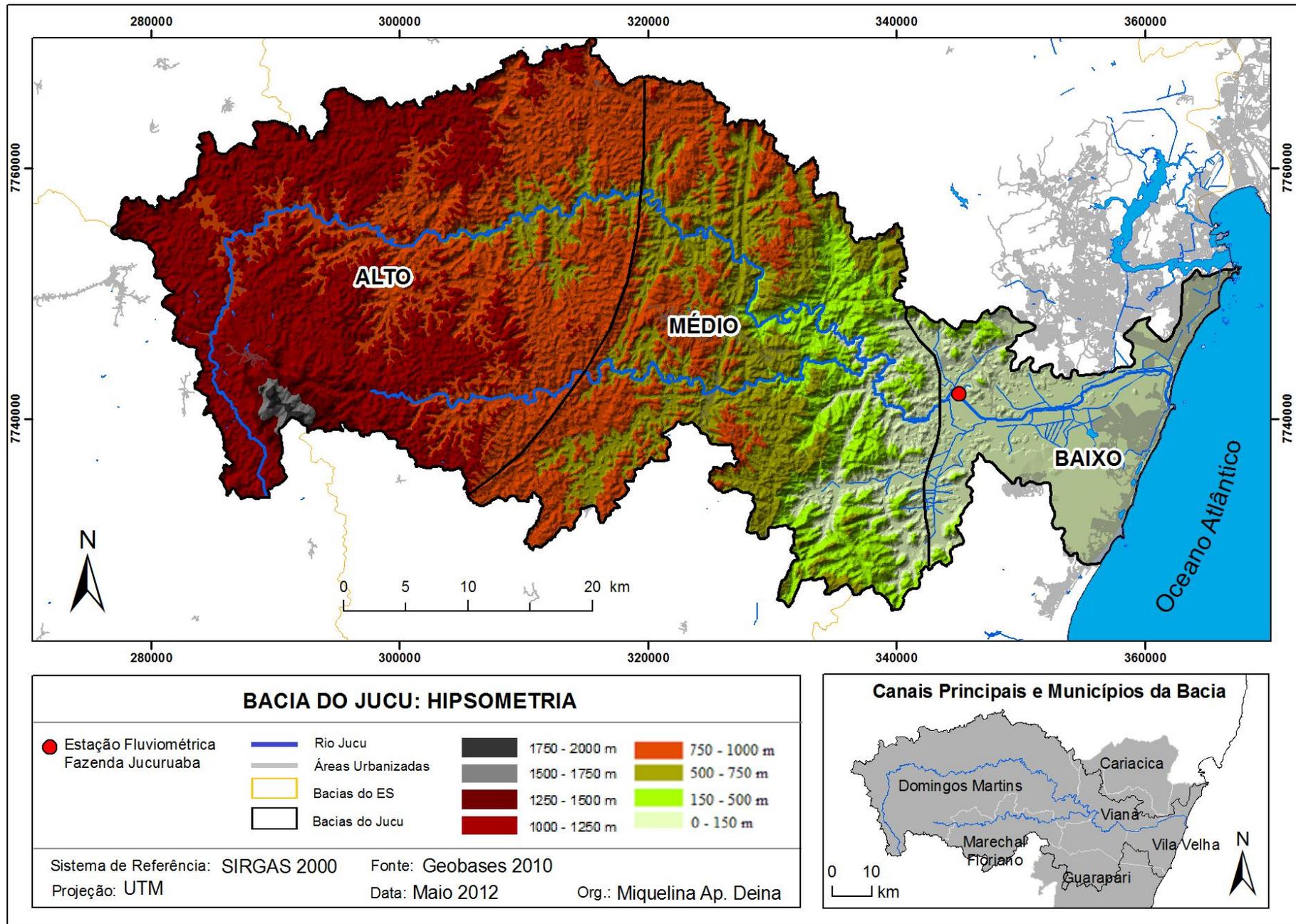


Figura 22 - Hipsometria da bacia do Jucu, com divisão entre alto, médio e baixo curso, delimitados com base no perfil longitudinal, nas costas altimétricas, no arranjo estrutural e nos divisores topográficos da bacia.

e confirmados através de SIG, a Estação Fazenda Jucuruaba situa-se numa altitude de aproximadamente 40m. Além disso, o mapa hipsométrico ajudou a traçar os limites entre, baixo, médio e alto Jucu, com base no arranjo dos vales fluviais presentes nesta porção da bacia e que coincidem conseqüentemente às cotas altimétricas citadas acima. Além disso, o arranjo espacial de alguns cursos d'água da bacia segue o alinhamento estrutural da região, que neste caso específico da delimitação entre baixo e médio curso, cortam o rio principal e sua planície fluvial em sentido geral Norte-Sul.

Quanto ao médio curso, por sua vez, compreende-se que este abrange, maiormente, as altitudes entre 150 a 750 metros, enquanto o alto curso conseqüentemente localiza-se nas porções da bacia acima de 750 metros. Entretanto, o limite entre o médio e alto curso não teve nenhum referencial mais exato de demarcação, apenas o perfil longitudinal e a altitude da região, haja vista que esta área não se constitui no objeto primordial da pesquisa. Porém, na medida do possível levaram-se em consideração também os alinhamentos estruturais da região juntamente com os divisores topográficos para delimitar com mais critérios o respectivo traçado.

#### *d) Declividade da Bacia*

Paralelo a essas informações, foi elaborado mapa de declividade (Figura 23) em seis classes de relevo com base na classificação da EMBRAPA (2006), variando entre: Plano (0 a 2,9%); Suave Ondulado (3 a 7,9%); Ondulado (8 a 19,9%); Forte Ondulado (20 a 44,9); Montanhoso (45 a 74,9%) e Escarpado (> 75%).

TABELA 9 – PADRÕES DE RELEVO DA BACIA DO JUCU - CLASSIFICAÇÃO DA EMBRAPA (2006)

DECLIVIDADES DA BACIA	CLASSIFICAÇÃO EMBRAPA	ÁREA DA BACIA	PERCENTUAL DA ÁREA
0 – 2,9%	Plano	125,430	6,20
3 – 7,9%	Suave Ondulado	247,775	12,30
<b>8 – 19,9%</b>	<b>Ondulado</b>	<b>700,890</b>	<b>34,80</b>
<b>20 – 44,9%</b>	<b>Forte Ondulado</b>	<b>795,270</b>	<b>39,50</b>
45 – 74,9%	Montanhoso	140,200	6,95
> 75%	Escarpado	4,70	0,25

Fonte: EMBRAPA (2006).  
Org.: Miquelina Deina.

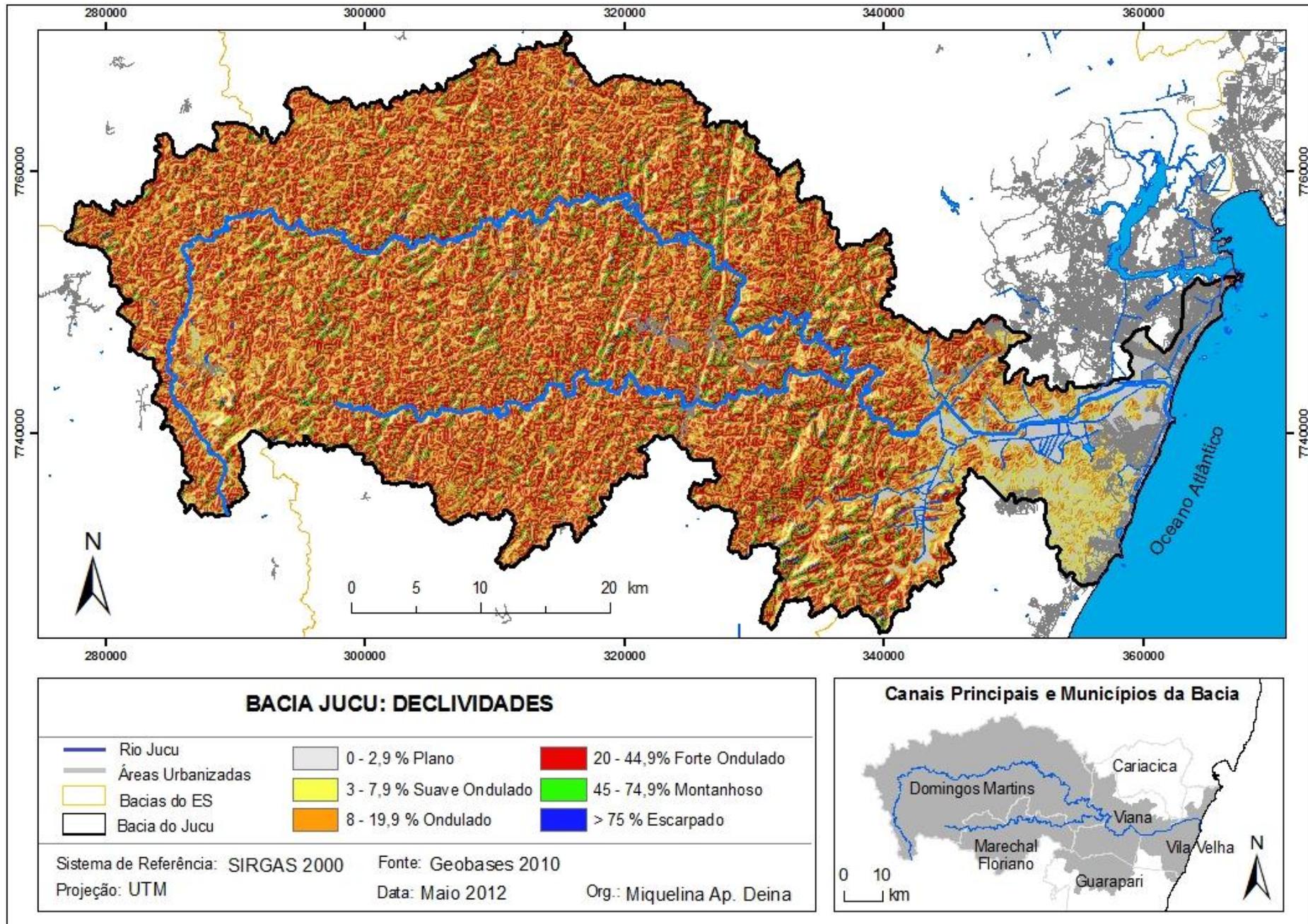


Figura 23 – Declividade da bacia do Jucu, com mais de 70% da área classificada por relevo *ondulado a fortemente ondulado*, segundo proposta da EMBRAPA (2006).

Segundo esta classificação, observa-se que mais de 70% da bacia possui relevo ondulado (34,8% da área da bacia) a fortemente ondulado (39,5% da área da bacia) (Tabela 9). Apenas 6,2% da área total da bacia possui relevo plano, estando estas situadas especialmente nas porções próximas à foz do rio. O relevo suavemente ondulado corresponde a 12,3% da área, enquanto as porções classificadas como montanhosas constituem apenas 6,95% da área da bacia e somente 0,25% do relevo da bacia foi classificado como escarpado.

De modo geral, nota-se que o relevo da bacia do Jucu é bastante acidentado, apresentando dois conjuntos orográficos bastante distintos: o domínio serrano e o domínio da baixada. O domínio serrano é representado pelos maciços costeiros e montanhas, com declividades que em geral variam de 45 a 75% principalmente na parte central da bacia, podendo em algumas localidades ser superior a 75%. O domínio das baixadas, por sua vez, é representado pelos tabuleiros e planícies costeiras, com declividades que variam em geral entre 0 a 20%.

### 3.1.3 Clima

A bacia do rio Jucu encontra-se totalmente inserida na faixa do Hemisfério Sul (clima tropical úmido em escala macro), caracterizada por uma diversidade climática considerável. Essa variedade deve-se a um conjunto de fatores como a posição geográfica (latitude/continentalidade/maritimidade), as características de relevo/topografia e a atuação de diferentes massas de ar<sup>30</sup>, principal elemento determinante do clima, pois mudam bruscamente o clima nas áreas onde atuam (FERREIRA, 2006 *apud* COELHO, 2007).

No estado do Espírito Santo a complexidade do relevo está entre os fatores mais decisivos na determinação climática, apresentando temperaturas mais baixas a Oeste e temperaturas mais elevadas nas planícies costeiras (AMARANTE, 2009). Tais características são igualmente observadas na área de abrangência da bacia do rio Jucu.

Com base na classificação de Köppen, o clima da bacia é constituído por dois tipos principais bastantes distintos (VALE, 2004; ANA, 2012):

---

<sup>30</sup> No litoral Sudeste do Brasil atuam especialmente: a Massa Tropical Atlântica (ou Massa Tropical Marítima), de característica quente e úmida, responsável por uma estação mais chuvosa, que se estende comumente de novembro a abril; e, as Massas Polares, que atingem o Sul e Sudeste do Brasil no inverno, responsável pela estação mais seca no ano (VAREJÃO SILVA, 2006).

- O tropical quente e úmido (Af), localizado na região litorânea da bacia, onde são registrados um dos menores índices de precipitações, entre 1100-1300 mm/ano, cuja temperatura média do mês mais frio é maior que 18°C.
- O tropical de altitude (mesotérmico) é encontrado na região serrana da bacia. Possui temperaturas amenas no verão, atingindo médias inferiores a 10°C nos meses mais frios (AMARANTE, 2009) e intensas precipitações orográficas em vários períodos do ano. É subdividido em:
  - Mesotérmico sem estação seca (Cf), situado na parte central da bacia, onde se localizam as maiores cotas altimétricas e os maiores índices pluviométricos, acima de 1500 mm/ano podendo atingir até 2000 mm/ano aproximadamente (Figura 22);
  - Mesotérmico com estação seca (Cw), localizado mais a Noroeste da área em estudo, onde são registrados índices pluviométricos menores, em geral, abaixo de 1300 mm/ano, além da presença de verões mais quentes (Figura 24).

A precipitação média anual, com base na Série Histórica das Estações Hidrometeorológicas monitoradas pela ANA, aponta que esta é bastante variável na bacia. Devido às chuvas orográficas, os índices de precipitação na região serrana são mais elevados (Figura 24). Nas cabeceiras, é da ordem de 1400–1600 mm; na parte Oeste oscila entre 1100–1400 mm e, nas porções centrais e Norte, alcança entre 1400 e 1900 mm, chegando a atingir, nas áreas circunvizinhas à cidade de Domingos Martins, mais de 2000 mm/ano. Já na porção litorânea, que abrange o baixo curso do rio Jucu, os índices pluviométricos situam-se entre 1100 a 1300 mm aproximadamente.

O regime hidrológico fluvial é perene e bem definido e, de modo geral, acompanha a pluviosidade da bacia (Figura 25). Entre os meses de novembro a abril aproximadamente está o período das águas altas dos rios, com as maiores vazões observadas nos meses dezembro (de 40,45 m<sup>3</sup>/s) e janeiro (40,86 m<sup>3</sup>/s), conforme medições feitas na Estação Fazenda Jucuruaba. Enquanto os meses de maio a outubro são, em geral, os meses mais secos durante o ano, com vazões mínimas ocorrendo frequentemente em agosto (16,03 m<sup>3</sup>/s) e setembro (16,42 m<sup>3</sup>/s).

Como já observado, os índices de vazão, em geral, acompanham a precipitação. Registra-se para esta última uma média mensal de 106,85mm de chuva na Estação Fazenda Jucuruaba. Os meses com os maiores índices de precipitação se estendem de outubro a março, com os

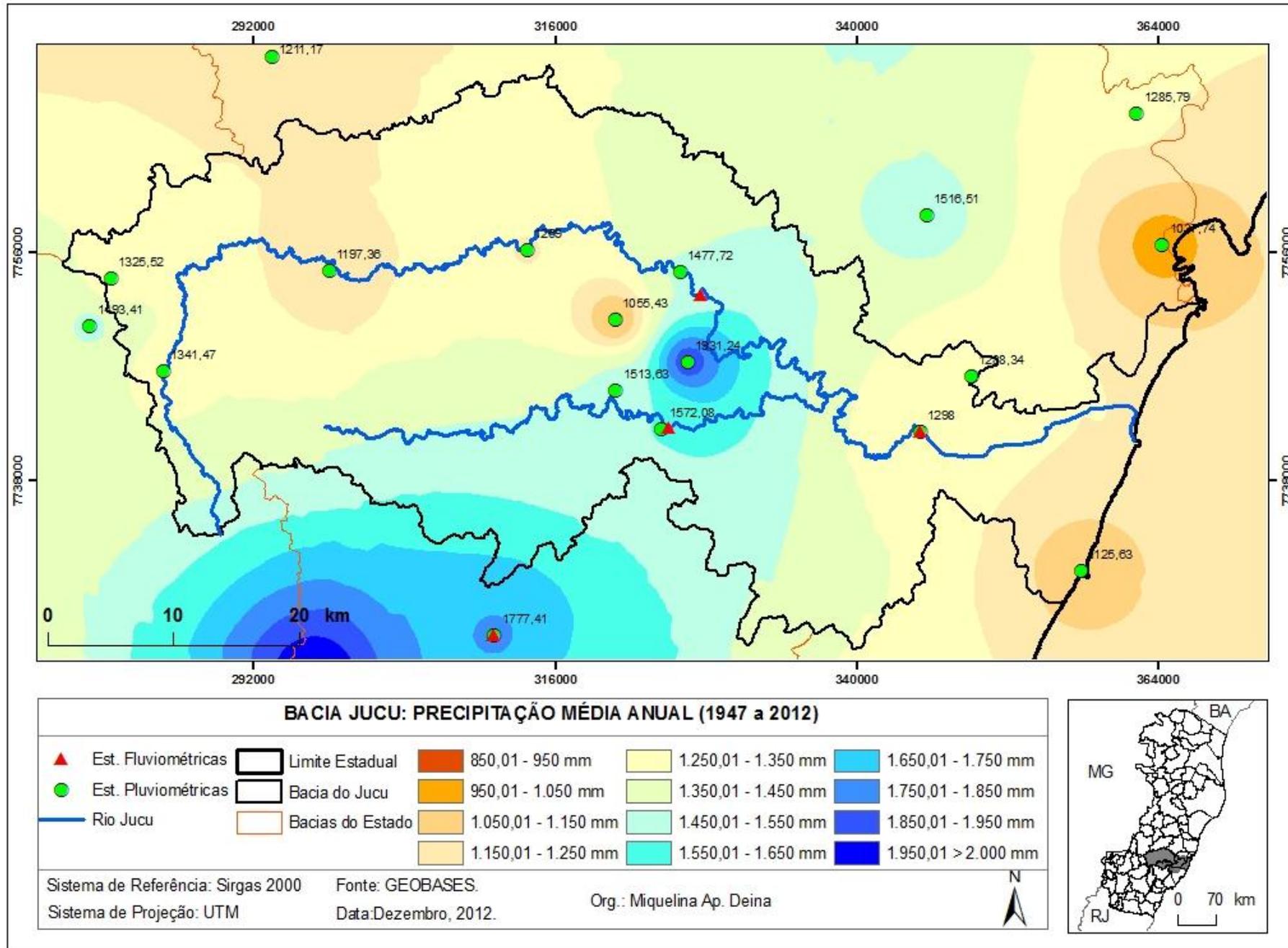


Figura 24 – Precipitação média mensal da bacia do rio Jucu, conforme dados obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2012) do ano de 1947 a 2012.

maiores registros em novembro (178,4 mm/a) e dezembro (190,01 mm/ano). As menores precipitações observadas se estendem do mês de abril a setembro, com os menores índices nos meses de junho (50,01 mm/ano) e agosto (47,9 mm/no).

É importante observar que apesar da vazão, em geral, acompanhar os índices de precipitação da bacia, nesta estação de medição observa-se que a vazão responde ao aumento do índice de precipitação com certo retardo, tendo em vista que o período das águas altas dos rios só começa por volta do mês de novembro enquanto a precipitação já passa a sofrer significativo aumento no mês de outubro.

Entretanto, sendo este o início da estação chuvosa, tal comportamento pode ser explicado pelo fato das vegetações e solos no início da estação chuvosa estarem ainda muito secos, absorvendo neste período uma quantidade muito maior de água e conseqüentemente limitando o total desta a ser escoado para os cursos d'água.

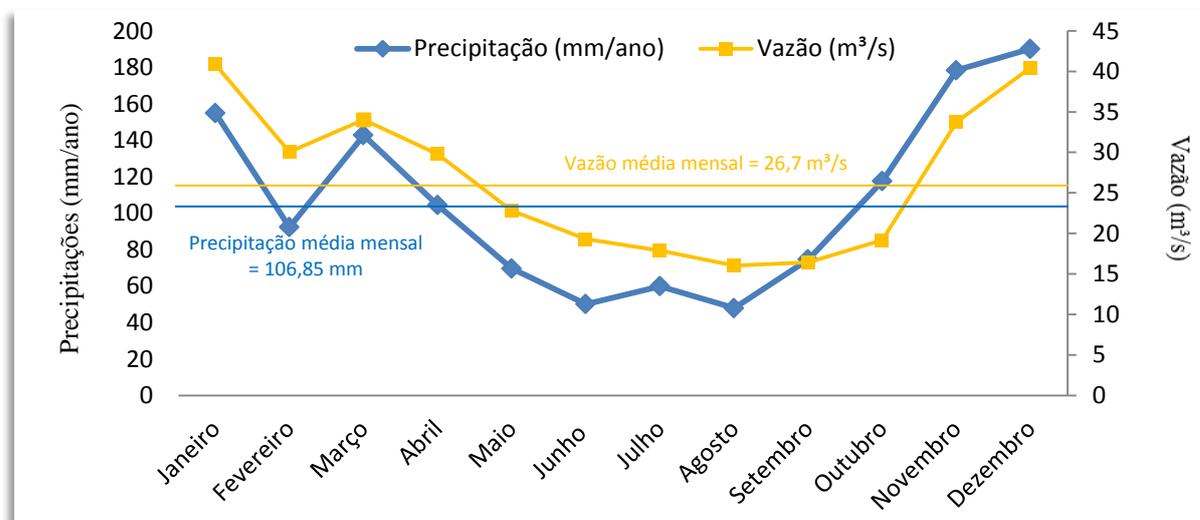


Figura 25 – Vazão e precipitação média mensal referente à Estação Fazenda Jucuruaba conforme dados obtidos da ANA (2012).

Somado a estes fatores, a atuação das massas de ar nesta região também é significativa, com destaque especialmente para a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Nos últimos anos o monitoramento da ZCAS, efetuado pelo Climanalise (CPTEC/INPE), mostram que esta influencia significativamente as condições climáticas do Sudeste brasileiro e outras regiões (ROCHA e GANDU, acesso em 02 jun. 2013).

Segundo informações do Climálise (ROCHA e GANDU, acesso em 02 jun. 2013), os estudos da ZCAS mostram que este é um dos mais importantes fenômenos na escala intra-sazonal, que ocorre durante o verão na América do Sul, com episódios de estiagem prolongada e inundações que atingem diversas regiões do país. Os mecanismos que originam e mantêm a ZCAS não estão ainda totalmente definidos, porém, estudos observacionais e numéricos indicam que este sistema sofre influências tanto de fatores remotos quanto locais. As influências remotas indicam relações com a convecção na Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS), que modulam o início, duração e localização da ZCAS. As influências locais relacionam-se ao papel da convecção na região Amazônica (ROCHA e GANDU, acesso em 02 jun. 2013).

No entanto, independentemente dos fatores responsáveis pela atuação da ZCAS, o fato é que o seu monitoramento constante, pelo Climanálise, tem contribuído significativamente para confirmar a influência deste fenômeno no território brasileiro, caracterizados por episódios de estiagem prolongada ou por inundações, como vem ocorrendo na bacia hidrográfica do rio Jucu, situada no Estado do Espírito Santo.

### **3.1.4 Solos**

Conforme dados do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, da Embrapa (2006) os tipos de solos predominantes na área de abrangência da bacia do rio Jucu (Figura 26) são Cambissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo e os Neossolos Flúvicos, Litólicos e Quartzarênicos. Além disso, encontram-se afloramentos rochosos e áreas alagadas.

#### *a) Cambissolo Háplico*

O tipo Cambissolo Háplico é encontrado ao Norte e Oeste de Domingos Martins, com maior representatividade no município de Marechal Floriano, abrangendo sua porção Sul-Sudoeste. É um solo pouco desenvolvido, com horizonte B incipiente. Constitui um solo distrófico, cuja fertilidade é média ou baixa, com horizonte A<sub>1</sub> moderado, textura argilosa e média e ocorre em relevo montanhoso e forte ondulado (EMBRAPA, 2006).

Por este motivo é um solo pouco profundo e, frequentemente, cascalhento, sendo considerado "jovem", pois possui minerais primários e altos teores de silte, mesmo em horizontes superficiais. Apresenta permeabilidade muito baixa por possuir alto teor de silte e pouca profundidade, tendo como maior problema o risco de erosão (EMBRAPA, 2006). De acordo

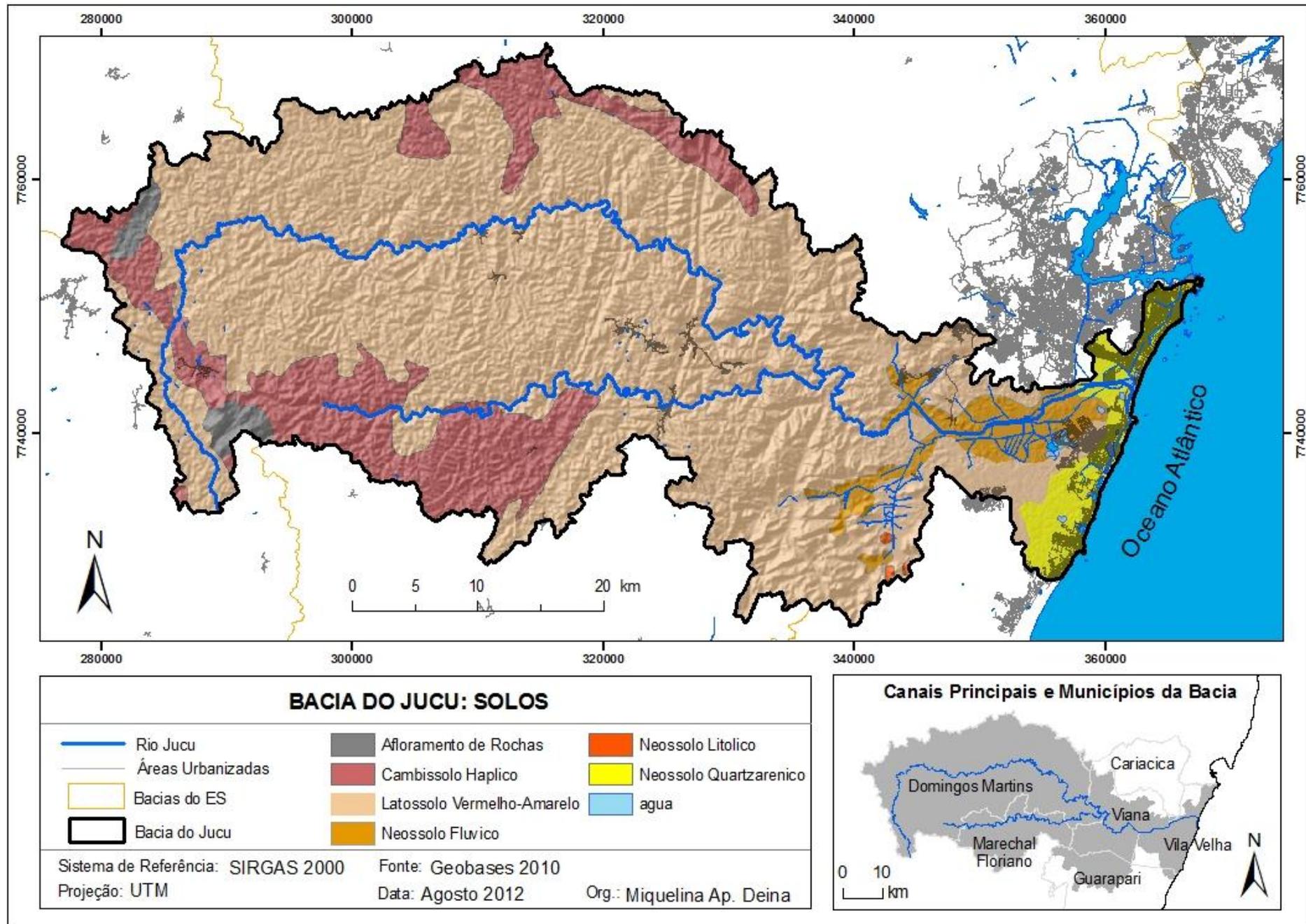


Figura 26 – Solos da bacia do Jucu, segundo classificação do IJSN com base no Novo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006).

com Lepsh (2002) em regiões serranas devido ao forte declive, os solos não conseguem se desenvolver plenamente, por isso preponderam os Neossolos Litólicos e Cambissolos diversos.

*b) Latossolo Vermelho-Amarelo*

O Latossolo Vermelho-Amarelo é o mais representativo da região em estudo, pois abrange quase toda a bacia. Estende-se desde o extremo Oeste de Domingos Martins, abarcando quase todo este município, assim como a maior parte do município de Viana e grande parcela dos municípios de Marechal Floriano, Guarapari e Vila Velha.

Compreende solo formado por material mineral, com horizonte B latossólico. Encontra-se em avançado estágio de intemperização, muito evoluído devido ao resultado de ativas transformações no material constitutivo. Em geral, é bem drenado e normalmente muito profundo. Costuma ser muito ácido, com baixa saturação por bases, distrófico ou alumínico.

Além disso, está distribuído principalmente por extensas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos. Contudo, pode ocorrer em áreas mais acidentadas, inclusive em relevo montanhoso. É originado a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos e em diversos tipos de climas e vegetação (EMBRAPA, 2006).

Segundo Lepsh (2002), na região Sudeste do Brasil, onde o relevo é do tipo mamelonar (mares de morros) predominam Argissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos, desenvolvidos, principalmente, em materiais oriundos de granitos, gnaisses e xistos.

Os Neossolos, por sua vez, são solos pouco evoluídos compostos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006). Na bacia hidrográfica do rio Jucu, encontramos os seguintes subtipos de Neossolos:

*c) Neossolo Flúvico*

Na bacia do Jucu este solo é encontrado na região do baixo curso do canal principal, a partir de suas margens, estendendo-se de Viana à foz do Jucu em Vila Velha, além de estar presente em regiões que margeiam afluentes do baixo curso. É um tipo de solo derivado de sedimentos

aluviais com horizonte A assentado sobre horizonte C, constituídos de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si.

O Neossolo Flúvico situa-se em planícies aluviais e em função do relevo, apresenta profundidades efetivas variadas. Contudo, predominam solos mais profundos, cujo fator limitante é a presença de lençol freático. Em geral, é de fácil preparo e rico em minerais primários, sobretudo micas (EMBRAPA, 2006).

#### *d) Neossolo Litólico*

O tipo Neossolo Litólico quase não possui representatividade na bacia, pois é encontrado apenas na porção Sul do baixo curso, nas localidades do município de Guarapari. É um solo com horizonte A ou hístico, assentado diretamente sobre a rocha, ou sobre um horizonte C ou Cr ou, sobre material com 90% ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha de diâmetro maior que dois milímetros (cascalhos, calhaus e matacões). Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006).

#### *e) Neossolo Quartzarênico*

O Neossolo Quartzarênico possui considerável expressão na região do baixo curso do Jucu até o limite com o oceano, de extensão Norte-Sul. É essencialmente quartzoso, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo).

Possui baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água e devido à baixa adesão e coesão apresenta elevada erodibilidade, sendo em geral muito profundo. Em função da textura grosseira, é bastante poroso e com elevada permeabilidade. Tal característica, juntamente com a baixa capacidade de adsorção, caracteriza-o como pouco adequado para receber efluentes que contenham produtos tóxicos devido à facilidade de contaminação dos aquíferos (EMBRAPA, 2006).

## 3.2 ASPECTOS POPULACIONAIS E ECONÔMICOS

### **3.2.1 População**

Com base no senso demográfico do IBGE em 2010, o Espírito Santo representa 1,8% da população brasileira, constituindo o décimo quinto Estado mais populoso da Federação. Nesta última década a população do Estado alcançou o total de 3.514.952 habitantes, contingente 13,6% (420.562 habitantes) superior ao registrado em 2000 (3.094.390 habitantes). Este crescimento foi, sobretudo, superior ao apresentado pela média nacional (12,5%) (IJSN, 2010; IBGE, 2012).

Entre os dez municípios que atingiram o maior crescimento populacional do Estado do Espírito Santo em 2010, quatro deles pertencem à bacia hidrográfica do rio Jucu, em ordem decrescente, a saber: Vila Velha, Cariacica, Viana e Guarapari. Os outros seis municípios são Vitória, Serra, Marataízes, Piúma, Cachoeiro de Itapemirim e Venda Nova do Imigrante (IJSN, 2010; IBGE, 2012).

O município mais populoso da bacia, segundo o censo demográfico de 2010 (Figura 27), é Vila Velha, com pouco mais de quatrocentos mil habitantes e por onde corre o maior trecho do baixo curso do rio Jucu. Em seguida, vem Cariacica com aproximadamente trezentos e cinquenta mil habitantes, porém, a porção territorial deste município pertencente à bacia corresponde a menos de 1% da área total da mesma (Tabela 08). Guarapari além de ter uma população relativamente pequena em comparação aos já citados, com pouco mais de cem mil habitantes, corresponde a pouco mais de 6% da área da bacia.

Já os municípios de Marechal Floriano que é atravessado pelo rio Jucu Braço Sul e Domingos Martins por onde passa o Jucu Braço Norte, são os que possuem a menor população, sendo de aproximadamente quatorze mil e trinta e um mil habitantes, respectivamente. Todavia, ambos abrangem a maior área territorial da bacia (Tabela 8), com destaque para Domingos Martins que representa mais de 60% da área total da mesma. Nestes dois municípios os principais impactos sobre a bacia não se dão em função do adensamento populacional, mas sim pela forma de uso da terra destinada majoritariamente a agricultura. Viana, por sua vez, abrange considerável parcela do baixo curso do rio Jucu e sua população é de aproximadamente sessenta e cinco mil habitantes.

O crescimento populacional dos municípios pertencentes à bacia do Jucu foi bastante acelerado da década de 1970 até os dias atuais para a maioria deles (Figura 27), exceto para Marechal Floriano e Domingos Martins que tem suas economias baseada principalmente na agricultura. Já nos demais municípios a população multiplicou-se rapidamente. Em Vila

Velha, por exemplo, a população passou de, aproximadamente, cento e vinte três mil em 1970 para quatrocentos e quatorze mil em 2010, ou seja, a população em quatro décadas mais do que triplicou.

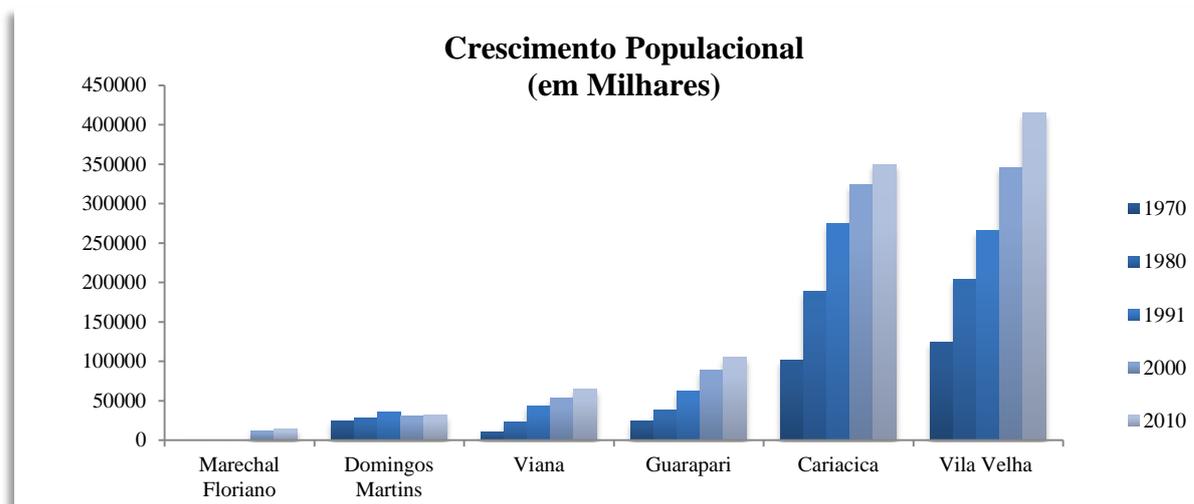


Figura 27 – Crescimento populacional dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jucu.  
Org.: Miquelina Deina.  
Fonte: IBGE, 2012.

É importante ressaltar que a população urbana na maioria desses municípios, é a que mais tem crescido (Figura 28), com exceção apenas para o município de Domingos Martins que continua com população majoritariamente rural, aproximadamente 75%.

Marechal Floriano, por sua vez, viu sua população urbana dobrar nas duas últimas décadas, passando de aproximadamente 21% em 1991 para 52% em 2010. Mesmo assim, é juntamente com Domingos Martins, um dos municípios com o maior número de população rural na área da bacia, devido em grande medida às atividades ligadas a agricultura praticada na região.

Os demais municípios da bacia possuem atualmente mais de 90% de sua população em áreas urbanas, com destaque para Vila Velha com 99,51% de população urbana.

Segundo dados da ANA (2012), as principais áreas urbanas na bacia do Jucu são a sede dos municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano e parte da cidade de Viana (sub-bacia do ribeirão Santo Agostinho). Além dessas, pode-se acrescentar as localidades de São Paulinho, Pedra Azul, Aracê, Barcelos, São Rafael, Goiabeiras, Ponto Alto, Perobas, Paraju,

Melgaço, Biriricas, Isabel, Vitor Hugo, Araguaia, Bom Jesus do Morro Baixo, São Paulo de Cima, Rio Calçado, Araçatiba e Barra do Jucu.

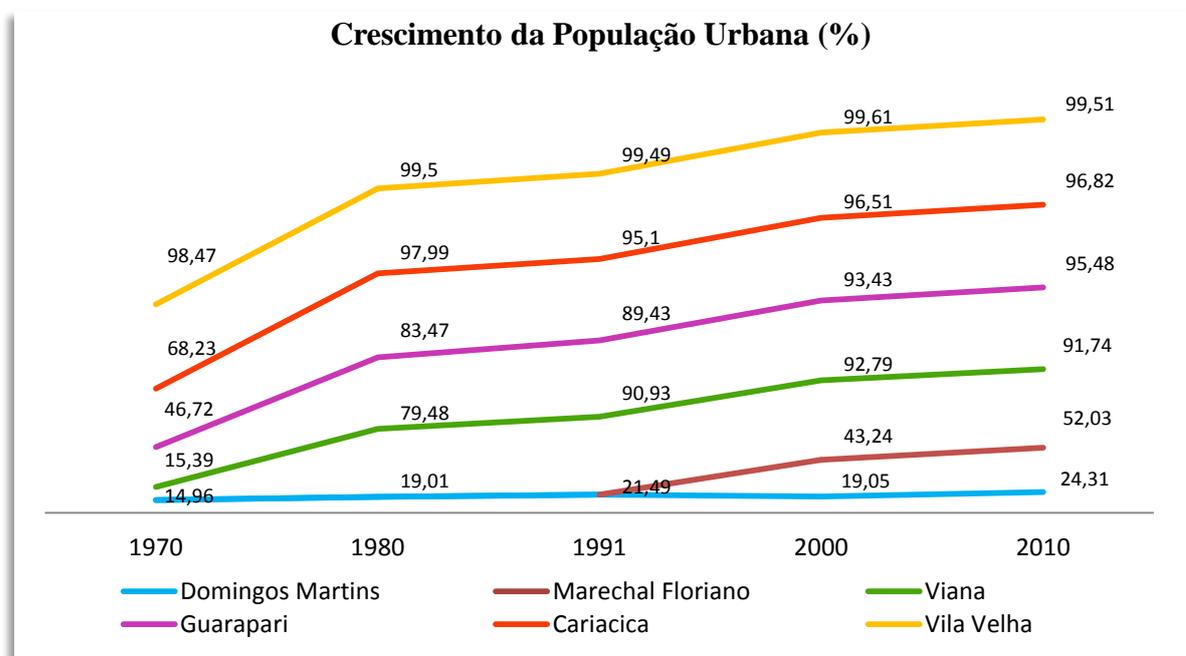


Figura 28 – Crescimento da população urbana dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jucu. Org.: Miquelina Deina. Fonte: IBGE, 2012.

Contudo, é importante destacar que a região litorânea constituída por tabuleiros, planícies costeiras, morros e colinas, corresponde às áreas de maior concentração populacional da bacia, englobando os municípios de Cariacica, Viana, Vila Velha e Guarapari (HABTEC, 1997).

A densidade demográfica do Estado do Espírito Santo, de acordo com o último senso demográfico do IBGE de 2010 apresentou crescimento de 13,4% em relação ao senso de 2000. Nesse contexto, destacam-se com maior densidade demográfica na área da bacia do Jucu os municípios de Vila Velha e Cariacica, com 1.952,0 e 1.245,6 habitantes por quilômetros quadrados, respectivamente (IJSN, 2010; IBGE, 2012).

### 3.2.2 Economia

Segundo dados da ACQUATOOL CONSULTORIA (2009), as atividades econômicas mais importantes desenvolvidas na bacia do Jucu são a agropecuária, os hortifrutigranjeiros, o

turismo e, em menor grau, a geração de energia elétrica e as atividades industriais. As atividades relacionadas com produtos hortifrutigranjeiros concentram-se nos municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano. Em Domingos Martins, segundo dados do INCAPER (2011), aproximadamente 81% da população do município está ocupada na atividade agropecuária.

A atividade turística também tem crescido bastante nestes dois municípios. Seus traços marcantes como a língua, costumes, religião, culinária, músicas e danças (Figura 29) tornaram a cultura local peculiar e atrativa. O agroturismo e os produtos ligados à agroindústria aparecem como atividades importantes para o desenvolvimento local (INCAPER, 2011).

Domingos Martins, por exemplo, foi a primeira colônia alemã fundada no Estado e possui boa infraestrutura turística com hotéis, pousadas, restaurantes, casas de chá e mais de 30 fazendas e sítios que têm no turismo até 70% do seu rendimento. Além disso, conta com a arquitetura marcante da colonização alemã, a Reserva Estadual de Pedra Azul (Figura 29), o Orquidário Kautsky, Pico Eldorado e a Reserva Bremenkamp. Existem também vários eventos locais como a Festa do Morango, Blumenfest, Festival de Inverno, Festa do Vinho, Sommerfest, Temporada de Inverno, Expoflor, entre outras (INCAPER, 2011).



Figura 29 – a) Festa Italemanha em Marechal Floriano. Disponível em: < [www.mauricioprates.com.br](http://www.mauricioprates.com.br) >. Acesso em: 30 set. 2012. b) Pedra Azul, Domingos Martins. Disponível em: <<http://serraverdeexpress.com.br>>. Acesso em: 30 set. 2012.

Quanto à geração de energia elétrica no rio Jucu, seu potencial hidráulico foi descoberto no início do século passado, quando em 1909 o rio Jucu Braço Sul recebeu a primeira hidrelétrica do Estado (IEMA, 2009). Essa pequena hidrelétrica é operada atualmente pela ESCELSA, sendo há pouco tempo remodelada e, recentemente foram desenvolvidos estudos

visando novos aproveitamentos hidrelétricos nos braços Sul e Norte (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009).

As atividades industriais presentes na área da bacia são, em geral, desenvolvidas por várias pequenas indústrias situadas na região da bacia localizadas, principalmente, nos municípios de Viana, Cariacica e Vila Velha. Na parte alta da bacia a mais expressiva indústria em atividade é a COROA, no rio Jucu Braço Norte, que, além de produzir refrigerantes, é responsável pelo engarrafamento da água mineral Campinho e planeja implantar uma cervejaria. Na parte baixa da bacia, se localizam indústrias de derivados do leite, ração animal e indústria alimentícia (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009).

Contudo, novos empreendimentos estão planejados ou em execução na região (SILVA, 2009), especialmente a partir da nova perspectiva de crescimento econômico do Estado do Espírito Santo com a descoberta de novas jazidas de petróleo na camada pré-sal que abrange o estado. Este novo arranjo de crescimento econômico tem exigido do estado, especialmente na RMGV, novos planejamentos e investimentos em infraestrutura urbana e logística, para atender tanto as atividades ligadas diretamente ao petróleo e gás, como as demais atividades econômicas atraídas para a região em função dessa nova dinâmica (ASEVILA, 2010).

A economia do município de Viana atualmente é movimentada especialmente pela indústria, comércio e serviços, apesar de possuir mais de 60% de área rural. Segundo o IBAM (2009) dados da Secretaria Municipal de Finanças indicam a existência de aproximadamente 1.000 (mil) empresas instaladas, estando sete dessas entre as 150 maiores empresas do Estado. A localização privilegiada transforma Viana em um grande elo entre o litoral e a região serrana do Espírito Santo e o Estado de Minas Gerais, pela BR-262, bem como entre o sul e o norte capixaba, pela BR-101 (IBAM, 2009).

Além disso, Viana é uma alternativa viável e promissora de ocupação industrial em função do seu relevo, da proximidade com os grandes centros consumidores e das extensas áreas vazias. Tais condições baixam o custo de instalação das empresas, que aliadas às facilidades logísticas do município o tornam um lugar ímpar para se investir. Prova disso é a instalação de um porto seco no município, devido a incentivos fiscais e à facilidade de escoamento de produtos para a área portuária, que terá distância média de 18 quilômetros com a implantação da ES-417 (Leste- Oeste), que liga Viana e Cariacica à Rodovia Darly Santos em Vila Velha, próximo ao terminal de Coqueiral de Itaparica naquele município (IBAM, 2009).

Em Cariacica, as atividades industriais são bastante fortes, assim como as micro e pequenas empresas, principalmente após a criação de uma lei municipal (Lei 4.459/2007) de incentivo fiscal que oferece benefícios, como a redução do ISS em setores considerados estratégicos para a economia do município, como confecções, móveis e hotelaria (IBAM, 2009).

Em Vila Velha, a economia também é bastante diversificada contando com aumento expressivo de investimentos no setor industrial e nos setores de comércio e serviços. As atividades portuárias exercem, igualmente, importante papel na economia local.

Atualmente, o município é um dos principais polos de atração de investimentos econômicos do Estado. O plano empresarial aproveita também o potencial do município no setor petrolífero, pois com cerca de 40 quilômetros de orla, Vila Velha pertence à área que abrange a Bacia Petrolífera de Campos, no Rio de Janeiro. Tal fato tem feito com que o poder público municipal, em busca de crescimento econômico, elabore uma série de novos projetos de uso e ocupação da terra no município, para atrair novos investimentos industriais e empresariais, necessitando assim melhorar a sua infraestrutura urbana e logística (o que incidirá diretamente na área do baixo curso do rio Jucu) (ASEVILA, 2010). Ademais, a localização do município não só é economicamente estratégica ao situar-se no corredor de desenvolvimento Centro-Leste do país, como é importante também para o setor de turismo (IBAM, 2009).

Guarapari, por sua vez, é um município tipicamente urbano, mas existem áreas em menor proporção, que desenvolvem o agroturismo e atividades agrícolas. Contudo, a atividade de maior destaque deste município é o turismo, que juntamente com a pouca diversidade econômica e a baixa qualificação da população faz com que os demais setores econômicos encontrem-se em estagnação. Há uma dependência muito grande do turismo concentrado nos meses de verão, forçando a população no restante do ano desenvolver atividades informais (IBAM, 2009).

Cooperando com o desenvolvimento econômico dos municípios pertencentes à bacia, estes ainda contam com uma importante infraestrutura de transporte (Figura 30). Além da BR 262 que corta a região no sentido Leste-Oeste, ligando a capital Vitória ao Estado de Minas Gerais e passando pelos municípios de Cariacica, Viana, Marechal Floriano e Domingos Martins, e da BR-101 que corta a região no sentido Norte-Sul, desde a divisa BA/ES até a divisa ES/RJ, passando pelos municípios de Cariacica, Viana e Guarapari, há as rodovias estaduais e

municipais que são de significativa importância para a interligação da malha de transporte desta região.

Entre elas está a ES-060, conhecida como Rodovia do Sol, que liga Vitória ao sul do Estado, passando, entre outros, pelos municípios de Vila Velha e Guarapari. Esta rodovia desempenha importante papel na interligação de Vila Velha e Guarapari com os demais municípios do sul do Estado.

Há também outros corredores de circulação de pessoas e produção que interligam diversas áreas municipais e estas a outros municípios. Uma delas é a Rodovia ES-471, conhecida como Darly Santos, que se inicia no Porto de Capuaba em Vila Velha, num trecho conhecido como Estrada de Capuaba, atravessando a Rodovia Lindenberg e se ligando a Rodovia do Sol (ES-060) (IBAM, 2009). Atualmente, esta rodovia está em fase final de ampliação de um trecho conhecido como Rodovia Leste-Oeste, criado com o objetivo de ligar o município de Vila Velha ao município de Cariacica ligando-se à BR 101 (TECTRAN, 2009). A Rodovia Carlos Lindenberg é outra importante alternativa de transporte da região ao ligar o município de Vila Velha a Vitória, atravessando a Estrada de Capuaba em direção à Segunda Ponte.

Além das rodovias, a região da bacia hidrográfica do rio Jucu é abrangida pela Ferrovia Centro-Atlântico (FAC), recentemente privatizada, é constituída pela antiga Estrada de Ferro Leopoldina (EFL – RFESA), mas apenas uma pequena fração das linhas originais ainda opera. No Estado do Espírito Santo esta possui 283 quilômetros de extensão e liga o Cais de Paul (Vila Velha) ao Município de Cachoeiro do Itapemirim (sul do ES), passando por Viana. Esta ferrovia é utilizada para o transporte de cargas em geral, principalmente mármore, madeira, calcário, granito e cimento, materiais oriundos do sul do Estado enviados para exportação pelos portos de Vitória e Vila Velha (IBAM, 2009).

Em 2010 entrou em atividade, para fins turísticos, o Trem das Montanhas Capixabas, que passa pelas cidades de Viana, Domingos Martins e Marechal Floriano. Tem capacidade para até 56 passageiros e circula todos os fins de semana e feriados. O percurso proporciona a vista de belas paisagens, pontes, túneis, abismos e cachoeiras em meio à Mata Atlântica, atrativos da história e cultura, ecoturismo e prática de esportes radicais (HOLZ, 2012).

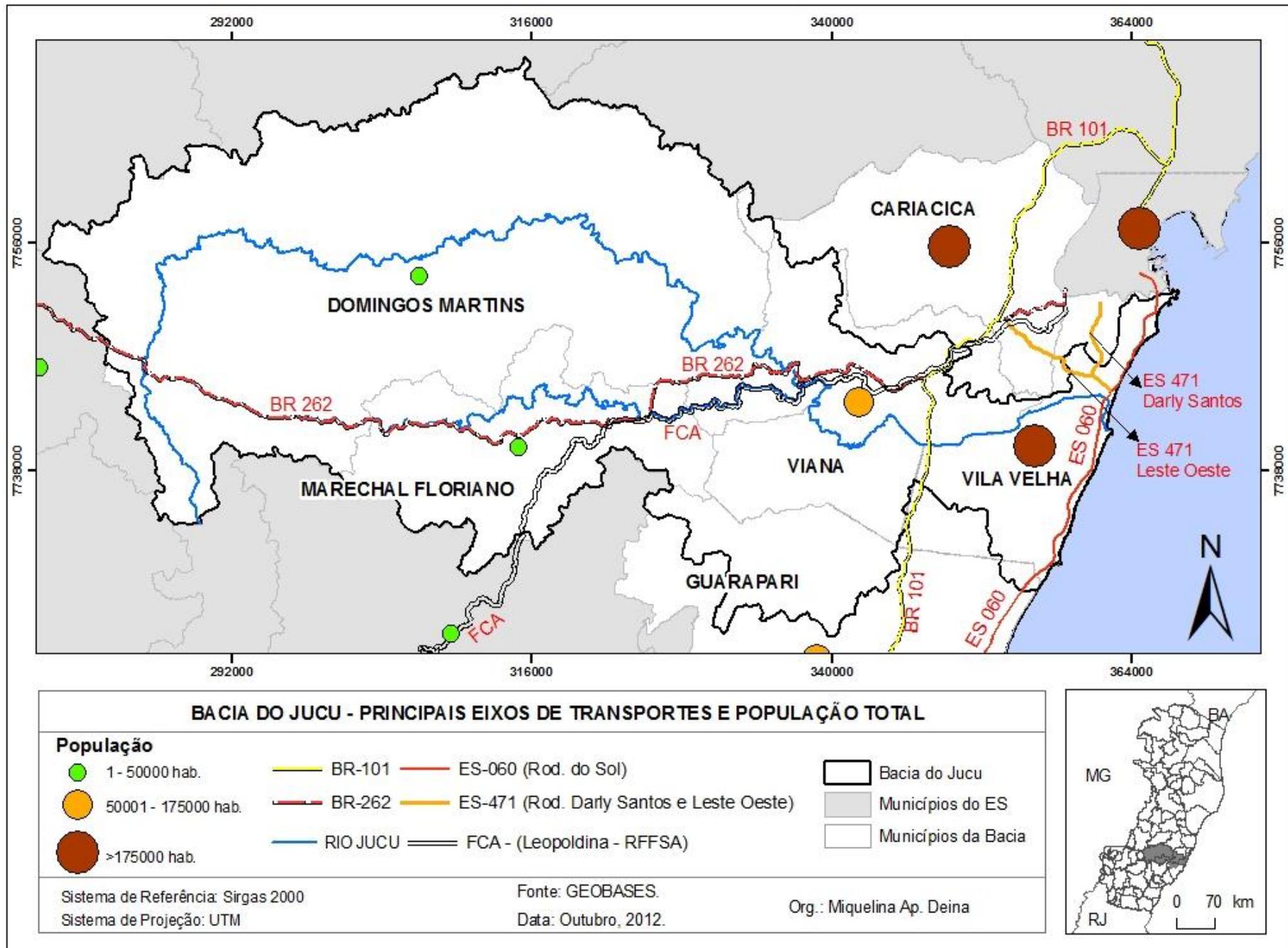


Figura 30 – Principais eixos de transportes que interligam os municípios da bacia, assim como com os demais municípios e estados do país.

## **4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DO BAIXO CURSO DO RIO JUCU**

Como já mencionado, a análise hidrogeomorfológica é de fundamental importância para se entender a dinâmica de evolução do espaço geográfico no âmbito de uma bacia hidrográfica, especialmente quando aliamos ao seu entendimento a inter-relação entre as leis naturais e sociais (AB'SÁBER, 2002; BARBOSA e CARVALHO, 2008). Desta forma, a análise específica do comportamento hidrológico em uma bacia é imprescindível, pois esta revela não só a dinâmica natural do ciclo hidrológico (como precipitação, escoamento, infiltração, evaporação etc.), mas também a dinâmica social expressa pela forma como a sociedade faz uso da terra (através de desmatamentos, construções, irrigações, pavimentação etc.), evidenciando as consequências dessa interação homem-meio.

Neste contexto de integração homem-meio no âmbito de uma bacia hidrográfica, Tucci (2009) aponta a ciência hidrológica como interdisciplinar, pois esta tem evoluído significativamente em face aos problemas crescentes em função da ocupação das bacias, assim como do incremento significativo da utilização da água e do resultante impacto sobre o ambiente do globo.

Por este motivo, entre os objetivos deste item está a compreensão do comportamento hidrológico na bacia do rio Jucu, especialmente em seu baixo curso, abrangendo a análise das séries históricas de precipitações e vazões, na busca da identificação das transformações ocorridas ao longo das últimas décadas quanto ao seu comportamento hidrológico e a partir de então considerar quais as ações humanas contribuíram ou contribuem para essas transformações.

### **4.1 SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÕES**

A bacia hidrográfica do rio Jucu apresenta dois períodos bastante distintos quanto ao regime pluvial, um chuvoso e um seco (Figura 31). O chuvoso ocorre entre os meses de novembro a abril, onde a porção da bacia com maior índice de precipitação é a região central, com pluviosidade média neste período acima de 1000 mm e, cotas altimétricas entre 500 a 750m.

A região Sul e extremo Oeste da bacia também possuem índices pluviométricos médios acima de 1.000 mm no semestre mais chuvoso do ano, estando suas cotas altimétricas entre as mais elevadas da bacia, atingindo até 1500m de altitude (Ver seção 3.1.2).

Já o período mais seco do ano ocorre entre os meses de maio a outubro, cujos índices de precipitação revelam que a porção da bacia com maior índice neste intervalo de tempo é igualmente a região central da mesma seguindo a direção Sul, com médias pluviométricas entre 500 a 700 mm neste intervalo de tempo. Entretanto, a região Oeste que no período chuvoso contava com os maiores índices de precipitação, no período seco está entre as regiões mais secas da bacia para este intervalo de tempo. Junto a ela está o Noroeste da bacia com índices médios de precipitação, em geral, abaixo de 300 mm neste intervalo de tempo.

O litoral da bacia, por sua vez, é a região que apresenta nos dois intervalos de tempo analisados, índices pluviométricos bastante baixos. No período chuvoso a pluviosidade média nesta região fica em torno de 700 a 800 mm e no período seco fica por volta de 300 a 400 mm.

O gráfico representado na Figura 32 mostra a série das precipitações totais de 1951 a 2011, referentes aos dados coletados na Estação Fazenda Jucuruaba, no baixo curso do rio Jucu, disponibilizados pela ANA.

Através das precipitações totais podemos observar os anos com maiores e menores volumes de precipitação, além da precipitação média, que para a série histórica aqui analisada (1951 a 2011) é de aproximadamente 1298,66 mm/ano. Nesta série destaca-se com maior volume de chuva o ano de 1968 com 2174,8 mm/ano. Desde então não foram registrados valores maiores ou iguais a este. O ano que mais se aproximou em volume de precipitações foi 2005 com 1948 mm/ano, ou seja, quase 40 anos depois. Entretanto, observa-se na Figura 32 vários picos de chuvas bem superiores ao valor médio e que provavelmente trouxeram consequências.

A Figura 32 também revela períodos com secas bastante acentuadas, cujos valores anuais de chuvas ficaram bem abaixo do valor médio para a região. Neste caso, destaca-se o ano de 1963 com apenas 750 mm/ano de chuva. Não houve, desde então, nenhum valor abaixo deste, mas bastante próximo a este, como é o caso do ano de 1986 e 1993 com 791,1 e 785,4 mm/ano, respectivamente. De forma empírica, o que se observa é um período razoavelmente longo, de 1972 a 2003, com menores quantidades de chuvas anuais e com períodos secos bem

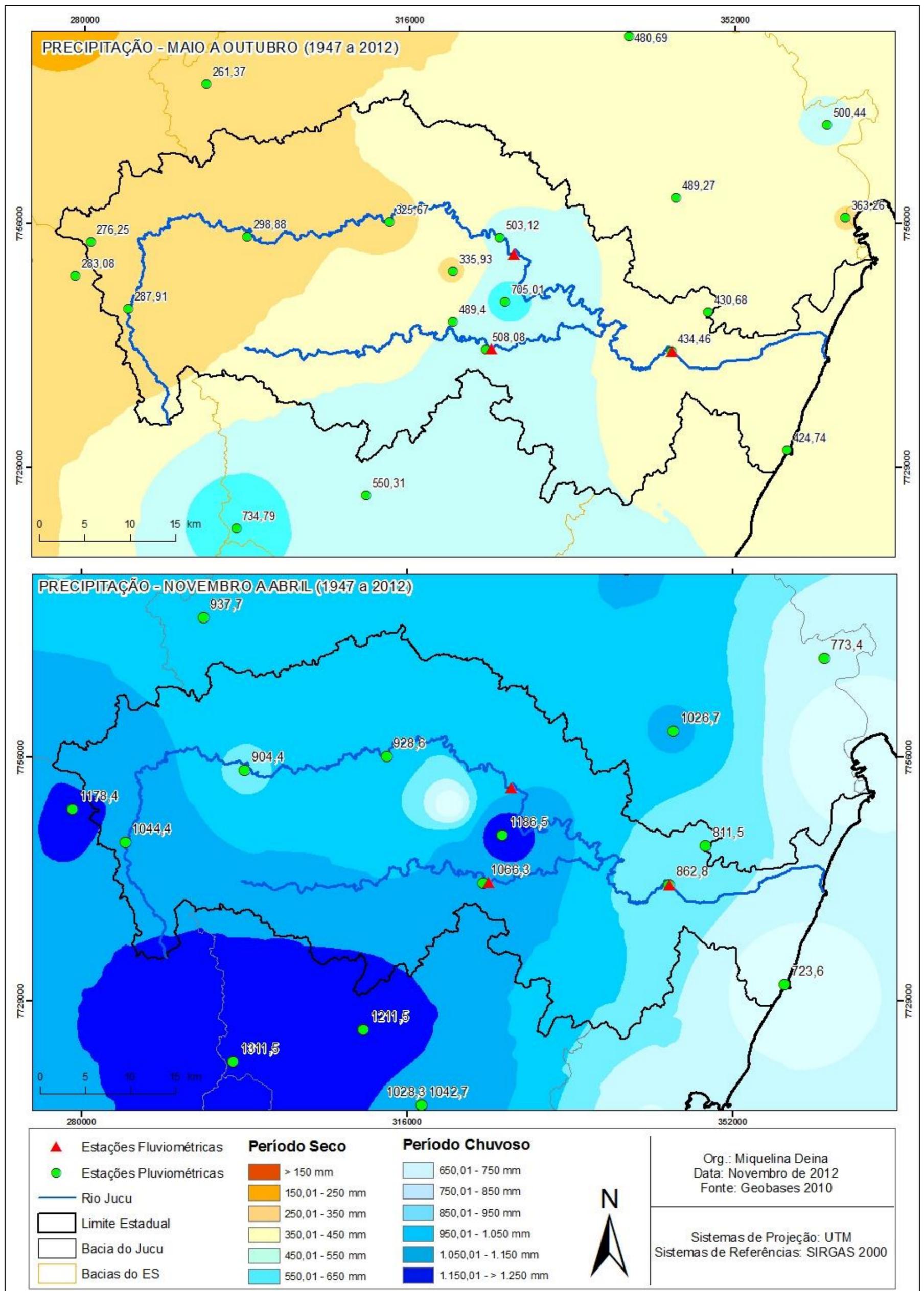


Figura 31 – Índice de precipitação da bacia, dividido em dois períodos anuais (chuvoso e seco), segundo dados da Agência Nacional de Águas (2012), coletados entre o período de 1947 a 2012 nas estações pluviométricas situadas na bacia.

expressivos, como é o caso de 1986 e 1993. A única exceção marcante deste período é o ano de 1983 que atingiu volume anual de 1879,3 mm/ano, valor este bastante superior à média.

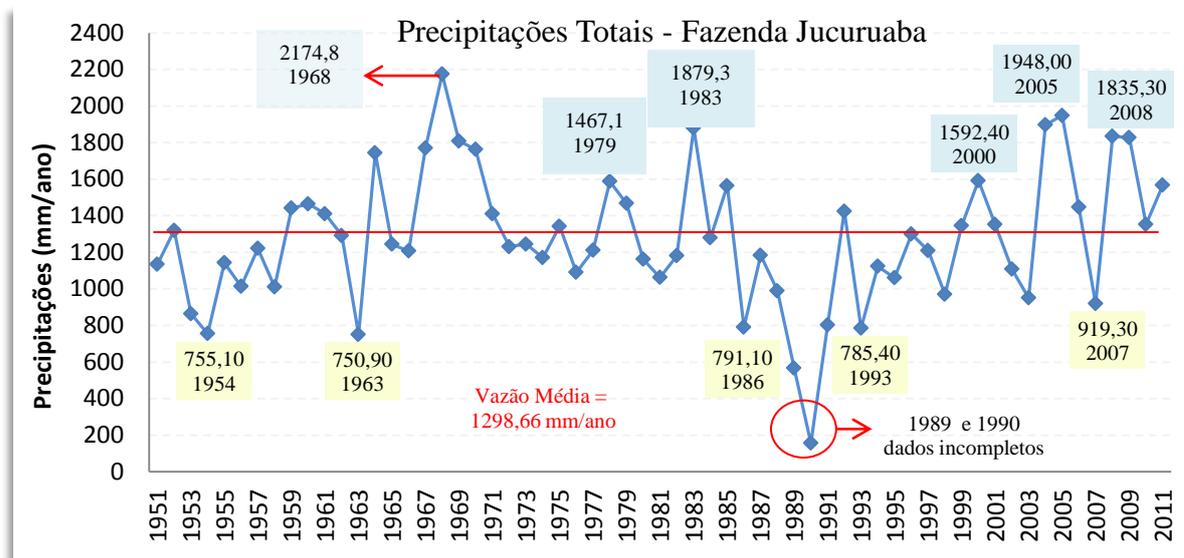


Figura 32 – Precipitações Totais, período de 1951 a 2011, referentes à Estação Fazenda Jucuruaba.  
Org.: Miquelina Deina

A partir de 2003 parece haver uma tendência de aumento da precipitação anual em geral, com picos anuais de chuvas bem mais elevados aos do período anterior e períodos secos menos expressivos, como é o caso de 2007 com 919,3 mm/ano de chuvas, sendo este o ano mais seco de 2003 para cá.

Entre os fatores que se relacionam ao comportamento das precipitações nesta região está a atuação da ZCAS na Região Sudeste. Segundo dados obtidos nos Boletins Climanálise do período de 1996 a 2012, disponíveis em seu *site*, a ZCAS tem promovido episódios de estiagens prolongadas e/ou de inundações marcantes que atingem diversas regiões do país, especialmente a Região Sudeste e, conseqüentemente, o Espírito Santo.

Comparando as informações sobre a atuação das ZCAS nos Boletins Climanálise (1996 a 2012) com os dados históricos das precipitações na Estação Fazenda Jucuruaba obtidos pela ANA (Figura 32), identificou-se correlação entre os momentos de picos das precipitações no baixo Jucu com a atuação da ZCAS no Estado do Espírito Santo, enquanto nos momentos de ausência da ZCAS observam-se menores índices de precipitação nesta região.

## 4.2 SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES

A análise das vazões do rio Jucu foi realizada com base nos dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), inicialmente referente a três estações fluviométricas: Córrego do Galo, situada no rio Jucu Braço Norte; Marechal Floriano, localizada no rio Jucu Braço Sul; e, Fazenda Jucuruaba situada no baixo curso do rio Jucu, sendo esta última a mais importante para este estudo (Figura 33).

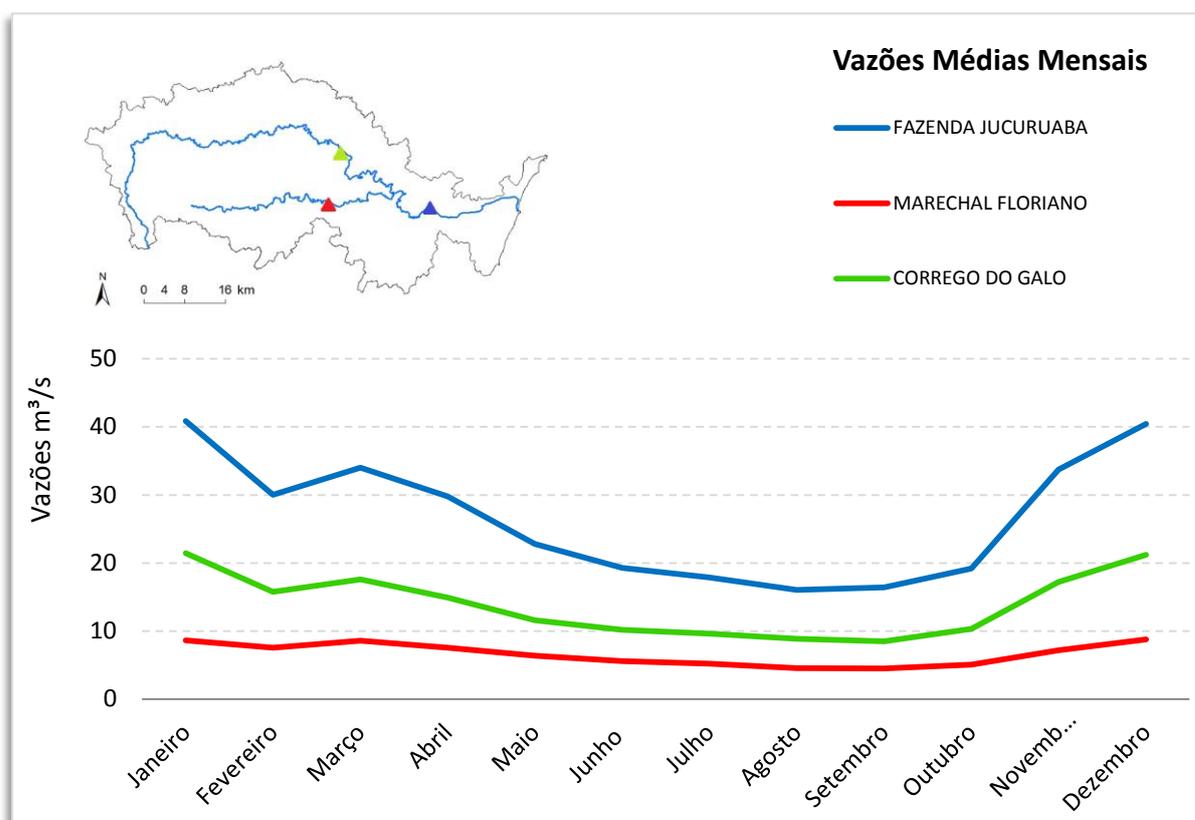


Figura 33 – Vazões médias mensais das três estações hidrometeorológicas da bacia do rio Jucu.

Org.: Miquelina Deina.

Fonte: ANA, 2012.

A análise das vazões mensais nas três estações fluviométricas revela que ambas, a princípio, apresentam comportamento semelhante quanto aos meses de maiores e menores picos de vazões, pois apresentam as maiores vazões a partir do mês de novembro se estendendo até março/abril, enquanto as menores vazões estão entre os meses de maio a outubro. Entretanto, o volume da descarga fluvial é bastante diferente entre as três estações. O maior volume encontra-se no trecho do rio Jucu compreendido pela Estação Fazenda Jucuruaba, pois este se localiza a jusante das demais estações. A segunda estação com maior volume de água é a do

Córrego do Galo, seguida da Estação Marechal Floriano. Esta última possui o menor volume d'água comparando-se as três, além de possuir considerável regularidade quanto aos valores mensais de vazão, não havendo grandes diferenças entre o período seco e chuvoso. Tal fato dificulta até mesmo identificar o grau de semelhança entre o comportamento hidrológico desta estação fluviométrica com as demais. Contudo, nota-se mesmo assim, que os meses com maiores e menores vazões coincide entre as três.

Com base nestas observações e demais pressupostos, é importante salientar que a estação hidrometeorológica que mais interessa a esta pesquisa é a Estação Fazenda Jucuruaba (Figura 34), localizada no rio Jucu a jusante das demais estações, pois esta, além de situar-se no baixo curso do rio Jucu, que é a área central deste estudo, também reflete, ao menos em parte, o comportamento hidrológico das estações a sua montante. Por este motivo, a atenção desta pesquisa se voltará no comportamento hidrológico refletido pela Estação Fazenda Jucuruaba, haja vista que não há outras estações a jusante desta que possam colaborar com os resultados deste estudo.



Figura 34 – a) Estação Fazenda Jucuruaba. b) Cadernetas de anotação dos dados de chuvas e vazões da Estação Fazenda Jucuruaba referente ao mês de maio de 2013. Fotos: Miquelina Deina, em 31-05-2013.

#### 4.2.1 Série de Vazões da Fazenda Jucuruaba

Estando a Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba situada em um importante setor do rio Jucu, realizou-se, com base na série histórica de vazões desta estação, um diagnóstico da situação da vazão na calha principal do rio Jucu, traçando ao mesmo tempo um paralelo com as transformações ocorridas no espaço geográfico do baixo curso do rio.

A tabela 10, a seguir traz a série das vazões mensais e das vazões totais da Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba a contar de 1968 a junho de 2012, obtida pela Agência Nacional de Águas através do HidroWeb (Acesso em 12 jan. 2013).

É importante assinalar que a série histórica de vazões disponibilizadas pela ANA, que se estende de 1968 a junho de 2012, está dividida em dados consistidos que vão de 1968 a 2005 e dados brutos de 2006 a 2012<sup>31</sup>. Além disso, é oportuno notar (Tabela 10) que os dados de 1968 a 1971 encontram-se incompletos, além dos dados de 1990, 1991, 1993 e 2007, prejudicando em parte a análise hidrológica deste trecho do rio, porém não impedindo totalmente que esta seja feita.

A partir dos dados registrados nesta tabela foi gerada uma série de gráficos, como das vazões totais, mensais e diárias, para assim obter melhor visualização do comportamento hidrológico das vazões nesta estação fluviométrica.

Foram trabalhados igualmente dados hidrológicos referentes as cotas altimétricas e ao perfil transversal deste trecho do rio, assim como cálculo do período de retorno das vazões máximas para série histórica de 1972 a 2005, cálculos estes que ajudam na previsão de grandes cheias do rio e conseqüentemente na adoção de medidas preventivas destes eventos.

---

<sup>31</sup> Conforme Resolução Nº 597, de 27 de dezembro de 2006, o acesso aos dados registrados no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH será organizado em três níveis, conforme o grau de consistência, a finalidade do uso e a forma de acesso dos dados. Temos assim: dados consistidos aqueles destinados ao público em geral e entidades relacionadas à gestão de recursos hídricos e à pesquisa, que poderão ser acessados regularmente por meio do sítio da *internet* da ANA; Dados brutos aqueles destinados a entidades relacionadas à gestão de recursos hídricos e à pesquisa, que necessitem realizar processamentos utilizando os dados brutos, acessados mediante solicitação específica à ANA.

TABELA 10 - SÉRIE DE VAZÕES HISTÓRICAS DA ESTAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA FAZENDA JUCURUABA NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU

<b>Série de Vazões - Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba</b>													
<b>Data</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total Anual</b>
1968	721,77	495,88	934,30	314,23	7,60			56,50	184,43	131,58	87,90	68,22	<b>3002,41</b>
1969	100,82	176,70	179,25	58,50		287,79	8,84			79,90	181,16	386,68	<b>1459,64</b>
1970	819,05	293,94	43,58	27,15			114,67			225,63	1119,03	510,79	<b>3153,84</b>
1971	40,63		21,10			14,90	8,53	700,70	951,00	931,20	2414,20	2263,50	<b>7345,76</b>
1972	1134,30	921,20	950,00	913,40	934,30	636,60	683,90	603,80	699,20	762,30	922,50	1235,60	<b>10397,10</b>
1973	1145,40	973,10	2016,60	1446,90	1013,60	776,60	705,50	615,50	564,00	842,70	684,80	1073,90	<b>11858,60</b>
1974	1427,70	898,50	1270,10	1107,50	840,10	664,10	562,90	457,90	495,60	683,30	649,80	852,40	<b>9909,90</b>
1975	1256,70	1311,30	972,10	779,10	727,20	642,20	614,70	502,90	593,50	1032,20	998,70	735,30	<b>10165,90</b>
1976	489,50	437,40	463,40	423,00	504,50	385,10	473,20	351,80	460,90	500,10	977,10	1241,30	<b>6707,30</b>
1977	1050,90	557,00	542,37	563,68	577,66	424,13	370,99	291,47	337,32	541,67	922,36	1156,06	<b>7335,61</b>
1978	1002,03	808,01	659,96	662,34	630,17	458,84	904,46	576,08	596,53	802,93	626,65	843,85	<b>8571,85</b>
1979	1955,37	2839,21	1847,23	1405,91	1021,51	813,94	764,25	681,75	610,68	580,85	785,41	1138,79	<b>14444,90</b>
1980	1676,68	948,94	700,58	1295,24	924,18	662,19	570,03	533,66	411,16	441,05	466,19	1182,62	<b>9812,52</b>
1981	649,11	472,75	771,14	789,40	733,76	569,13	485,87	516,63	457,80	585,85	1323,75	1005,81	<b>8361,00</b>
1982	1276,60	709,37	1712,46	1216,57	887,80	664,35	589,22	834,74	540,36	496,20	404,16	668,59	<b>10000,42</b>
1983	1552,62	947,07	723,15	891,99	848,76	615,95	529,34	455,46	783,94	1399,22	1714,17	2064,81	<b>12526,48</b>
1984	1201,18	846,59	900,97	1013,40	710,36	543,50	478,81	484,11	496,06	640,63	915,90	1972,58	<b>10204,09</b>
1985	3406,41	1775,66	1825,71	1178,21	965,82	752,18	749,17	666,27	797,87	824,60	1111,49	1459,99	<b>15513,36</b>
1986	1014,24	697,50	594,79	540,78	509,52	457,58	482,08	464,98	424,16	382,67	451,20	835,13	<b>6854,62</b>
1987	790,09	535,05	1042,66	839,94	572,12	498,41	423,39	349,32	381,60	358,07	1361,61	1308,66	<b>8460,92</b>
1988	1222,66	711,64	750,55	657,85	513,22	444,44	413,31	401,96	392,01	636,05	651,88	682,50	<b>7478,08</b>
1989	538,12	400,90	725,20	512,38	462,30	454,09	357,53	384,66	324,94	323,17	688,69	1225,00	<b>6396,97</b>
1990	476,48	147,48	410,92	220,41				55,05	326,10	423,59	730,31	196,47	<b>2986,80</b>
1991					511,90	448,16	880,97	1056,86	1031,10	888,29	645,95	1080,58	<b>6543,81</b>
1992	1163,91	922,22	564,79	632,73	717,39	652,25	958,43	685,00	582,85	858,15	2793,15	550,45	<b>11081,32</b>
1993				1081,82	74,00	764,39	586,06	537,28	475,23	482,24	438,67	955,11	<b>5394,81</b>

Continuação...

<b>Série de Vazões - Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba</b>													
<b>Data</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total Anual</b>
1994	2126,41	713,32	2121,60	1368,51	1426,57	910,02	767,29	608,64	499,66	525,87	556,67	927,94	<b>12552,50</b>
1995	476,08	384,28	453,88	563,98	449,56	317,48	372,74	350,87	296,50	400,65	879,04	1578,60	<b>6523,66</b>
1996	1178,07	499,01	516,50	447,17	436,37	372,53	308,63	279,27	429,34	492,16	2051,90	1619,77	<b>8630,72</b>
1997	1499,26	759,50	1576,85	971,21	760,71	562,96	494,02	442,06	425,89	581,10	797,43	1609,67	<b>10480,66</b>
1998	893,74	700,62	613,15	590,81	467,10	406,38	384,08	423,60	309,59	493,51	1030,43	927,06	<b>7240,07</b>
1999	900,48	378,28	623,99	503,69	398,50	480,55	410,24	395,30	352,86	443,02	1195,03	1315,51	<b>7397,45</b>
2000	998,49	974,95	908,82	884,96	610,94	518,07	441,97	378,03	447,68	383,69	1192,24	1571,63	<b>9311,47</b>
2001	956,17	581,68	529,09	409,77	386,13	358,07	321,44	323,54	386,49	637,22	2015,72	1222,68	<b>8127,98</b>
2002	1393,32	980,02	833,55	634,71	585,12	468,69	493,53	421,68	627,42	405,06	564,98	893,38	<b>8301,44</b>
2003	1951,08	608,79	587,08	539,53	434,66	326,81	352,73	320,09	265,03	293,18	299,23	890,76	<b>6868,97</b>
2004	1614,10	1324,36	1410,77	1221,98	762,03	641,75	588,47	530,25	355,67	387,28	416,60	1231,39	<b>10484,64</b>
2005	928,97	1413,21	2501,22	975,55	951,36	1463,05	900,20	624,40	604,84	504,09	1220,49	1755,71	<b>13843,07</b>
2006	1005,31	532,27	1526,97	1166,07	714,71	611,08	564,50	480,61	495,12	628,18	1335,50	1579,08	<b>10639,40</b>
2007	1991,41	801,89	725,04	590,76	491,59	453,78	410,58	419,45	403,13	499,51	536,12		<b>7323,27</b>
2008	426,97	1166,65	1140,82	876,36	579,88	428,23	399,60	326,44	303,66	407,05	1610,90	1769,15	<b>9435,71</b>
2009	2682,32	1031,22	1031,22	1087,71	1897,79	918,94	725,08	646,01	548,13	1006,81	1386,90	1325,06	<b>14287,19</b>
2010	607,60	395,87	1115,56	866,69	668,43	504,78	573,17	406,60	328,17	374,43	832,37	576,90	<b>7250,57</b>
2011	1251,19	433,60	2399,93	1345,75	932,68	640,89	543,43	459,51	417,85	582,86	948,65	1913,31	<b>11869,64</b>
2012	2632,31	809,13	691,66	649,92	667,76	632,18							<b>6082,97</b>
<b>Média Mensal</b>	<b>1173,31</b>	<b>757,18</b>	<b>952,97</b>	<b>778,81</b>	<b>643,40</b>	<b>537,43</b>	<b>494,72</b>	<b>456,83</b>	<b>463,99</b>	<b>565,90</b>	<b>975,84</b>	<b>1122,78</b>	

Org.: Miquelina Deina

Fonte: ANA (HidroWeb, acesso em 12 jan. 2013)

#### 4.2.2 Vazões Totais

Ao iniciarmos uma análise mais pormenorizada quanto ao comportamento hidrológico no baixo curso do rio Jucu, selecionamos, primeiramente, os dados das vazões totais do rio na Estação Fazenda Jucuruaba (Figura 35), cuja série histórica selecionada se estende de 1972 a 2011 (período com dados mais completos).

Observa-se, de modo geral, que a vazão total neste intervalo de tempo variou bastante, com momentos de cheias expressivas e secas bastante marcantes. Os anos de maior destaque quanto à elevação da descarga fluvial são 1979, 1985, 2005 e 2009, enquanto os mais secos destacam-se especialmente os anos de 1976, 1986, 1989, 1995 e 2003. É importante lembrar que os anos de 1990, 1991 e 1993, que aparecem no gráfico com valores ainda mais baixos que os citados acima, estão com valores incompletos por isso não estão sendo utilizados para comparação.

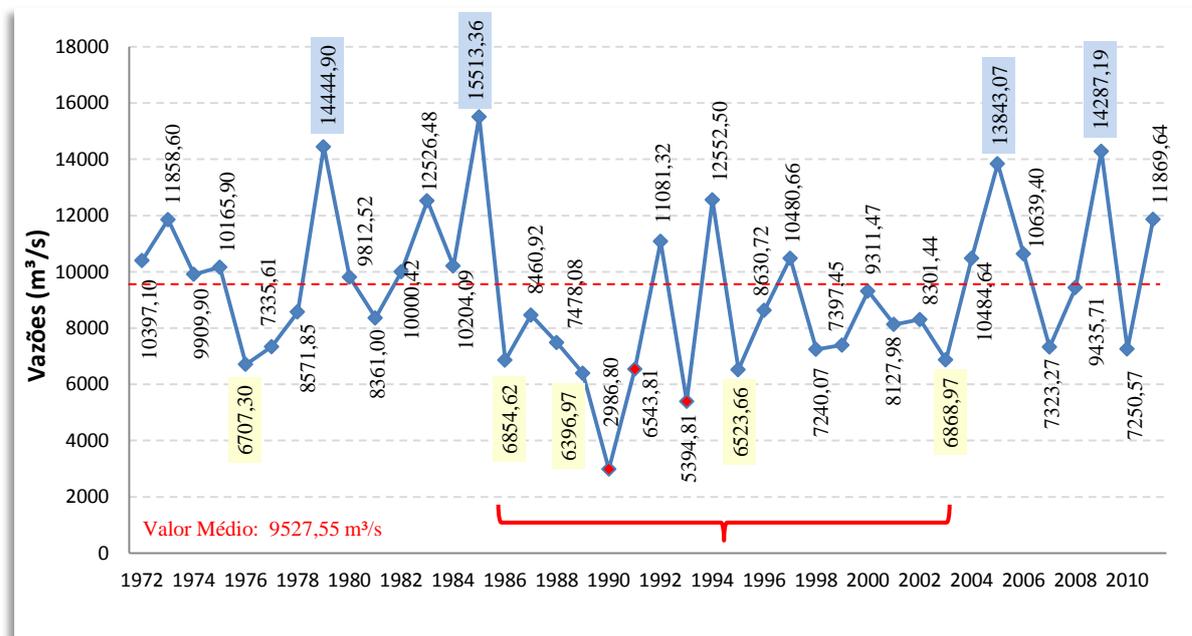


Figura 35 – Vazões totais do rio Jucu referente à Estação Fazenda Jucuruaba (1972 a 2011). A linha pontilhada e em vermelho indica o valor médio das vazões totais ao longo das décadas, enquanto a chave em vermelho indica período com tendência de queda nos valores totais de vazão.

Org.: Miquelina Deina

Ao observar o gráfico da Figura 35 nota-se, igualmente, tendência de queda das vazões totais ao longo das últimas décadas, especialmente entre 1986 a 2003/2004, com exceções apenas para os anos de 1992, 1994 e 1997 que tiveram valores mais pronunciados, na ordem de

11081,32 m<sup>3</sup>/s, 12552,50 m<sup>3</sup>/s e 10480,66 m<sup>3</sup>/s respectivamente, valores estes acima da média. Observa-se assim que neste período de tendência de queda das vazões (1986 a 2003/2004) os valores das descargas totais estão em sua maioria abaixo do valor médio das vazões totais anuais que é de 9527,55 m<sup>3</sup>/s.

A partir de 2005 parece haver uma tendência de aumento nos valores das vazões totais, atingindo em 2005 e 2009 valores bastante expressivos, da ordem de 13848 m<sup>3</sup>/s e 14287 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Valores maiores que estes só foram registrados em 1985 com vazão total de 15513 m<sup>3</sup>/s e 1979 com vazão total de 14444m<sup>3</sup>/s. Estes valores são superiores a média geral deste período.

Neste contexto das vazões totais é importante observar, ao relacionar as vazões totais às precipitações totais (Figuras 35 e 32, respectivamente), que há coincidência das mesmas, especialmente entre o período de 1986 a 2003/2004, onde tanto as vazões totais como as precipitações totais apresentaram tendência de queda seguida, a partir de 2005 de uma tendência de aumento destes valores.

Com o intuito de avaliar o comportamento hidrológico com maior precisão no que se refere às vazões totais, também foram analisadas as vazões médias anuais do mesmo período, conforme segue abaixo.

#### **4.2.3 Vazões Médias Anuais**

Os dados das vazões médias anuais também foram plotados em gráfico para melhor visualização destes (Figura 36).

Assim, foi possível notar que o comportamento hidrológico apresentado pelas vazões médias anuais segue a mesma tendência do comportamento das vazões totais, como já era esperado, pois, as vazões médias anuais também apresentam período de queda mais pronunciado entre 1986 a 2003/2004, estando situado neste intervalo de tempo o maior número de registros de quedas das vazões. A partir de 2005 ocorre tendência de aumento destas, conforme já observado na análise das vazões totais.

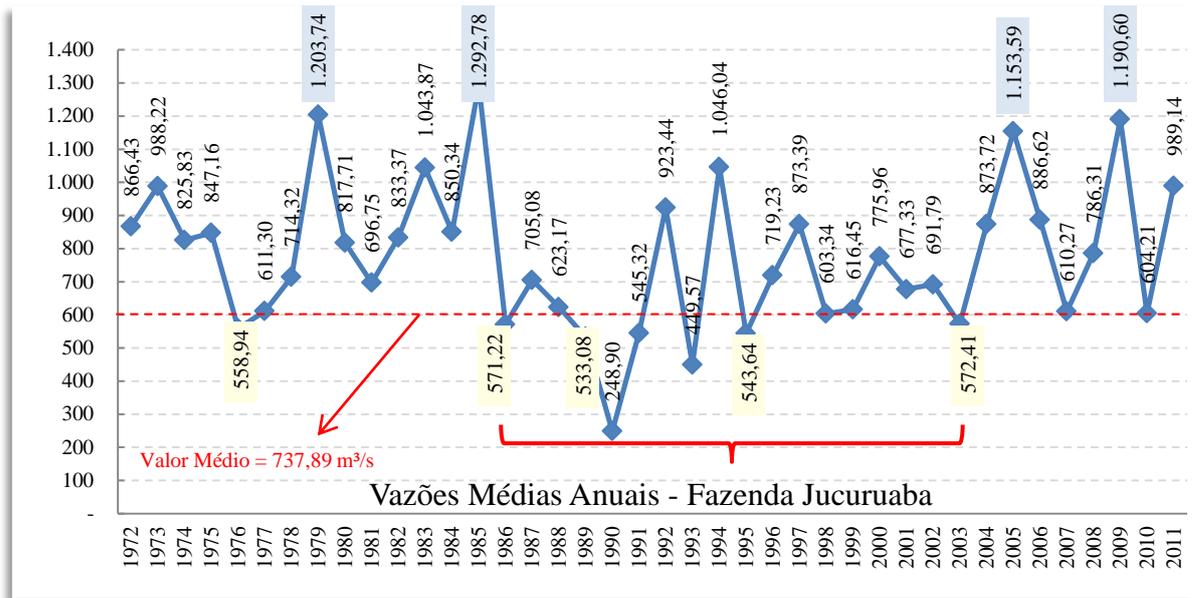


Figura 36 – Vazões médias anuais do rio Jucu referente à Estação Fazenda Jucuruaba (1972 a 2011). A linha pontilhada e em vermelho indica o valor médio das vazões médias anuais ao longo das décadas, enquanto a chave em vermelho indica período com tendência de queda nos valores médios anuais.  
Org.: Miquelina Deina

#### 4.2.4 Vazões Médias Mensais

A partir dos dados das *Vazões Médias Mensais de Longa Duração* (1972 a 2011) nota-se que há na bacia dois períodos bastante definidos de regime fluvial (Figura 37).

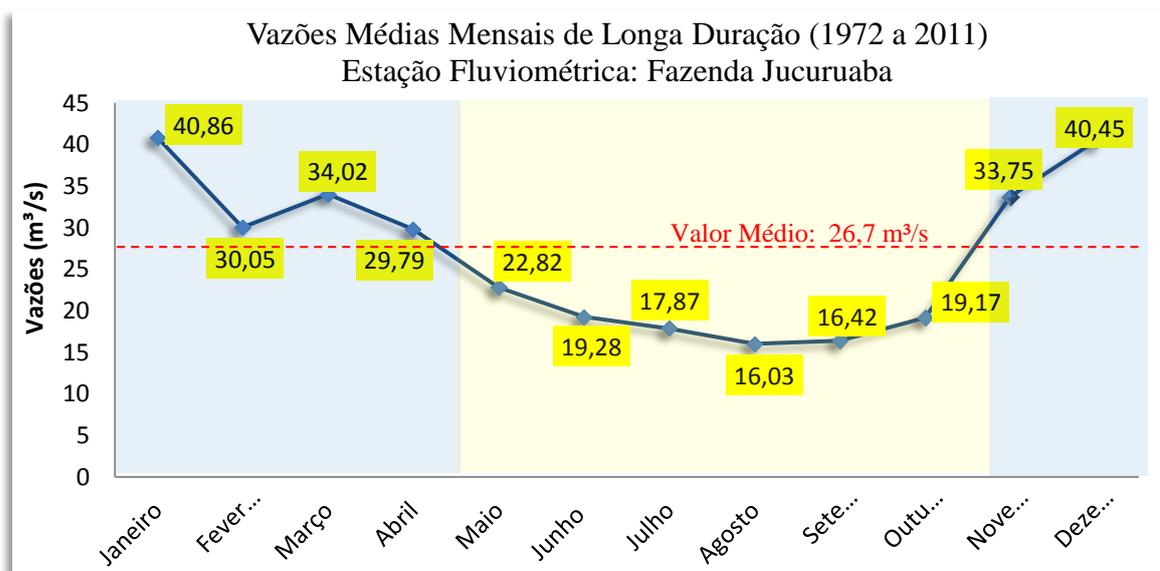


Figura 37 – Vazões médias mensais do rio Jucu referente à Estação Fazenda Jucuruaba. Linha pontilhada e em vermelho representa a média das vazões mensais, enquanto as cores representam: azul – estação chuvosa; amarelo – estação seca.  
Org.: Miquelina Deina.

Um regime é o de vazante que ocorre entre os meses de maio a outubro, com destaque para os meses de agosto e setembro onde registram-se os menores valores de vazões, 16,03 m<sup>3</sup>/s e 16,42 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. O outro regime é o das águas altas do rio (cheia), ocorrendo entre os meses de novembro a abril, com os maiores picos entre os meses de dezembro (40,45 m<sup>3</sup>/s) e janeiro (40,86 m<sup>3</sup>/s).

A amplitude entre a mínima vazão 16,03 m<sup>3</sup>/s em agosto e a máxima 40,86 m<sup>3</sup>/s em janeiro é de 24,86 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão média de longa duração é de 26,7 m<sup>3</sup>/s. É importante lembrar que este comportamento hidrológico relaciona-se ao regime pluvial que opera na bacia, conforme exemplificado na Figura 31 da seção 4.1.

Nota-se também que os valores registrados no mês de fevereiro (30,05m<sup>3</sup>/s) e abril (29,79m<sup>3</sup>/s) estão muito próximos à média (26,7 m<sup>3</sup>/s) e, igualmente próximos aos valores registrados para o período seco, dando maior destaque em volume de água aos meses de janeiro, março, novembro e dezembro, conseqüentemente, períodos em que foram registrados as maiores cheias da história do rio Jucu.

Para melhor comprovar a afirmação acima, foram analisadas as vazões diárias mínimas e máximas da Estação Fazenda Jucuruaba, conforme segue abaixo.

#### **4.2.5 Vazões Diárias Mínimas e Máximas**

A tabela 11 destaca o ranking das dez *menores vazões mínimas diárias* evidenciando que o rio Jucu nos últimos anos apresenta leve tendência de queda de sua vazão mínima, entre os anos de 2000 e 2003, cujos dez valores mínimos selecionados sete deles estão entre este período. Contudo, a Figura 36 mostra que essa tendência de queda já é registrada a partir de 1994/1995.

A análise das vazões diárias, mínimas e máximas, registradas nas últimas quatro décadas (1972 a 2011), chama a atenção quanto à amplitude máxima atingida, de 201,82 m<sup>3</sup>/s com medições realizadas no dia 25 de novembro de 2003 onde a vazão mínima registrada foi de 5,95 m<sup>3</sup>/s (Figura 38) e no dia 02 de fevereiro de 1979 onde se registrou vazão máxima de 204,77 m<sup>3</sup>/s (Figura 39).

É válido observar também, conforme ilustrado no gráfico da Figura 36, que as menores vazões mínimas registradas neste período analisado ocorrem a partir de 1994/1995 aproximadamente, corroborando com as informações obtidas na tabela anterior.

TABELA 11 - VAZÕES MÍNIMAS DIÁRIAS NA ESTAÇÃO FAZENDA JUCURUABA (1972 A 2011)

Ordem	Ano	Dia/Mês	Vazão m <sup>3</sup> /s
1	2003	25-nov	5,95
2	2003	26-set	6,60
3	2003	26-out	6,79
4	2003	27-ago	6,98
5	2003	28-jul	7,93
6	2001	6-nov	8,12
7	1999	10-jul	8,12
8	1999	17-set	8,31
9	2000	8-out	8,31
10	<b>1996</b>	4-jul	<b>8,31</b>

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

Org.: Miquelina Deina.

Entretanto, observa-se que a partir de 2003 as vazões mínimas apresentam tendência de elevação de seus valores (ainda que de forma discreta), o que parece corresponder ao acréscimo das vazões máximas a partir do ano 2000 (Figura 38).

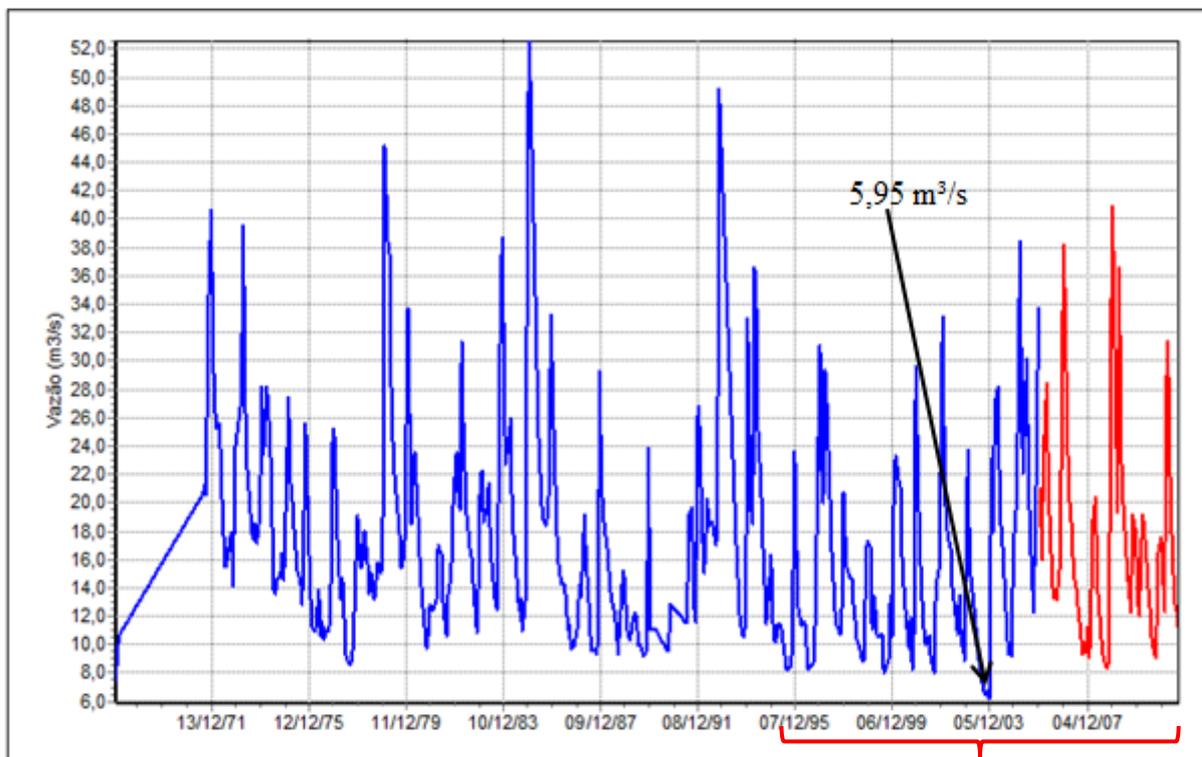


Figura 38 – Vazões mínimas diárias, gerado pelo Sistema Hidro 1.2 da Estação Fazenda Jucuruaba, entre 1972 a 2011, destacando a mínima registrada em 25 de novembro de 2003, com apenas 5,95 m<sup>3</sup>/s.

Nota: Dados consistidos – azul; dados brutos - vermelho.

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

A tabela 12 mostra as dez maiores vazões registradas entre 1972 a 2011, com destaque para a máxima ocorrida em 02 de fevereiro de 1979, com vazão de 204,77m<sup>3</sup>/s (Figura 39), uma das maiores cheias da história do rio. O segundo valor máximo só foi atingido em 31 de outubro de 2009 com vazão máxima de 195,01 m<sup>3</sup>/s, ou seja, trinta anos após a primeira grande cheia do período analisado.

É válido observar neste período de 30 anos, a contar entre a primeira grande cheia (1979) e a segunda (2009), que as vazões máximas que mais se aproximaram das duas primeiras foram a de 1985 com descarga fluvial de 179,74 m<sup>3</sup>/s e 1997 com descarga fluvial de 178 m<sup>3</sup>/s. Nota-se, portanto, que estes valores apesar de elevados estão consideravelmente abaixo das duas grandes cheias até então registradas.

É a partir do ano 2000 que são registrados os maiores volumes de descarga fluvial neste trecho do rio, pois das dez maiores vazões selecionadas entre 1972 a 2011, seis delas foram registradas entre o ano 2000 e 2011, com destaque para o ano de 2009 no qual foram registradas três das dez maiores vazões do período acima avaliado. Ou seja, das quatro últimas décadas analisadas só a última delas possui, entre as dez maiores vazões registradas, seis no ranking das mais elevadas.

TABELA 12 - VAZÕES MÁXIMAS DIÁRIAS NA ESTAÇÃO FAZENDA JUCURUABA (1972 A 2011)

<b>Ordem</b>	<b>Ano</b>	<b>Dia/Mês</b>	<b>Vazão m<sup>3</sup>/s</b>
1	<b>1979</b>	02-fev	<b>204,77</b>
2	<u>2009</u>	31-Out	195,01
3	<u>2009</u>	09-Jan	193,39
4	<u>2009</u>	01-Nov	187,87
5	1985	15-jan	179,74
6	1997	20-dez	178,00
7	1973	13-mar	174,00
8	<u>2011</u>	01-Jan	169,23
9	<u>2003</u>	17-jan	166,00
10	<u>2001</u>	18-nov	164,00

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

Org.: Miquelina Deina.

No gráfico da Figura 39 é, igualmente, possível observar que entre 1979 e 2009 há poucos picos de vazões máximas que se aproximam dos dois maiores picos até então registrados. Entre estes estão as vazões máximas de 15 de janeiro de 1985 atingindo valor de 179,74m<sup>3</sup>/s e

20 de dezembro de 1997 com vazão máxima de 169m<sup>3</sup>/s. É também válido observar que além da segunda maior vazão máxima desde 1972 registrada em 2009, neste mesmo ano foram registradas a terceira (09/01/2009) e a quarta (01/11/2009) vazão máximas de todo o período analisado, 193,39m<sup>3</sup>/s e 187,87m<sup>3</sup>/s respectivamente (Tabela 12).

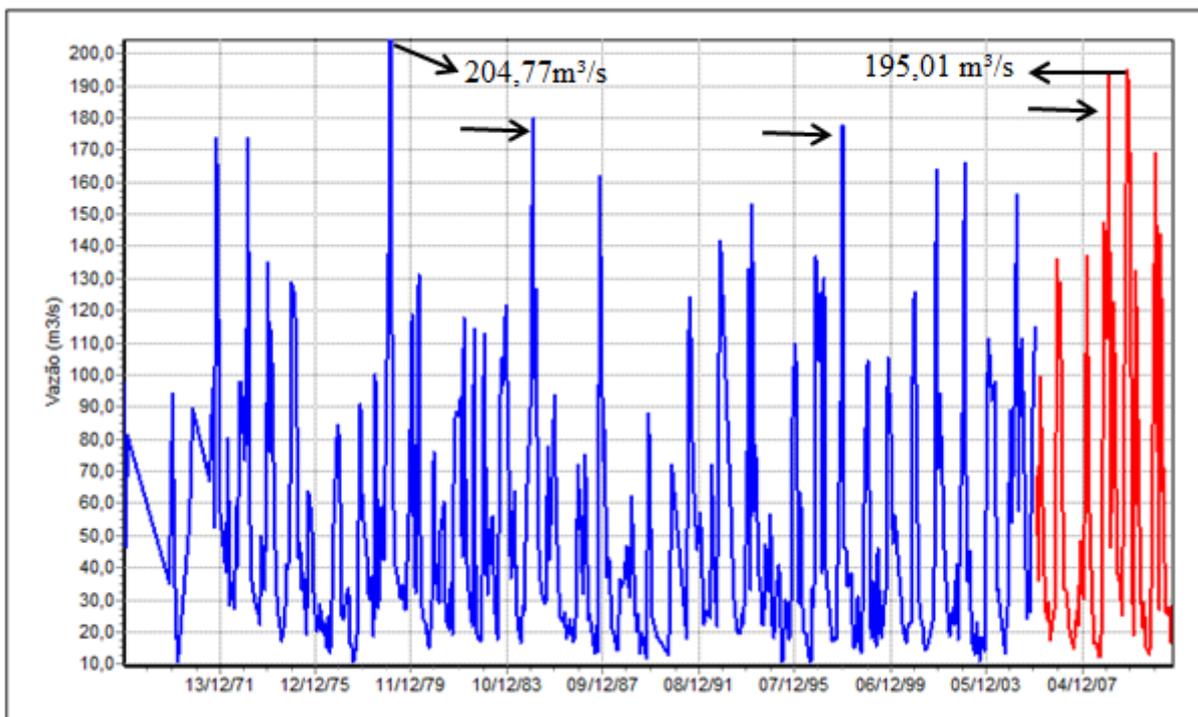


Figura 39 – Vazões máximas, gerado pelo Sistema Hidro1.2 da Estação Fazenda Jucuruaba, entre 1968 a 2005, destacando as máximas registradas em 02 de fevereiro de 1979 com 204,77m<sup>3</sup>/s e 2009 com 195,01 m<sup>3</sup>/s.

Nota: Dados consistidos – azul; dados brutos - vermelho.

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

Nesta quarta vazão máxima registrada, em 01 de novembro de 2009, o rio Jucu em seu baixo curso transbordou, atingindo o nível máximo de segurança de 3,1 metros em relação ao dique localizado em sua margem esquerda, sendo necessário um trabalho de emergência através da elevação da barreira do dique em 0,70 cm em um trecho de 1,5 quilômetros (COSTA, 2009). Tais reparos foram realizados para evitar o extravasamento da água através do dique e um possível rompimento do mesmo, o que ocasionaria consequências alarmantes, pois grande parte do município de Vila Velha ficaria em baixo d'água, como ocorreu na grande enchente de 1960 antes da construção do mesmo. Esta grande enchente alagou as áreas mais urbanizadas do município e motivou, conseqüentemente, a construção do dique que resolve, em parte, até hoje os alagamentos da região (MEDEIROS, acesso em 21 fev. 2013).

#### 4.2.6 Cotas Altimétricas

Para melhor analisar o comportamento hidrológico do rio Jucu, especialmente no que se refere as vazões máximas, são analisadas igualmente as cotas máximas observadas entre o período de 1972 a 2011 (Figura 40).

Entre 1972 até por volta de meados da década de 1990, a cota máxima atingida foi de 5,2 m referente à grande enchente ocorrida em 02 de fevereiro de 1979 (Figura 40). Entretanto, há que se lembrar que não há registro desses dados em alguns intervalos de tempo, mas o que tudo indica através dos dados devidamente registrados é que esta realmente foi a maior cota até então.

Porém, a partir deste período (meados da década de 1990 aproximadamente) nota-se tendência de aumento da cota máxima atingida nesta estação hidrometeorológica, cujo valor em 31 de outubro de 2009 foi de 6 m, data em que o rio atingiu a segunda maior vazão máxima de todo o período analisado, que foi de 195,01m<sup>3</sup>/s (Tabela 12). Aumento este bastante expressivo, especialmente ao considerar-se a competência e capacidade<sup>32</sup> do rio.

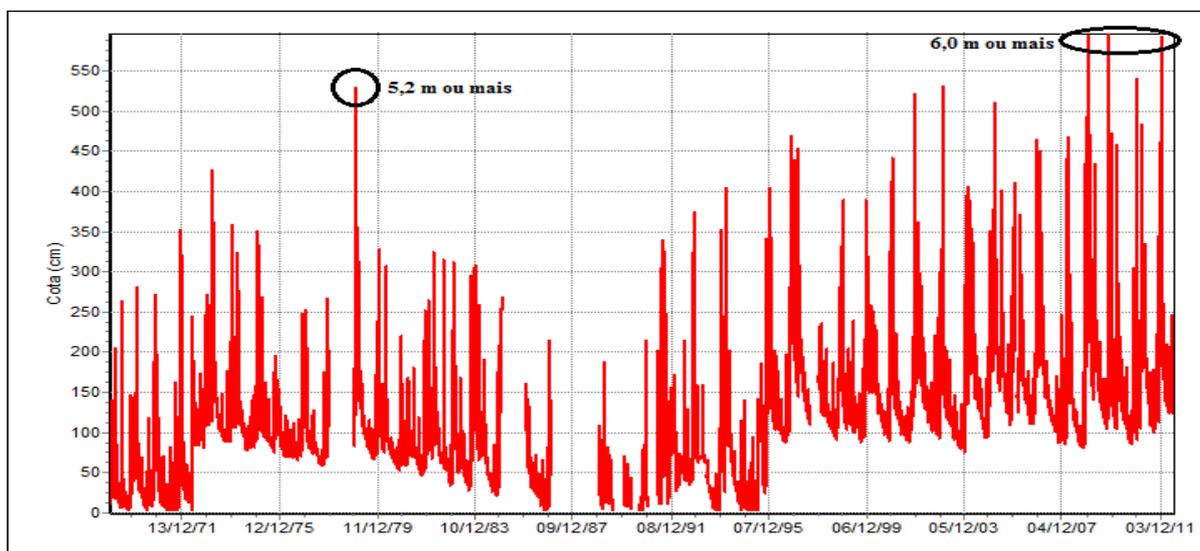


Figura 40 – Cotas máximas, gerado pelo Sistema Hidro da Estação Fazenda Jucuruaba, entre 1968 a 2011, destacando as cotas máximas registradas em 1979 de 5,2 m e 2009 de 6,0 m.

Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 24 jan. 2013.

<sup>32</sup> O termo *competência* do rio é usado na literatura para referir-se ao tamanho máximo do material que pode ser transportado por ele. Enquanto o termo *capacidade* refere-se ao volume de carga que pode ser transportado pelo rio (Cunha, 2005).

Na última década analisada, o valor das cotas apresentou significativo aumento ao mesmo tempo em que a vazão máxima também aumentou. Entretanto, alguns dados chamam a atenção, pois em 1979 registrou-se a maior vazão máxima de todo o período analisado (204,77 m<sup>3</sup>/s) enquanto a cota máxima deste ano foi de 5,2 m. Já em 2009, cuja vazão máxima foi de 195,01 m<sup>3</sup>/s, a cota máxima atingiu 6,0 m. Ou seja, os valores das cotas máximas apresentaram aumento consideravelmente superior ao das vazões máximas analisadas.

Tal fato sugere, por exemplo, mudanças no sistema de uso da terra que podem ter provocado a diminuição do total de água infiltrada no solo (em função do desmatamento, pavimentação, construção de vias etc), o que induz a um maior e mais acelerado escoamento superficial das águas das chuvas, que por sua vez provoca erosão e leva uma quantidade maior de sedimentos a acançar a calha do rio e, desta forma, provocar o assoreamento do leito.

É importante destacar que na região do entorno da Estação Fazenda Jucuruaba (Figura 44), estão localizadas consideráveis porções urbanas do município de Viana, incluindo sua sede, cujo adensamento populacional tem se intensificado consideravelmente nas últimas décadas. Neste trecho, ao longo da BR 262, também se localizam algumas pequenas indústrias e empresas. A drenagem desta região urbanizada e seu entorno converge justamente para o trecho do rio onde se localiza a Estação Fazenda Jucuruaba.

Além disso, a região no entorno da estação encontra-se, atualmente, bastante desmatada, cujas terras não urbanizadas são ocupadas para cultivos agrícolas e pastagens, havendo muitos trechos do rio sem mata ciliar (Figuras 41 a 43).



Figura 41 – Áreas de pastagens e cultivos agrícolas em trecho do baixo Jucu logo a jusante a Estação Fazenda Jucuruaba.

Foto: Miquelina Deina, em 26-05-2013.



Figura 42 – Áreas de cultivos agrícolas em trecho do baixo Jucu logo a jusante a Estação Fazenda Jucuruaba. Foto: Miquelina Deina, em 26-05-2013.



Figura 43 – Trecho do Jucu logo a jusante a Estação Fazenda Jucuruaba compreendido por vários meandros. Foto: Miquelina Deina, em 26-05-2013.

Há que se considerar ainda as possíveis alterações hidrológicas e morfológicas a montante desta área, no médio e alto Jucu, que por vezes podem se refletir nas alterações hidrológicas deste local.

Estas observações constituem-se em importantes subsídios na suposição de um possível processo de assoreamento nos últimos anos, que por sua vez, pode ser um dos motivos da elevação das cotas estar proporcionalmente maior que a elevação das vazões máximas nos últimos anos.

Entretanto, para melhor avaliar as causas e consequências da elevação das cotas, especialmente nos últimos anos, são analisados na sessão a seguir dados referentes ao perfil transversal deste trecho do rio (Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba).

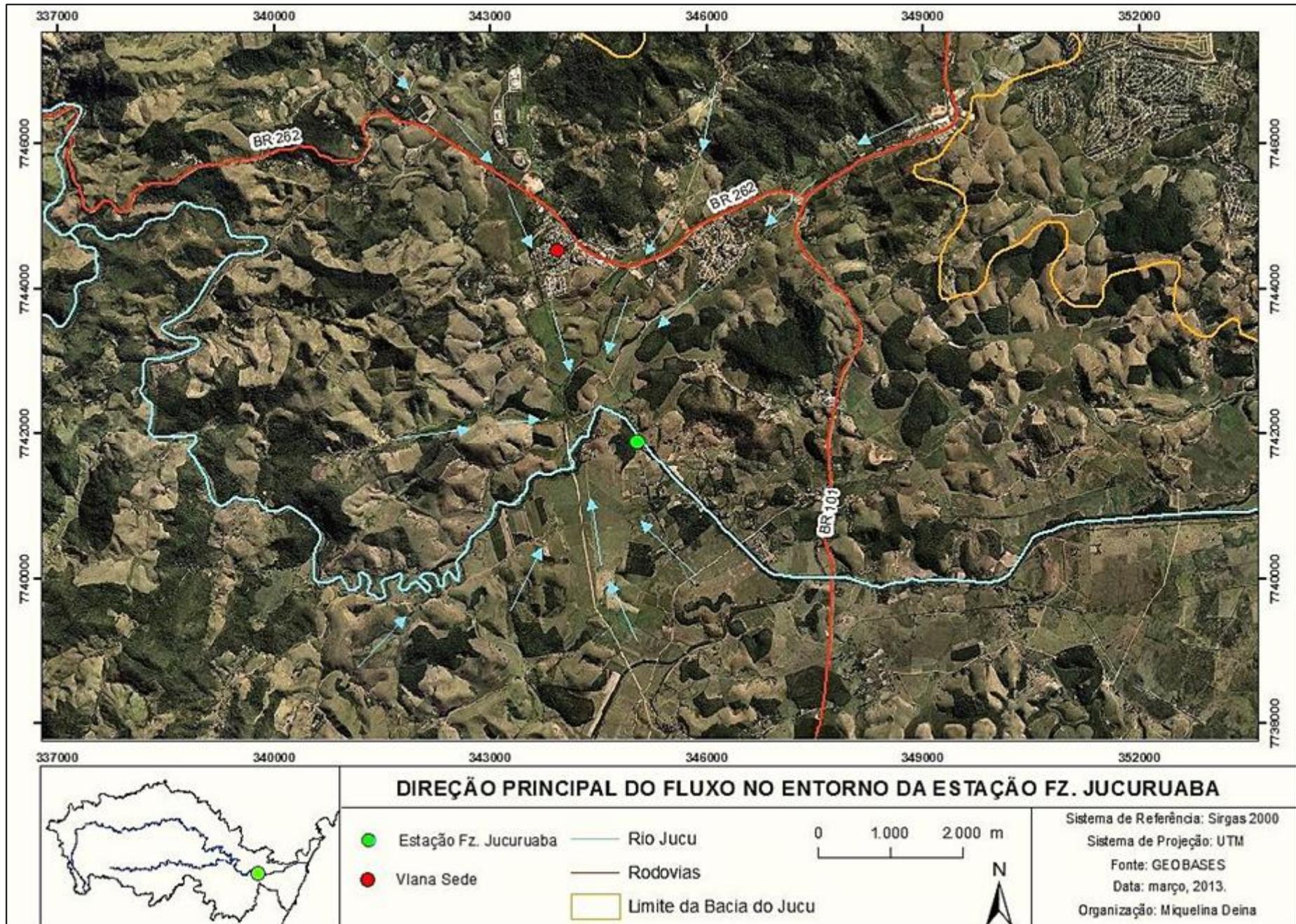


Figura 44 – Imagem da região ao entorno da Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba, com setas indicando a direção principal dos fluxos.

#### **4.2.7 Perfil Transversal**

Os dados de perfil transversal do trecho do rio Jucu correspondente à Estação Fazenda Jucuruaba disponíveis no site da ANA são da década de 1990 em diante. Porém, na década de 1990 há apenas quatro registros efetuados: 1992, 1994, 1995 e 1999. É a partir de 2001 que estes dados passam a ter registro constante ano a ano.

Com base nos dados disponíveis, foi possível perceber que há quatro registros de perfil transversal deste trecho do rio que divergem significativamente dos demais (Figura 45). São eles: 1992, 1994, 1995 e 2009. Os perfis referentes a 1992 e 1994 apresentam a calha do rio bem mais aprofundada que os demais, com valores negativos que chegam a -2m. Além disso, o fundo é bastante irregular e há um deslocamento significativo das margens comparando-as aos demais, pois estas estão mais erodidas em seu lado esquerdo e sedimentadas no lado direito. A morfologia que estes dois perfis apresentam indicam período de maior entalhamento do fundo do leito, enquanto as cotas máximas registradas para esses dois perfis transversais chegaram ao máximo de 5m.

O perfil transversal de 1995 apresenta-se com muitas semelhanças aos dois anteriores, contudo com a calha do rio bem menos profunda, cujo valor máximo foi de -1m. O leito do rio continuou apresentando bastante rugosidade, enquanto a cota máxima atingida neste período foi um pouco maior que as anteriores (5,5m). Enfim, a morfologia geral deste perfil também indica período de maior entalhamento do fundo do leito.

Quanto aos perfis transversais registrados a partir de 1999, estes apresentam morfologia bastante diferenciada dos anteriores. Há um deslocamento significativo das margens em direção ao lado direito, enquanto as cotas elevam-se significativamente chegando a atingir 6,5m a 7m.

Ao encontro dessas informações, a calha do rio nestes perfis encontra-se bem menos profunda, com valor geral entre 0 e -0,5m, no máximo. Outro detalhe importante é que o fundo apresenta-se bem menos rugoso, com significativo alargamento das margens. Tais informações contribuem para a suposição de que, especialmente a partir do ano 2000, parece haver um possível processo de assoreamento do leito do rio, conforme comentado na sessão anterior sobre os dados gerais de cotas. Esse provável processo de assoreamento do fundo pode ter contribuído, inclusive, para o alargamento das margens ao dar vazão a água.

O último perfil transversal em destaque é o de 2009, pois este também apresenta morfologia de alargamento das margens, elevação da cota que chegou a 6m aproximadamente e assoreamento do fundo do leito, porém este último bem mais acentuado que os anteriores, cujo valor máximo ficou entre 0,25 a 0,5m (Figura 45), o que contribui ainda mais com as informações anteriores de processo de assoreamento do fundo do leito nos últimos anos.

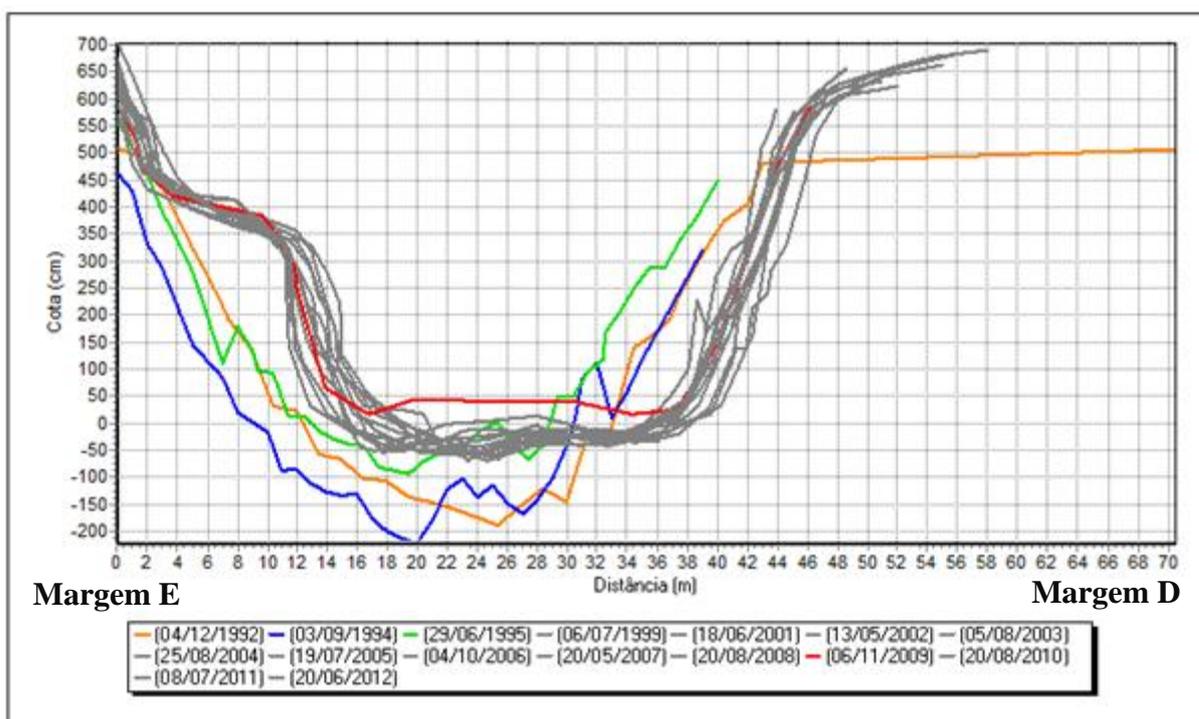


Figura 45 – Perfis transversais da Estação Fazenda Jucuruaba, no qual encontram-se destacadas com cores diversas apenas as linhas cujo perfil transversal mostrou-se bastante desigual em relação aos demais. Fonte de dados: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

Além dos dados hidrológicos até aqui trabalhados e em função dos constantes alagamentos e inundações que atinge a região do baixo curso do Jucu especialmente, foram também analisados nesta pesquisa o período de retorno das vazões máximas, com o objetivo de obter estimativas que possam contribuir para a adoção de medidas que ao menos amenizem o impacto das grandes cheias na região, conforme tratado na sessão a seguir.

#### 4.2.8 Período de Retorno

O risco de uma vazão ou precipitação de valor “n” voltar a ocorrer é entendido como a probabilidade de ocorrência de um valor igual ou superior num ano qualquer. Neste sentido, o Período de Retorno ou intervalo de recorrência de uma enchente (ou de um evento

hidrológico) é o tempo médio, em anos, em que essa enchente é igualada ou superada pelo menos uma vez (TUCCI, 2003).

Deste modo, além dos dados hidrológicos já analisados nesta pesquisa, através dos dados das vazões máximas verificou-se, igualmente, o período de retorno das mesmas (Figura 46), uma vez que, este revela com maior precisão através de cálculos estatísticos, a probabilidade de ocorrência de uma grande cheia como a que aconteceu em 1979 no rio Jucu.

O cálculo do período de retorno desses eventos foi realizado segundo vários métodos disponíveis na literatura. O primeiro deles foi o método de probabilidade de frequências utilizando cálculo manual da distribuição normal, com estimativas de período de retorno de 10, 50 e 100 anos (LANNA, 2009).

Entretanto, neste caso utilizaram-se apenas os dados consistidos de 1972 a 2005, tendo em vista que esta foi a série de dados disponível no Software Siscach 1.0 para efetuar o cálculo do período de retorno com base nos demais métodos de pesquisa. Sendo assim, para possibilitar a comparação entre os vários métodos, o cálculo manual também foi efetuado com base neste intervalo de tempo.

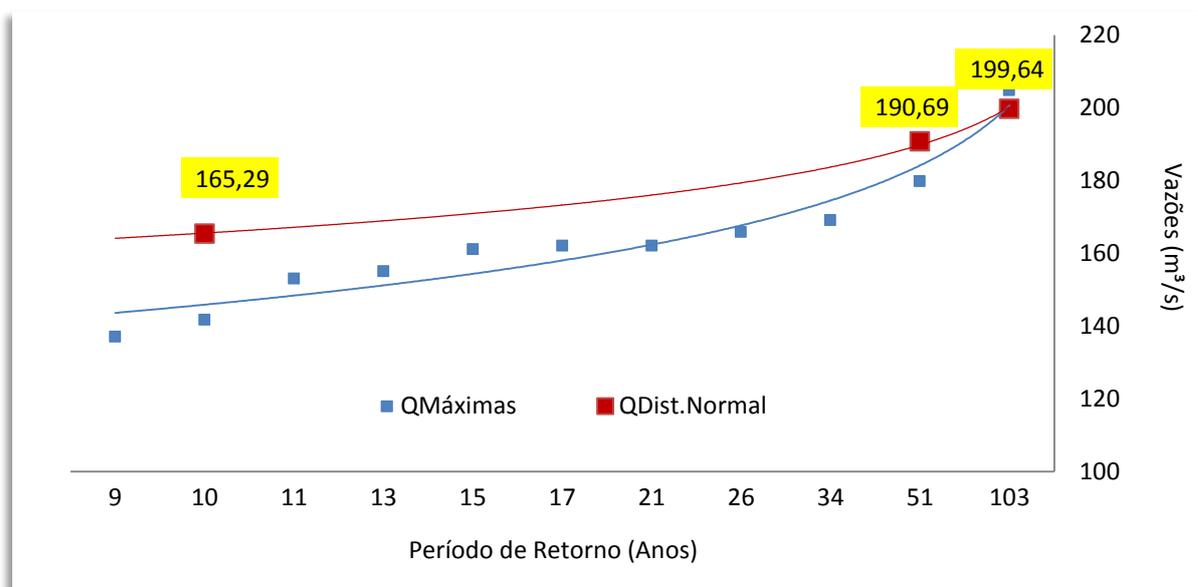


Figura 46 – Estimativa do período de retorno das vazões máximas, Estação Fazenda Jucuruaba (1972 a 2005), conforme método de cálculo manual de distribuição normal, com estimativas de 10, 50 e 100 anos de período de retorno.

Org.: Miquelina Deina.

Os valores expressos para este período analisado (Figura 46) indicaram que num período de 10 anos podemos ter novamente picos de vazões em torno de 165,29m<sup>3</sup>/s, valor este muito superior ao valor médio que é de 51,8 m<sup>3</sup>/s. Para um período de 50 anos é possível atingir valores de vazões máximas de aproximadamente 190,69m<sup>3</sup>/s e num período de 100 anos valores de vazões por volta de 199,64m<sup>3</sup>/s.

Contudo, conforme os demais métodos disponíveis na literatura, os valores de período de retorno variam um pouco. A tabela 13 traz diferentes valores calculados pelo software Sischah 1.0, além dos valores gerados pelo cálculo manual de distribuição de frequências.

TABELA 13 – ESTIMATIVA DO PERÍODO DE RETORNO DAS VAZÕES MÁXIMAS DA ESTAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA FAZENDA JUCURUABA (1972 A 2005)

MÉTODOS DE CÁLCULOS						
Período de Retorno	Pearson 3*	Log Pearson 3*	Log Normal 2*	Log Normal 3*	Gumbel*	Distribuição Normal**
<b>10 anos</b>	169,53 m <sup>3</sup> /s	173,26 m <sup>3</sup> /s	169,31 m <sup>3</sup> /s	169,10 m <sup>3</sup> /s	176,88 m <sup>3</sup> /s	165,29 m <sup>3</sup> /s
<b>50 anos</b>	205,26 m <sup>3</sup> /s	228,17 m <sup>3</sup> /s	210,03 m <sup>3</sup> /s	202,45 m <sup>3</sup> /s	228,73 m <sup>3</sup> /s	190,69 m <sup>3</sup> /s
<b>100 anos</b>	218,97 m <sup>3</sup> /s	253,02 m <sup>3</sup> /s	226,63 m <sup>3</sup> /s	215,07 m <sup>3</sup> /s	250,64 m <sup>3</sup> /s	199,64 m <sup>3</sup> /s

Fonte – \* Cálculos efetuados pelo software Sischah 1.0. \*\* Cálculo manual de distribuição normal.  
Org.: Miquelina Deina.

Com base nos valores de período de retorno apresentados pelos diferentes métodos de cálculos acima apresentados, decidiu-se para esta pesquisa efetuar uma média geral de todos esses valores (Tabela 14), pois entendemos que os resultados expressos por todos os métodos analisados aqui, não apresentaram diferenças significativas quanto às consequências geradas a partir desses eventos de cheia, haja vista que mesmo o menor valor de vazão máxima num período de retorno de 10 anos é significativamente superior à média das vazões máximas já registradas (51,8 m<sup>3</sup>/s), o que já é suficiente para causar transtornos significativos à região.

Ambos os valores apresentados chamam a atenção, desde o menor ao maior valor, pois revelam a necessidade de medidas preventivas contra as grandes cheias que ocorrem de tempos em tempos na história dos rios. Além disso, o cálculo do período de retorno serve como importante ferramenta no auxílio ao planejamento urbano ambiental na tomada de

decisão por parte do poder público e demais órgãos e instituições que de alguma forma tem o poder e o dever de intervir nestas situações.

TABELA 14 – MÉDIA DOS DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO DAS VAZÕES MÁXIMAS DA ESTAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA FAZENDA JUCURUABA (1972 A 2005)

<b>Período de Retorno</b>	<b>Média dos diferentes valores de períodos de retorno</b>
<b>10 anos</b>	170,568 m <sup>3</sup> /s
<b>50 anos</b>	210,892 m <sup>3</sup> /s
<b>100 anos</b>	227,332 m <sup>3</sup> /s

Org.: Miquelina Deina.

Como exemplo, a escolha do período de retorno a ser adotado num projeto define a relação entre os investimentos envolvidos para reduzir as frequências das inundações e os prejuízos aceitos. Para projetos relacionados a zoneamento de áreas ribeirinhas o tempo de retorno mais adequado é de 100 anos, haja vista que estes zoneamentos envolvem a ocupação dessas áreas por populações humanas onde grandes inundações podem acarretar não só prejuízos materiais, mas também prejuízos humanos (TUCCI, 2003).

Na região do baixo curso do Jucu há muitos bairros, alguns mais antigos outros em processo de formação e expansão, em áreas consideradas críticas quanto aos episódios de inundações, pois sofrem constantemente com os eventos de cheia do rio. Um exemplo bastante emblemático desta realidade é o bairro Pontal das Garças e seu entorno situado à margem esquerda do Jucu ao lado do dique, pois este sofre com os alagamentos constantes a qualquer evento de chuva um pouco mais pronunciada, causando muitos transtornos aos moradores, como perdas materiais e outras.

A foto abaixo (Figura 47) mostra o Bairro Pontal das Garças completamente alagado após as chuvas de janeiro de 2011, período em que foi registrada a oitava maior vazão máxima da história do rio nos últimos quarenta anos, 169,23m<sup>3</sup>/s em 01 de janeiro de 2011 (Tabela 12 da seção 4.2.5).

Desta forma, dados como os de período de retorno de vazões máximas como os analisados acima são de fundamental importância para um planejamento urbano ambiental integrado, pois a partir deles e demais informações pertinentes é possível a adoção de uma série de

medidas preventivas para solucionar ou amenizar os problemas relacionados às grandes inundações na região por parte especialmente do poder público.



Figura 47 – Pontal das Garças em janeiro de 2011.

Fonte: TV Gazeta. Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/58140201@N03/5343597595/in/photostream>>  
Acesso em: 14 mar. 2013.

O município de Vila Velha em seu atual Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável (PMVV, 2011) menciona a importância do período de retorno como um importante critério a ser utilizado em projetos de drenagem, mas não há ainda nenhuma ação ou proposta mais concreta a respeito.

#### 4.3 A FOZ DO JUCU E SUA INFLUÊNCIA ESTUARINA NO COMPORTAMENTO HIDROGEOMORFOLÓGICO DO BAIXO CURSO

A foz do rio Jucu localiza-se num ambiente altamente mutável, pois está situada no encontro entre o continente e o oceano, região constantemente alterada por processos costeiros como a ação de ondas, correntes costeiras, marés (grifo nosso) e ao aporte de sedimentos (SILVA *et al.*, 2004). Está associada à presença de um cordão litorâneo na margem esquerda da foz,

sendo este interrompido por um afloramento rochoso na margem direita da mesma (Figura 48).



Figura 48 – Foz do Rio Jucu, Vila Velha (ES).

Fonte: <<http://jt-corretora-imoveis.blogspot.com.br/2012/06/area-para-incorporacao-24.html>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

É uma região estuarina que, segundo Pritchard citado por Silva e outros (2004, p.201), são definidas como “[...] corpos d’ água, semiconfinados, onde ocorre a mistura da água doce vinda do continente, com a água salgada do oceano”. Os processos físicos predominantes, como ação das marés, ventos, ondas e a descarga fluvial, produzem gradientes de densidade que determinam a circulação estuarina. Esta definição baseia-se na salinidade da água e é segundo Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1991) a mais utilizada, pois relaciona os processos químicos e biológicos que ocorrem na interface continente-oceano.

É importante ressaltar que os estuários também são áreas de elevada produtividade biológica e fertilidade, local onde ocorre, por exemplo, o ciclo reprodutivo de muitas espécies aquáticas. Desta forma, são importantes áreas de preservação ambiental, altamente influenciados por fatores fluviais e marinhos, constituindo-se em significativos sítios de sedimentação (DEINA *et. al.*, 2011).

Neste complexo contexto de ambientes situados na interface continente-oceano, como é o caso do ambiente estuarino da foz do rio Jucu, é importante destacar a influência da maré, em especial a maré de sizígia, no comportamento hidrológico do baixo curso do rio Jucu e áreas de sua influência, como as planícies fluviais adjacentes.

As cheias deste rio são frequentemente agravadas pelos eventos de marés elevadas, onde a vazão da água do rio em direção à desembocadura é interrompida pela elevação da maré, que adentra o baixo curso por metros e até quilômetros a fio, promovendo uma mistura entre a água salgada do oceano e a água doce do continente.

A proporção de tal evento pode levar a consequências alarmantes. Sem vazão para o oceano, a água do rio transborda para as planícies adjacentes, alagando imensas áreas que incluem desde áreas de pastagens a bairros residenciais inteiros, como é o caso do bairro Pontal das Garças (Figura 49) situado na margem esquerda do Jucu. Conforme citado por Coelho (2010), neste bairro, em momentos de marés altas de sizígia, a região é frequentemente inundada com águas pluviais que não conseguem escoar em direção à desembocadura.



Figura 49 – Região do baixo rio Jucu, município de Vila Velha (ES), sujeita eventos de inundações como o bairro Pontal das Garças.

Fonte: Jornal A Tribuna – Vitória (ES) - 04/12/2008, Pg.6 – Caderno Cidades – Leonel Albuquerque.

## **5. ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU**

### **5.1 BREVE HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU ATÉ 1970**

A palavra Jucu é de origem tupi-guarani e significa árvore de canela. É um rio de grande importância histórica, pois serviu às primeiras incursões no sertão capixaba, possibilitando o desbravamento dos municípios de Vila Velha, Cariacica e Viana (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009).

No decorrer de sua história, o rio Jucu tem sido objeto de intervenções antrópicas, sobretudo na região do baixo curso, tendo passado por obras de retificações e drenagem, além de obras de transposições (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009).

A primeira grande intervenção de influências significativas no rio Jucu foi feita pelos jesuítas na primeira metade do século XVIII, na localidade de Caçaroca em Cariacica, local próximo à atual captação da CESAN. Tal fato ocorreu a partir da construção de um corte ligando o Jucu ao Rio Marinho com o objetivo de facilitar o transporte de mercadorias dessa região à Baía de Vitória (Figura 50) (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009; SILVA, 2009;).

Na década de 1950, segundo informações da ANA (2012), o DNOS promoveu obras de retificação de um longo trecho do rio Jucu, desviando desta forma o rio Formate, que passou a desaguar no rio Marinho, formando uma bacia independente.

No século XX, segundo dados da ACQUATOOL CONSULTORIA (2009), o extinto DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento) abriu um dreno (o Canal das Neves) (Figura 50) com a finalidade de aumentar a capacidade de escoamento e minimizar as inundações. Além deste canal, conforme dados da ANA (2012), foram construídos na região do baixo curso vários outros canais artificiais de drenagem para facilitar o escoamento das águas.

Na época, década de 1950, o paradigma de desenvolvimento do país era a ocupação de novas áreas para expansão da fronteira agrícola, sofrendo o litoral capixaba com desmatamento e drenagem das “terras baixas” para sua exploração agrícola. Neste contexto, o DNOS atuou em obras para aprofundar a calha do rio e retificar o seu curso, visto que tais intervenções

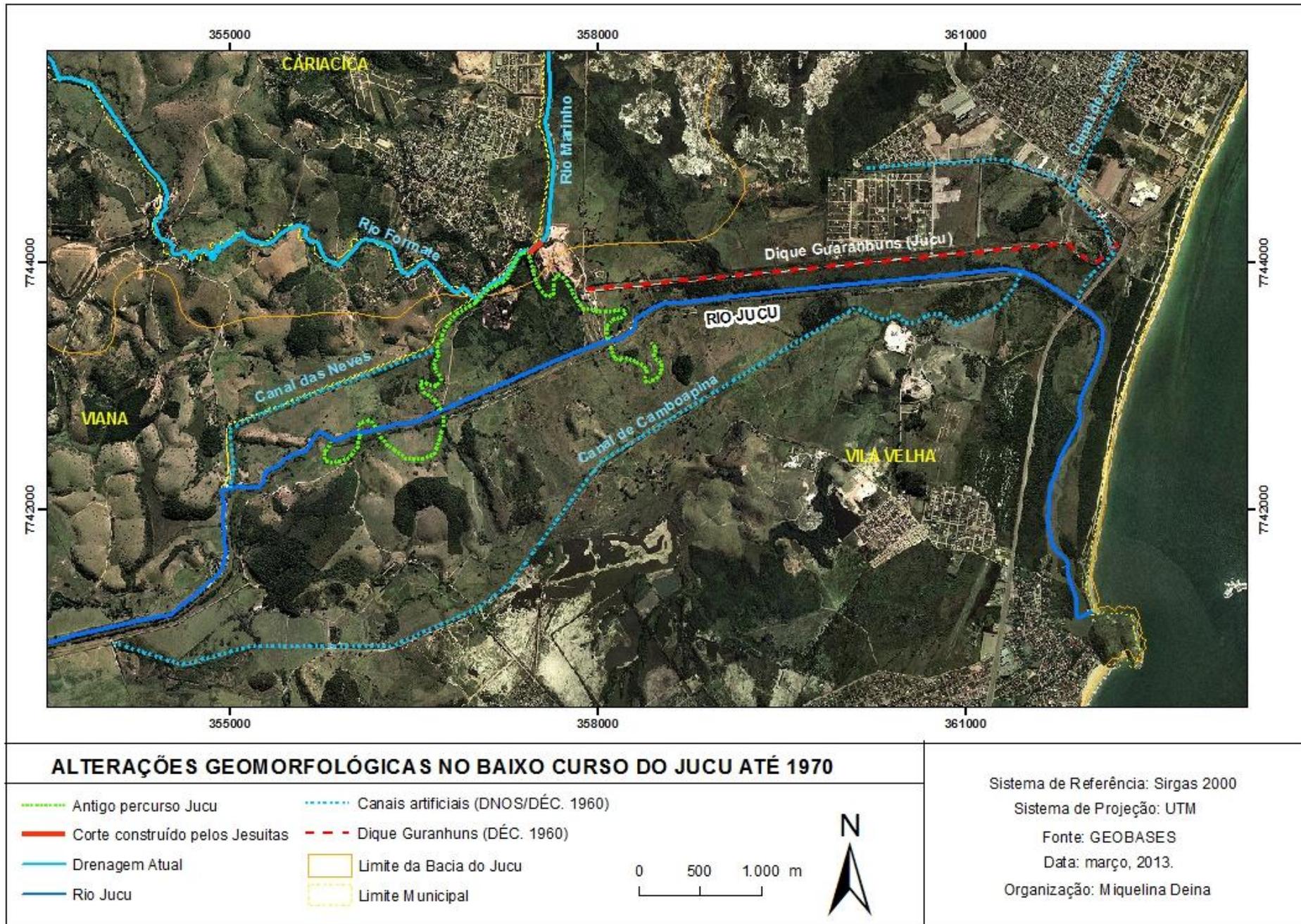


Figura 50 – Alterações morfológicas no baixo curso do rio Jucu até 1970.

permitiriam oferecer às atividades agrícolas uma nova área de cerca de 6.000 ha, que até o momento estavam frequentemente sujeitas a inundações ou alagadas permanentemente (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009).

Ainda na década de 1950, a CESAN construiu o Canal Marinho, corpo d'água semi-paralelo ao traçado original do rio Marinho e coincidente com o mesmo em alguns locais. O objetivo era o tratamento e a adução das águas do sistema para abastecimento da Grande Vitória. Contudo, a prática de produção de água potável em grandes corpos d'água é de difícil controle, tornando o sistema obsoleto, uma vez que, o elevado nível de poluição a que o rio Marinho se encontrava, com o crescimento acelerado da urbanização em Cariacica e Vila Velha, tornou a captação para abastecimento humano inviável (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009).

Em 1960, após uma grande cheia do rio Jucu que deixou grande parte da cidade de Vila Velha em baixo d'água (Figura 51), assim como as incontáveis que se registravam anualmente com o transbordamento das águas do rio Jucu, fez-se necessária a elevação da cota do Dique Guaranhuns (Dique do Jucu) que estava sendo construído na época da cheia e que foi parcialmente destruído durante o evento.

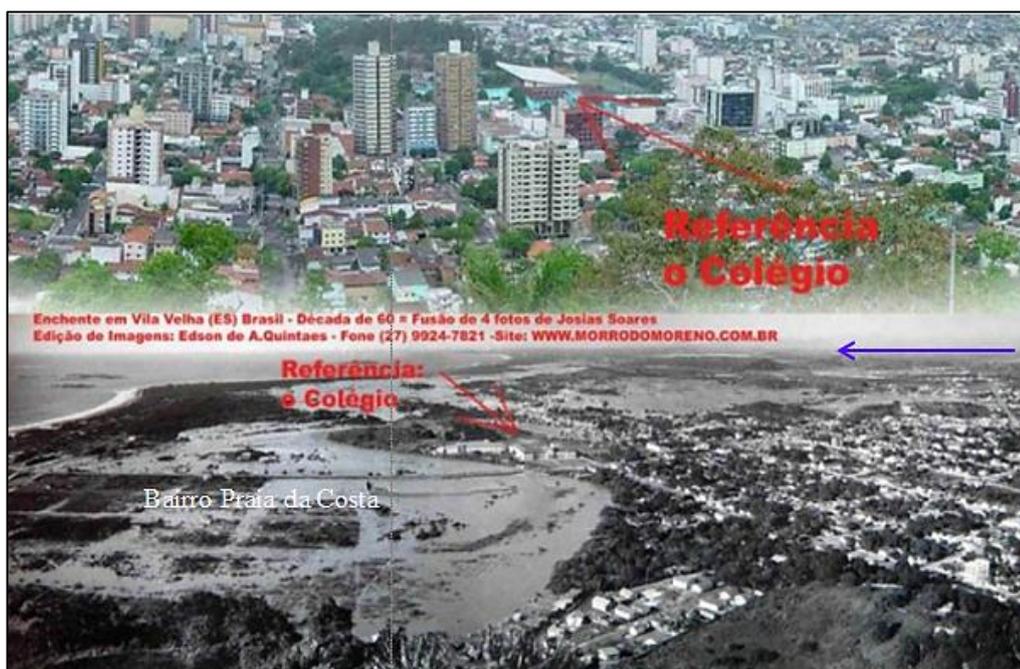


Figura 51 – Cidade de Vila Velha na enchente de 1960, seta azul indica posição aproximada do rio Jucu em direção a foz (Fusão de quatro fotos, editadas por Edson de A. Quintaes). Acervo: Edward Athayde d'Alcântara. Fonte: Disponível em: <http://www.morrodomoreno.com.br/materias/diluvio-em-vila-velha.html>, acesso em: 01 maio 2013.

O Dique Guaranhuns possui uma extensão aproximada de 3900m paralelo à margem esquerda do Jucu, extensão esta que se estende da Rodovia do Sol (ES 060) até a Estação de Tratamento de Água da CESAN em Caçaroca, na área de abrangência do Bairro Pontal das Garças em Vila Velha (Figura 52).

A construção do dique teve como objetivo barrar a água que extravasasse o rio e impedir que a mesma escoasse em direção à porção mais urbanizada de Vila Velha, abrangendo bairros como Novo México, Araçás, Guadalajara, Guaranhuns (Figura 52) (MEDEIROS, acesso em 21 fev. 2013). O dique até hoje resolve, em parte, o problema das inundações em Vila Velha, mas requer monitoramento constante e manutenção regular.

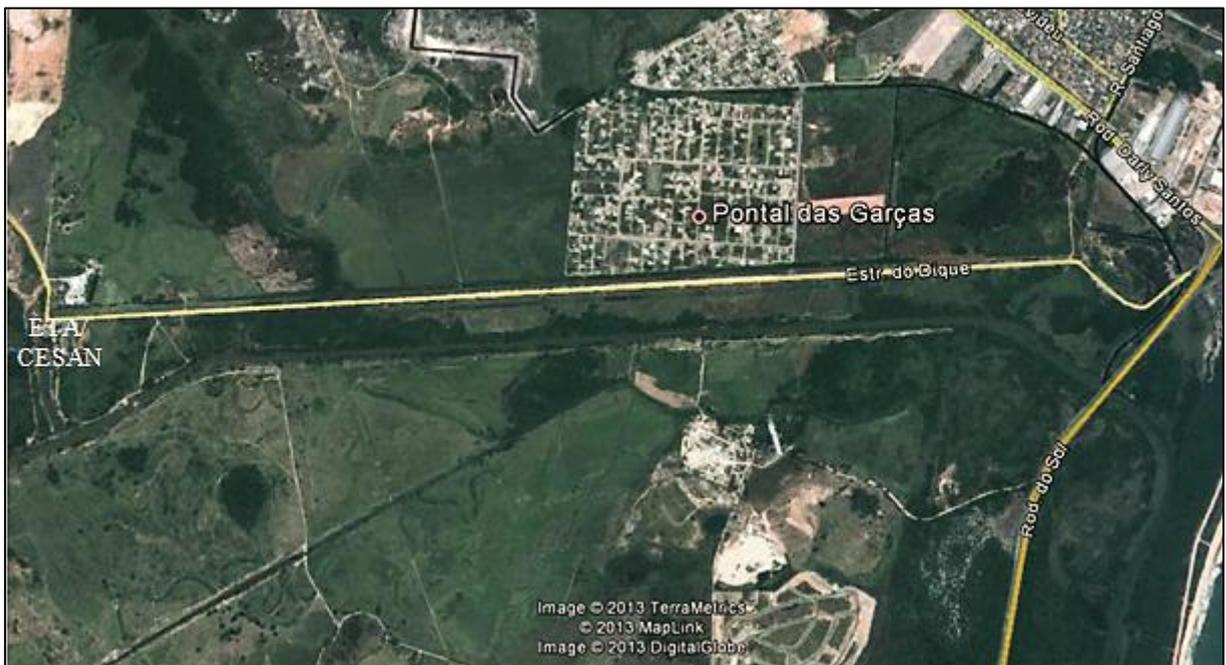


Figura 52 - Imagem extraída do Google em 04-05-2013, com destaque para a estrada do Dique Guaranhuns, situado na margem esquerda do Jucu.

## 5.2 VARIAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO BAIXO CURSO DO JUCU ATRAVÉS DE SÉRIES HISTÓRICAS DE FOTOS AÉREAS

As mudanças fluviais induzidas pelo homem conforme Park (1981) e Knighton (1984) citados por Cunha (2005) podem ser diretas ou indiretas. As diretas referem-se às modificações ocorridas diretamente no canal fluvial para controlar as vazões ou alterar a forma do canal, com objetivos de estabilizar margens, amenizar danos por alagamentos e inundações, atenuar

os processos erosivos e deposicionais etc. As mudanças fluviais indiretas resultam das atividades humanas na bacia, realizadas fora das áreas dos canais e que modificam o comportamento da descarga líquida e sólida do rio. São atividades relacionadas ao uso da terra.

Na região do baixo curso do rio Jucu pode-se observar ambas as alterações. As mudanças fluviais diretas sobre o rio Jucu, por exemplo, dizem respeito ao aprofundamento e retificação do canal principal em um importante trecho no seu baixo curso, além da construção de inúmeros canais artificiais de escoamento, construídos para drenar a água das partes baixas do terreno diretamente ao rio Jucu, conforme já mencionado. As mudanças indiretas no baixo curso do rio incluem, principalmente, o avanço da urbanização para áreas cada vez mais próximas ao curso principal com diferentes formas de uso e ocupação da terra.

Deste modo, para melhor averiguar estas transformações e suas consequências, é realizada a seguir a análise das variações geomorfológicas no baixo curso do rio Jucu a partir de 1970 por meio de fotografias aéreas de quatro períodos distintos: 1970, 1978, 1998 e 2008 (IEMA, 2010). Vale notificar que a área de recobrimento dessas imagens históricas corresponde predominantemente ao município de Vila Velha, destacando uma pequena parte do município de Viana e menor ainda do município de Cariacica. Desta forma, a análise das alterações morfológicas do baixo Jucu ficará centrada especialmente no município de Vila Velha.

Para iniciar a análise, o trecho do baixo curso do rio abrangido por todas as imagens, foi dividido em quatro segmentos principais, sendo estes assinalados nos mapas através de retângulos pontilhados para facilitar a identificação dos mesmos (Figura 53). As mudanças morfológicas identificadas no espaço ao longo das décadas foram assinaladas por meio de números. Para os cursos d'água (canais de escoamento e outros), além da marcação numérica, foi acrescentada marcação por meio de linhas pontilhadas sobre o próprio curso d'água.

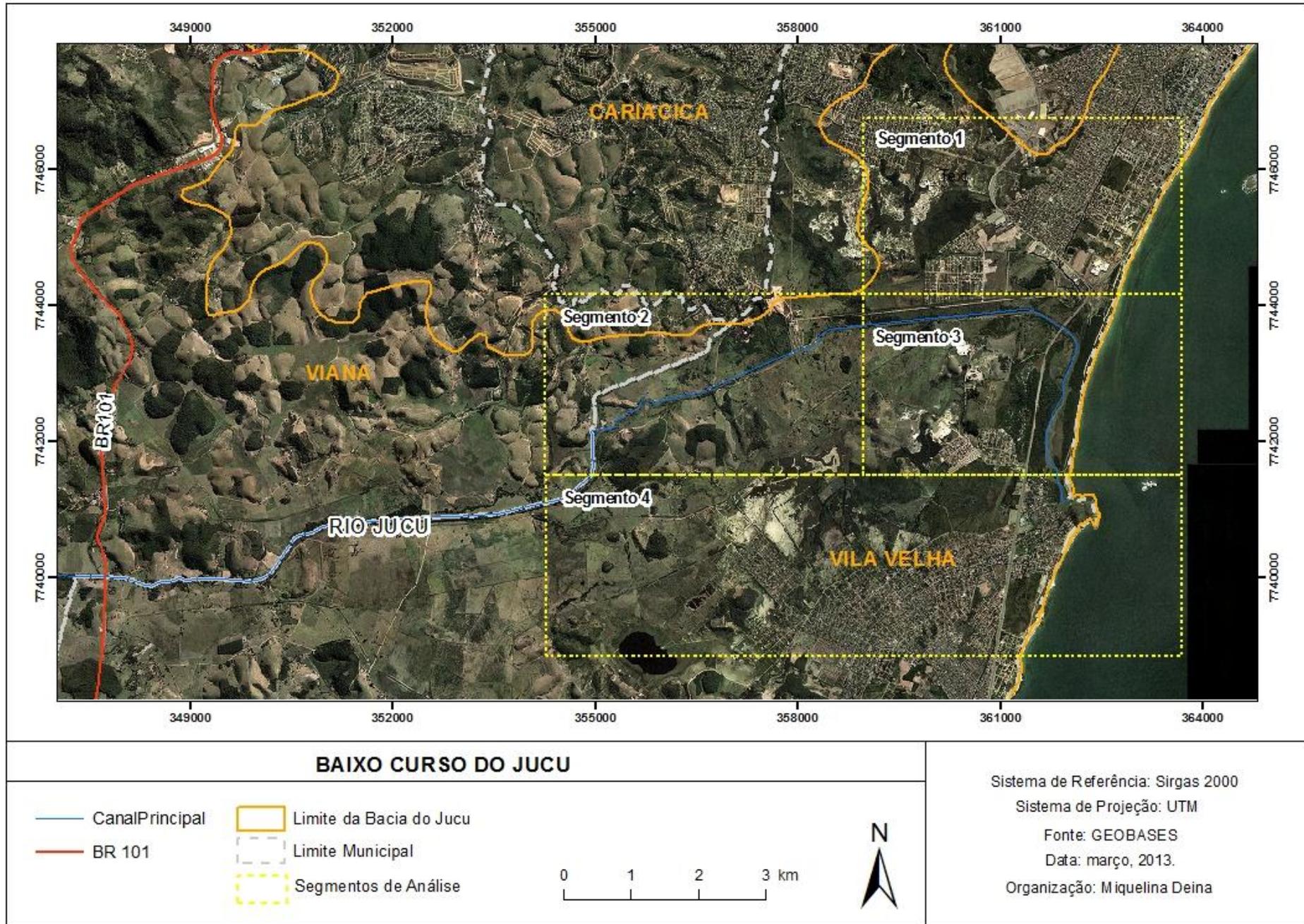


Figura 53 – Baixo curso do Jucu dividido em quatro segmentos para facilitar a análise das variações geomorfológicas no tempo e no espaço.

### **5.2.1 Variações Morfológicas do Primeiro Segmento Espacial**

O recorte espacial do primeiro segmento de análise (Figura 54) refere-se a uma área da bacia que merece atenção especial, pois está diretamente ligada à margem esquerda do rio Jucu, região de baixa topografia compreendida em grande parte pelas planícies fluviais, cuja urbanização é crescente.

Até 1970 esta região praticamente não tinha sofrido intervenções antrópicas relacionadas ao avanço da urbanização, sendo praticamente despovoada. As principais intervenções antrópicas observadas referem-se à construção de canais de escoamento d'água na década de 1960 pelo extinto DNOS (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009). Esses canais abrangem hoje bairros como: Araçás, Guaranhuns, Jockey de Itaparica, Pontal das Garças, Praia das Gaivotas e Darly Santos.

A foto aérea de 1978 evidencia, porém, um processo de urbanização em direção a esta região. Os numerais 1 e 2 assinalados na imagem mostram o processo inicial de parcelamento do solo. O número 1 representa um princípio de parcelamento a Oeste da região, onde hoje está localizado o bairro Vale Encantado, enquanto o número 2 situado a Leste da imagem compreende o parcelamento do solo onde hoje é o bairro Praia das Gaivotas.

Após duas décadas, em 1998, observa-se nesta região um processo de urbanização crescente e consolidado na direção Sul do município de Vila Velha e, conseqüentemente, em direção ao rio Jucu. Neste período, os locais assinalados pelos números 1 e 2 já se constituem em bairros completamente materializados, assim como os bairros de Araçás e Guaranhuns apontados pelo número 3 e Jockey de Itaparica assinalado na imagem pelo número 4.

Além dos bairros consolidados, em 1998 também se observa outros parcelamentos mais recentes, como os assinalados pelo número 5 correspondente hoje ao bairro Pontal das Garças e número 8 correspondente ao bairro Darly Santos.

Com o crescimento da urbanização na região outras mudanças espaciais são observadas, como a Rodovia Darly Santos assinalada pelo número 6, a Avenida Arlindo Valadão que liga a Rod. Darly Santos ao bairro Vale Encantado, assinalada pelo número 7. Além disso, houve mudanças na disposição dos canais de escoamento da região, uma vez que, o canal que antes margeava a atual Rod. Darly Santos, hoje já não é mais identificado no espaço.

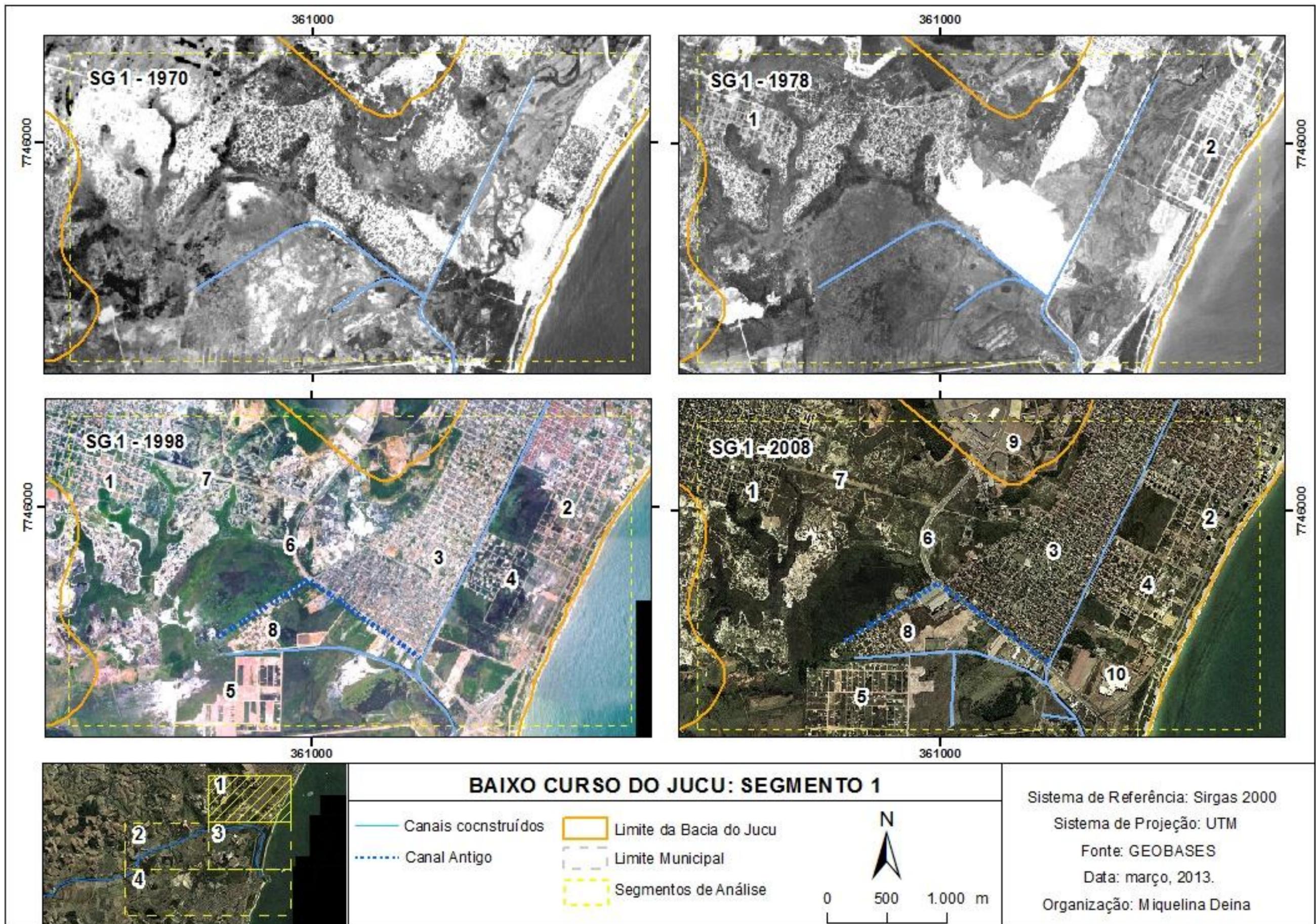


Figura 54-Variações morfológicas no baixo curso da bacia ao longo do tempo, referente ao primeiro segmento espacial selecionado.

Outro canal, semiparalelo ao canal que antes margeava a atual Rod. Darly Santos, foi construído mais ao sul, iniciando-se na altura do bairro Pontal das Garças, ligando-se ao canal do Araçás em direção ao Jucu.

Em 2008, a região apresenta-se ainda mais urbanizada (Figura 54), estando completamente consolidada nos bairros Pontal das Garças (Número 5) e Darly Santos (Número 8), porém com infraestrutura básica ainda muito precária (Figuras 55), além dos outros já concretizados na década de 1990. Neste período, observam-se também algumas mudanças ao Norte da região, assinalada na imagem pelo número 9, local onde se situam depósitos de contêineres cujo destino é o Porto de Capuaba, localizado no final da Rodovia Darly Santos na direção Norte, além de empresas alimentícias, galpões que funcionam como depósitos de mercadorias de algumas empresas e outros. Esta região é conhecida como área retroportuária, pois está inserida na logística de transporte e armazenamento de mercadorias destinadas ao Porto de Capuaba, especialmente.

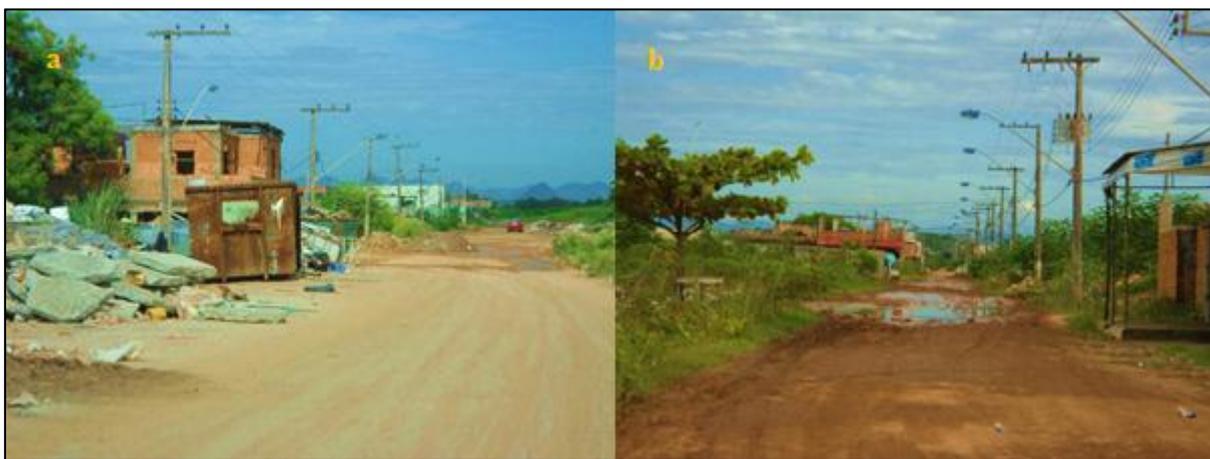


Figura 55 – a) Bairro Darly Santos b) Foto Bairro Pontal das Garças, em 06-04-2013. Foto: Miquelina Deina.

Outra mudança identificada na imagem de 2008 e que está marcada pelo número 10 é a construção do Shopping Boulevard (Figura 56) às margens da Rodovia Darly Santos e da Rodovia do Sol, estrategicamente localizado para atender a população dos bairros do entorno e situadas mais ao Sul de Vila Velha, como bairros da região da Grande Terra Vermelha.

Atualmente, ao lado esquerdo do shopping foi construído o Terminal de Ônibus de Itaparica com linhas que atendem a praticamente toda a região, além da Rodoviária de Vila Velha, recentemente transferida para esta localidade, ao lado do Terminal de Itaparica (Figura 57).

Deste modo, com o crescimento da infraestrutura urbana na região, a urbanização se torna ainda mais intensa e acelerada, o que requer do poder público competente atenção especial para que esta ocorra de maneira ordenada.



Figura 56 – Shopping Boulevard. Foto: Miquelina Deina, em 06-04-2013.



Figura 57 – Cruzamento da Rod. Darly Santos com a Rod. do Sol. Imagem de satélite do Google, pesquisada em 11/04/2013. Seta 1 indica Rodoviária de Vila Velha, seta 2 indica Terminal de Itaparica e seta 3 indica Shopping.

## 5.2.2 Variações Morfológicas do Segundo Segmento Espacial

As imagens do segundo segmento situam-se entre a divisão dos municípios de Vila Velha, Cariacica e Viana (Figura 58). É uma região constituída pelas planícies fluviais do baixo curso do Jucu, formadas por depósitos sedimentares e relevo plano.

É um local fortemente alterado pela ação humana desde a época dos jesuítas, que construíram ainda no século XVIII um corte interligando o rio Jucu ao rio Marinho para facilitar o transporte de mercadorias, conforme já citado anteriormente. Esse corte desviou o curso original do rio Formate que passou a desaguar no rio Marinho e não mais no rio Jucu (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009).

Em meados do século XX ocorreram mais transformações relativas ao escoamento d'água na região, a partir da construção de diversos canais de escoamento feitos pelo extinto DNOS, além da construção do Dique Guaranhuns (Dique do Jucu) paralelo ao baixo curso do rio Jucu em seu trecho retificado.

A partir da década de 1970 outras transformações podem ser observadas no recorte espacial deste trecho do rio. Na imagem de 1978 nota-se um princípio de parcelamento do solo ao norte do rio Jucu, assinalado pelo número 1, mas que não foi adiante, conforme observação feita nas demais imagens deste setor. É importante notar que apesar deste princípio de parcelamento estar fora do limite da bacia, caso fosse adiante poderia ter se estendido para áreas muito próximas ao rio Jucu, com consequências diversas.

Bem próximo a este local, observa-se na imagem de 1978, a construção de uma usina de ferro gusa situada exatamente no limite da bacia do rio Jucu, conforme destacado na imagem pelo número 2 (Figura 58).

Ao percorrer o entorno desta usina, é possível identificar vários canais de escoamento d'água em direção ao rio Jucu, muitos com uma carga excessiva de esgotos ou demais tipos de resíduos facilmente perceptível a olho nu, devido ao mau cheiro e a coloração da água (Figura 59 e 60).

Apesar dos fortes indícios, pela própria geografia do lugar e outros fatores, não foi possível comprovar através de observações *in loco* se alguns destes canais possuem ligação direta com a usina de ferro gusa.

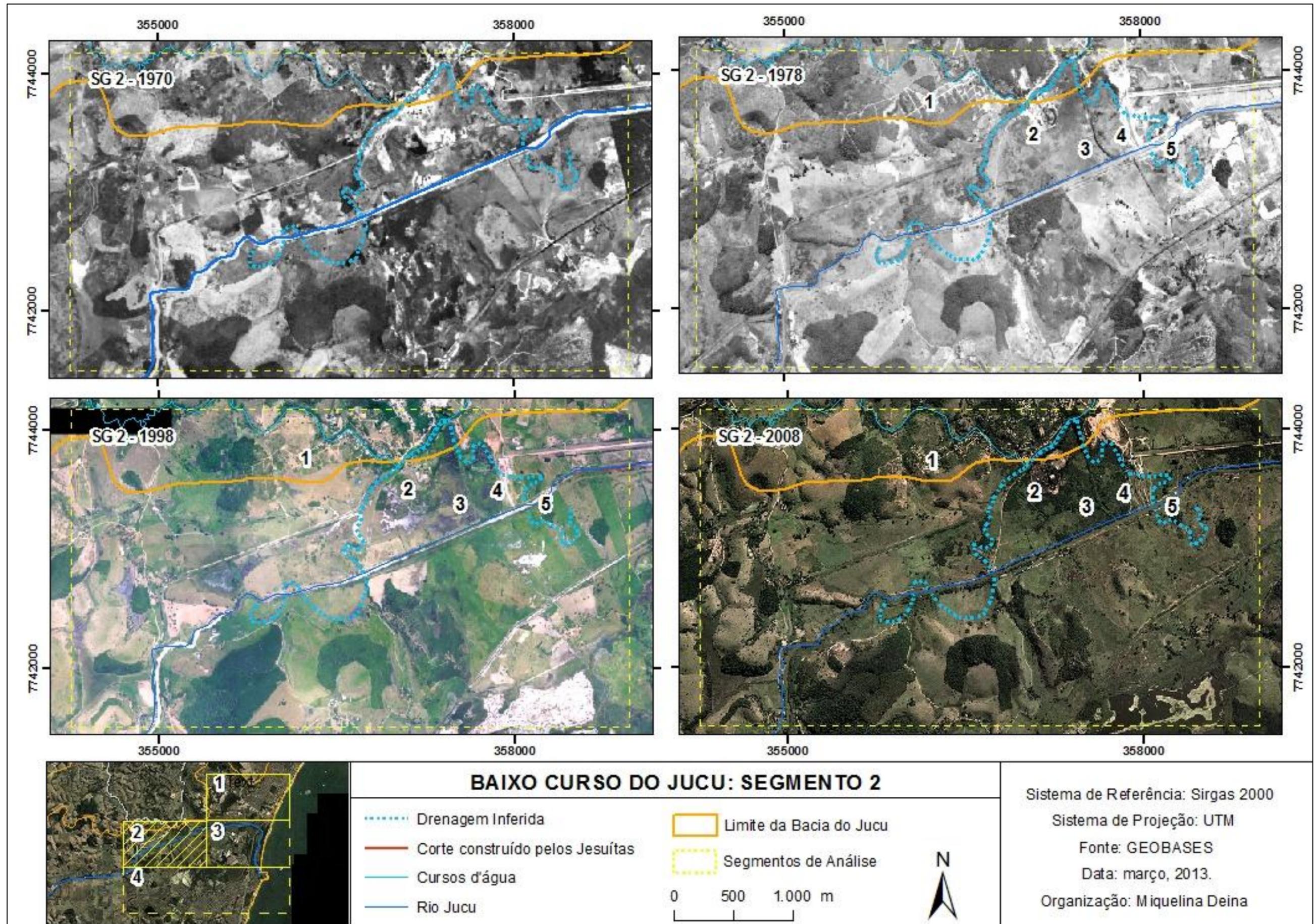


Figura 58 - Variações morfológicas no baixo curso da bacia ao longo do tempo, referente ao segundo segmento espacial selecionado.

Entretanto, para atestar a situação problemática desta região quanto à poluição dos seus cursos d'água, é válido observar que o canal de escoamento mostrado na Figura 59, por exemplo, está situado nas proximidades dos rios Formate, Jucu e Marinho, local este extremamente poluído, cuja vegetação anaeróbica recobriu totalmente grandes trechos da ligação entre o rio Formate e o rio Marinho, fator este que contribui para a desoxigenação do rio, causando, entre outros, a morte de muitas comunidades aquáticas.



Figura 59 – a) Usina de ferro gusa indicada pela seta. À direita da imagem fica o rio Jucu, à esquerda fica o município de Cariacica. b) Foto canal de escoamento d'água situado ao lado da usina de ferro gusa, com fortes indícios de poluição, devido ao mal cheiro e a colocação da água. Fotos: Miquelina Deina, em 16-04-2012.



Figura 60 – a) Ligação do rio Formate ao Marinho na altura da ponte que dá acesso à usina de ferro gusa. Seta indica direção do fluxo. b) Foto da ponte que dá acesso a usina de ferro gusa. Fotos: Miquelina Deina, em 16-04-2012.

Ao lado da usina de ferro gusa foi construído na década de 1970 um canal que liga o rio Jucu ao rio Formate/Marinho (assinalado na imagem da Figura 58 pelo número 3), além de um canal paralelo a este para captação de água pela CESAN (assinalado pelo número 4 na

imagem) com o objetivo de recalcar águas brutas para seu tratamento numa nova ETA (Estação de Tratamento de Água) e com processos modernos de tratamento (Figura 61). Esta nova captação localiza-se nas regiões de Caçaroca, inferindo segundo dados da ACQUATOOL CONSULTORIA (2009) e conforme observado nas próprias imagens históricas do local, que parte deste canal de captação da CESAN tenha sido escavado bem próximo ao local onde antigamente o rio Formate desaguava no Jucu.

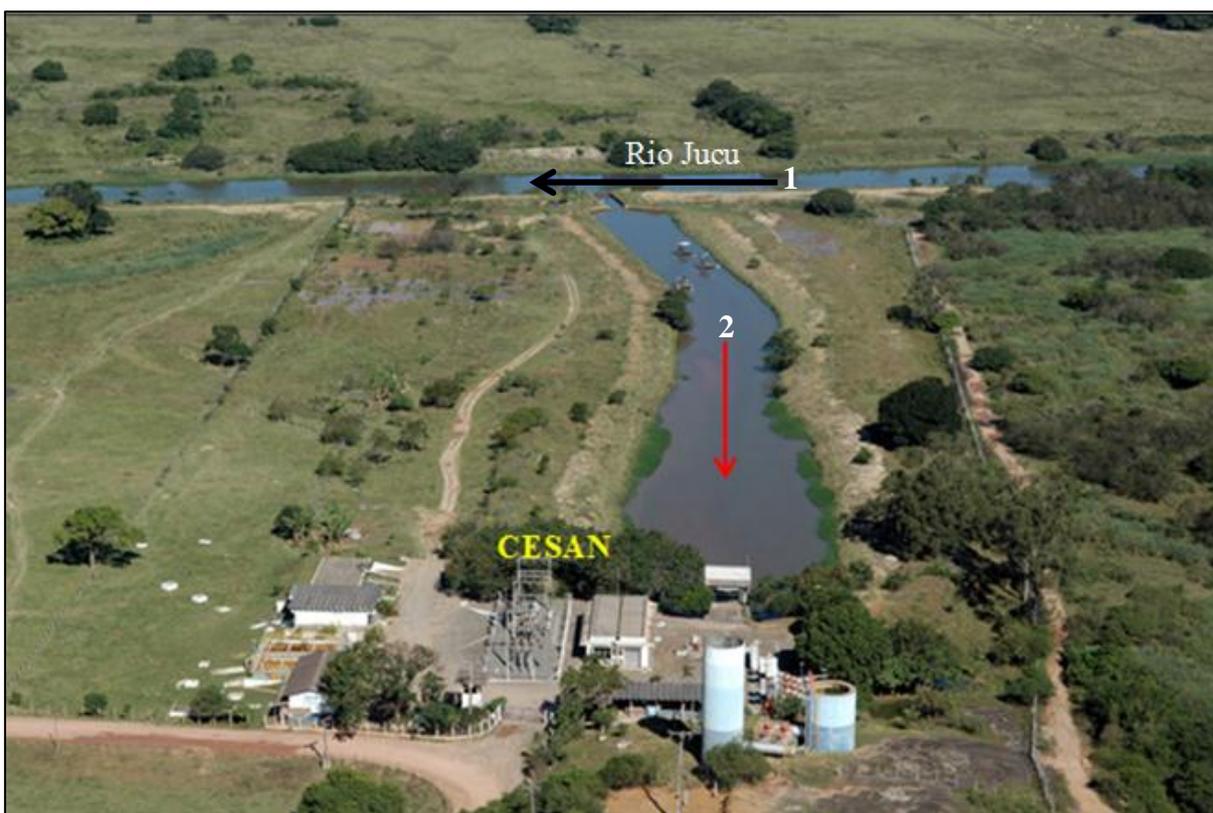


Figura 61 – Canal de captação de água da CESAN no Jucu indicado pela seta 2. Direção do fluxo do Jucu indicado pela seta 1. Fonte: [www.cesan.com.br](http://www.cesan.com.br). Acesso em 15-04-2013.

Um pouco mais a jusante da captação da CESAN foi construída, também na década de 1970, uma pequena barragem vertedora para garantir níveis adequados de captação em épocas de estiagens extremas e evitar a passagem de águas salobras em função dos efeitos de marés (local assinalado pelo número 5 na imagem) (Figura 58).

Esta região destacada pelo segundo segmento de análise das imagens do baixo curso do rio Jucu, foi a que mais sofreu, a princípio, intervenções antrópicas diretamente ligadas aos cursos d'água ao longo dos séculos até por volta da década de 1970. É possível visualizar nas imagens da Figura 58, que a partir da década de 1970 não há neste recorte espacial nenhuma

outra transformação facilmente perceptível na região, conforme analisado nas imagens de 1998 e 2008.



Figura 62 – Trecho do Jucu poucos metros a jusante da barragem de captação da Cesan. Foto: Miquelina Deina, em 16-04-2012.

### 5.2.3 Variações Morfológicas do Terceiro Segmento Espacial

O segmento de análise de número três é uma área de extrema importância tanto do ponto de vista natural como social. Esta área abrange significativa parcela da margem direita do rio Jucu, abrangida basicamente pelas planícies fluviais formadas por depósitos sedimentares, cujo relevo é predominantemente plano. Estão sob a abrangência desta área a Reserva Ecológica de Jacarenema, a foz do rio Jucu compreendida por uma região estuarina, além de uma importante Rodovia Estadual - a ES 060 (Rodovia do Sol) que liga a RMGV ao sul do estado.

As mudanças observadas nesta porção do território do baixo curso do rio Jucu são significativas ao longo das últimas quatro décadas. A primeira delas, observada nas imagens de 1970 e 1978, e assinalada na Figura 68 com número 1, refere-se ao encontro do canal de Araçás ao rio Jucu, que em 1970 desaguava exatamente na curvatura do rio em direção à foz, local hoje situado a Leste da Rod. do Sol, enquanto em 1978, após a construção da Rod. do Sol, a saída deste canal encontra-se desviada para desaguar a oeste da Rodovia um pouco antes da curvatura do rio Jucu (Figura 63).



Figura 63 - Trecho Jucu com saída do canal de Araçás (bastante comprometido com lançamento de esgoto doméstico *in natura*), próximo à foz do rio e paralelo a Rod. do Sol. Foto: Miquelina Deina, em 16-04-2012

Em 1978, além da construção da Rodovia do Sol, observa-se o primeiro parcelamento do solo indicado na Figura 68 pelo número 3 e que corresponde atualmente ao bairro Santa Paula I. Este local situa-se margeado pela Rodovia do Sol a Leste, pela Reserva Ecológica de Jacarenema a Norte-Nordeste e ao Sul pela Estrada Fazenda Cueiras.

Em 1998 o bairro Santa Paula I já se encontra consideravelmente consolidado com muitas casas construídas. Vizinho a este e em sentido Oeste, inicia-se novo parcelamento do solo onde hoje é o bairro Santa Paula II, indicado pelo número 4 na Figura 68. Ao Norte, bem próximo ao canal de Camboapina, nota-se grande parcela de solo exposto indicando processo de terraplanagem, em um pequeno promontório margeado pelas planícies fluviais do Jucu, dando início a mais um processo de parcelamento do solo na região, situado a poucos metros da margem direita do rio Jucu.

Após uma década, em 2008, observa-se que nos locais indicados pelos números 3 e 4 (Bairros Santa Paula I e II), há completa consolidação destes, evidenciada principalmente pelo adensamento populacional dos mesmos. Neste mesmo ano, já é possível observar que o local indicado pelo número 5, onde em 1998 via-se apenas o processo de terraplanagem, já é possível em 2008 identificar a construção das primeiras casas no local.

O processo de ocupação deste bairro, hoje denominado por Itapuera da Barra, tem se acelerado dia após dia. Em visita realizada em 16 de abril de 2012 (Figura 64) foi possível observar um número maior de residências, com muitas em processo de construção.

Outro início de parcelamento do solo observado na imagem de 2008 e indicado na Figura 68 pelo número 6, localiza-se entre os bairros Itapuera da Barra e Santa Paula I e II, além de estar no limite da Reserva Ecológica de Jacarenema em sentido Oeste a esta.



Figura 64 – Bairro Itapuera da Barra (Ao Norte rio Jucu e a Leste Rod. do Sol). Foto: Miquelina Deina, em 16-04-2012.

Atualmente, este local encontra-se em processo avançado de parcelamento do solo, com ruas todas pavimentadas, formando uma área de condomínio residencial fechado de alto padrão, denominado por Riviera Park e de responsabilidade da Construtora Galwan em parceria com a Construtora Ápia (Figuras 65 e 66).

Nesta região do baixo curso do rio Jucu, há forte pressão imobiliária para a ocupação destas áreas, cada vez mais ao Sul do município de Vila Velha, e conseqüentemente muito próximas ao rio Jucu. Deste modo, áreas da planície fluvial do Jucu inapropriadas para ocupação, em função do processo natural de alagamento dessas áreas em eventos de cheia do rio, estão sendo ocupadas agravando sobremaneira os eventos de cheia da região, gerando impactos ambientais e sociais.



Figura 65 – Entrada do Condomínio residencial Riviera Park da Construtora Galwan e Ápia. Foto: Miquelina Deina, em 16-04-2012.



Figura 66 – Região onde situa-se o Condomínio residencial Riviera Park das Construtoras Galwan e Ápia. Imagem do Google, pesquisada em 18 de abril de 2013.

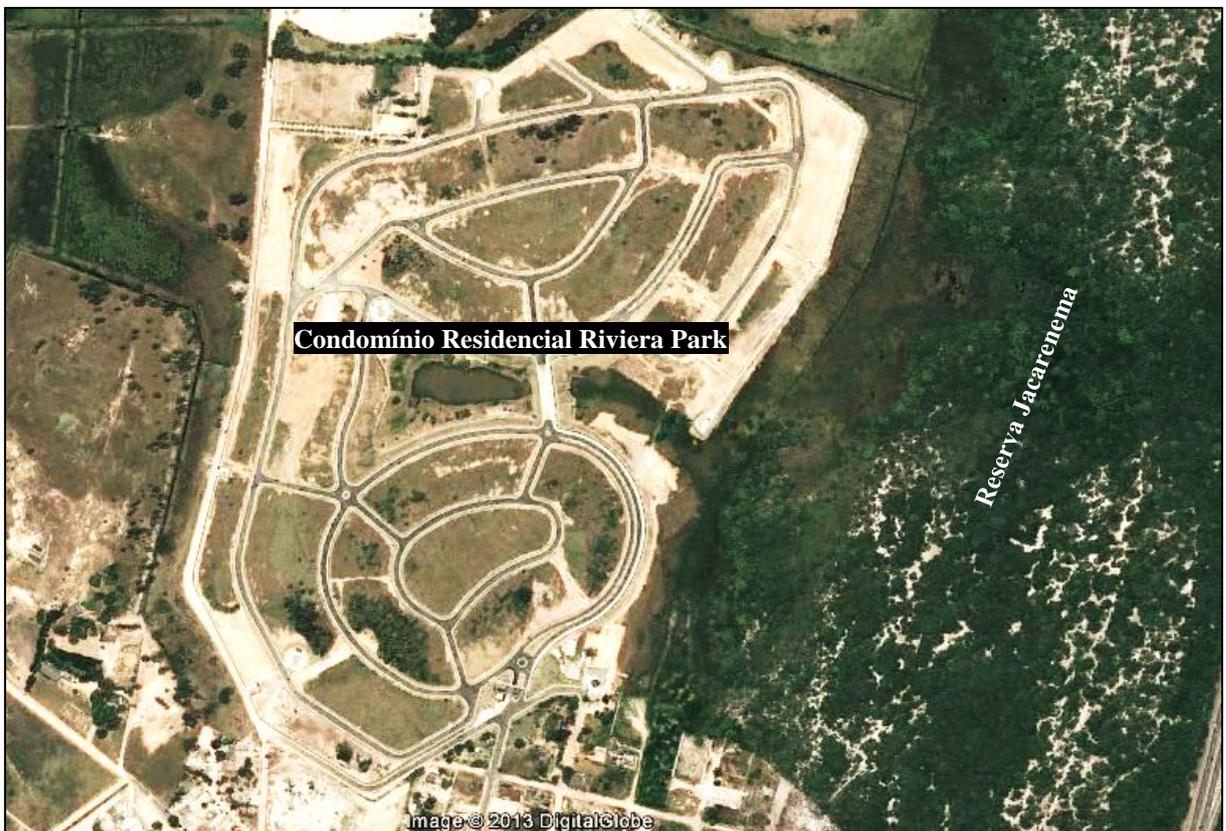


Figura 67 – Condomínio residencial Riviera Park, das Construtoras Galwan e Ápia. Imagem do Google, pesquisada em 18 de abril de 2013.

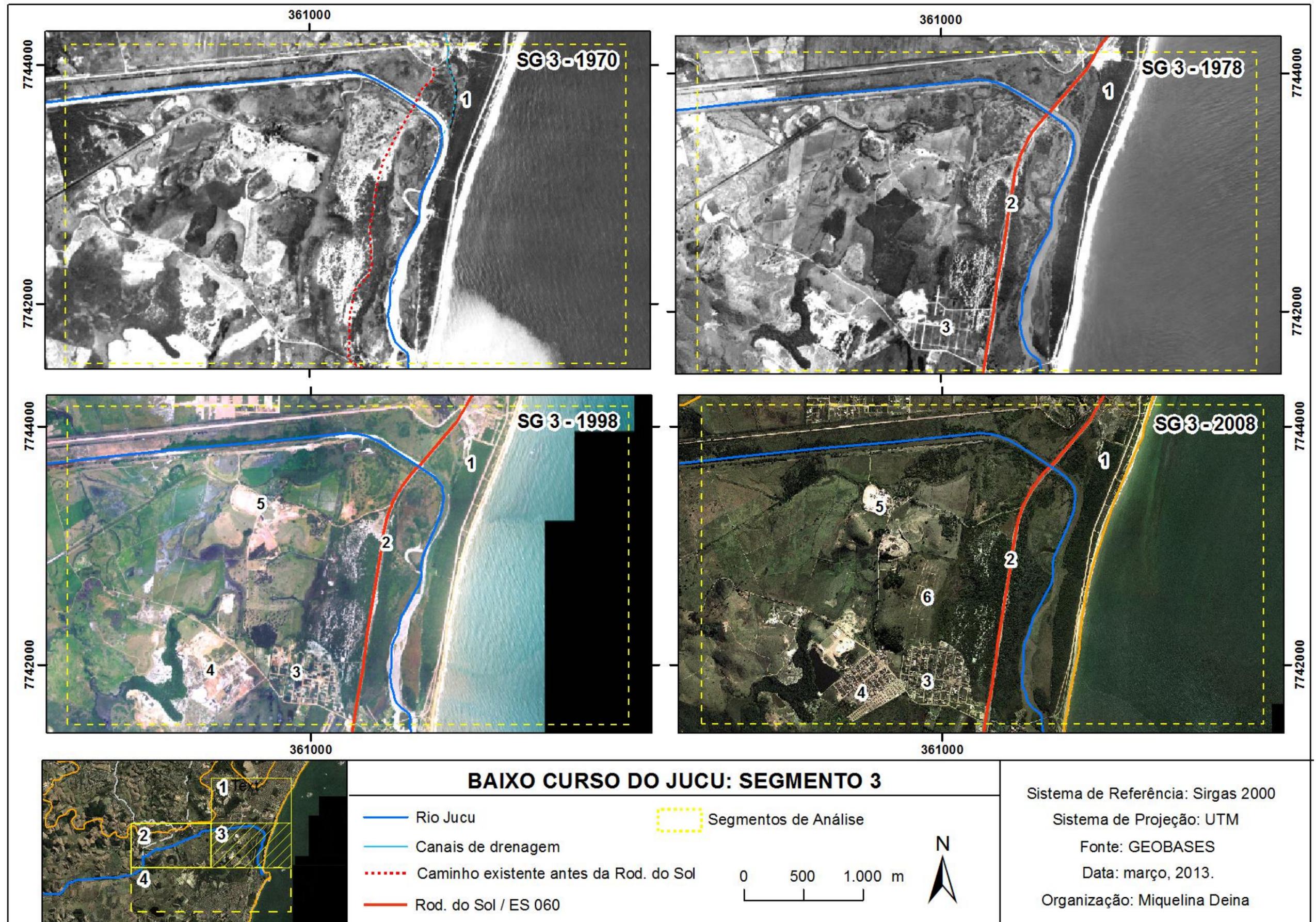
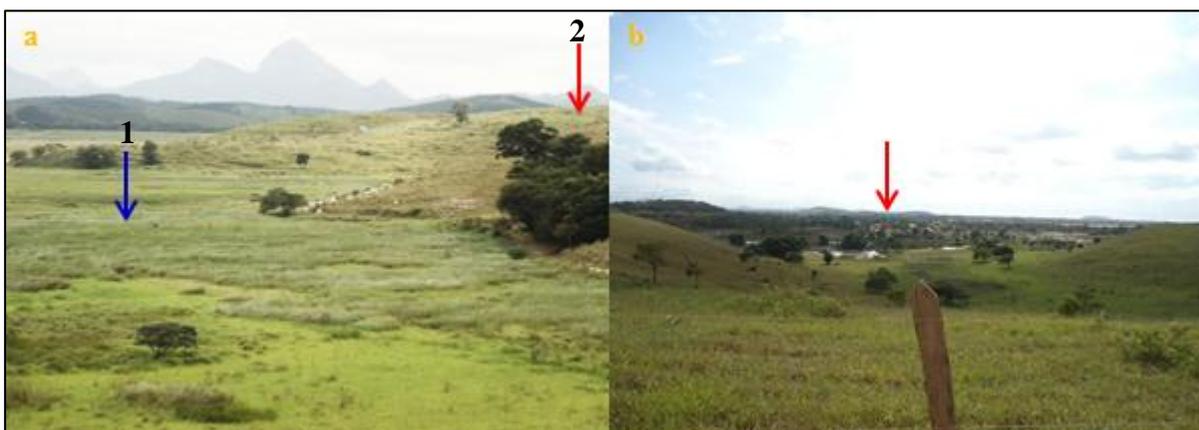


Figura 68 – Variações morfológicas no baixo curso da bacia ao longo do tempo, referente ao terceiro segmento espacial selecionado.

#### 5.2.4 Variações Morfológicas do Quarto Segmento Espacial

O quarto segmento espacial analisado no baixo curso do Jucu localiza-se ao Sul do rio, a partir da sua desembocadura situada no bairro Barra do Jucu (Figura 71). Esta região é constituída majoritariamente por planícies fluviais compostas por depósitos sedimentares, onde na imagem de 1970 observa-se claramente a disposição de cordões arenosos. Há também nesta porção do baixo Jucu pequenos resquícios de tabuleiros costeiros do Grupo Barreira, localizados mais ao Sul e Sudeste das imagens (Figuras 69). As regiões abrangidas por estes tabuleiros costeiros são as mais densamente povoadas na atualidade. Entretanto, a ocupação tem se estendido aos poucos para as áreas da planície fluvial do rio, expostas constantemente a alagamentos naturais, que por vezes são agravados pela ocupação humana.



Figuras 69 – a) Planície fluvial do baixo Jucu à esquerda (seta 1) e tabuleiros costeiros do Grupo Barreiras à direita (seta 2) que constituem parte do baixo curso do rio. b) Visão do Bairro Morada da Barra de Sul para Norte, próximo a Lagoa Jabaeté. Fotos: Miquelina Deina, em 16-04-2012.

Até a década de 1970 esta região era praticamente desabitada (Figura 71), com exceção apenas para a Barra do Jucu, assinalada na imagem pelo número 1, que contava com algumas poucas residências. No entanto, a partir de 1978 esta região passa por acelerado processo de parcelamento do solo, no sentido Oeste da Rodovia do Sol. As marcações efetuadas nos parcelamentos do solo pelos números 3, 4, 5, 6 e 7 na imagem de 1978 correspondem hoje aos bairros Riviera da Barra, Cidade da Barra, São Conrado, Barramares e Morada da Barra, respectivamente.

Aliado a estas observações, neste ano já se encontra construída a Rodovia do Sol (ES 060) ligando a RMGV ao Sul do Estado, o que provavelmente foi um dos motivos de incentivo ao parcelamento do solo na direção Sul do município de Vila Velha.

A partir da imagem de 1998 observam-se nesta região grandes mudanças quanto ao adensamento populacional a partir dos parcelamentos iniciados na década de 1970.

A barra do Jucu (número 1), por exemplo, encontra-se completamente consolidada, cujo adensamento populacional se estende de Norte a Sul. À Oeste da Rodovia do Sol os bairros Riviera da Barra, Cidade da Barra e São Conrado, assinalados na imagem pelos números 3, 4 e 5 respectivamente, já se encontram bastante povoados. O Bairro Barramares, assinalado pelo número 6, evolui neste período na direção Sul da Rodovia ES 388, muito provavelmente pelas condições do terreno, pois a porção Noroeste do bairro é composta por planícies constantemente alagáveis.

Já o Bairro Morada da Barra, assinalado pelo número 7, teve seu adensamento populacional evoluído no sentido Norte-Nordeste. A porção deste bairro situada a Noroeste, próximo a Lagoa Jabaeté, não teve seu parcelamento e ocupação levados adiante, provavelmente pelas condições dos terrenos em áreas muito baixas sujeitas a alagamentos constantes.

De 1998 a 2008 são observadas poucas mudanças quanto a novos parcelamentos. Entretanto, nota-se um adensamento populacional considerável, em todos os bairros citados, com poucas exceções às áreas situadas mais ao Norte e Oeste das imagens, como é o caso da porção Norte-Noroeste do Bairro Barramares e grande parcela do bairro Morada da Barra, especialmente no sentido Oeste, em função da baixa topografia do terreno e das áreas de areais situadas na região (Figura 70), onde se localizavam os antigos cordões litorâneos como pode ser observado especialmente na imagem de 1970 da Figura 71.



Figura 70 – a) Vista aérea parcial de Morada da Barra e Residencial Jabaeté (outubro de 2004). b) Vista parcial do Areal Jaguarussu e do Loteamento Mangal, situado a Norte-Nordeste do Bairro Barramares. Fonte: Google, pesquisado em 29 abr. 2013. Fotos: Jorge Rodrigues de Moraes.

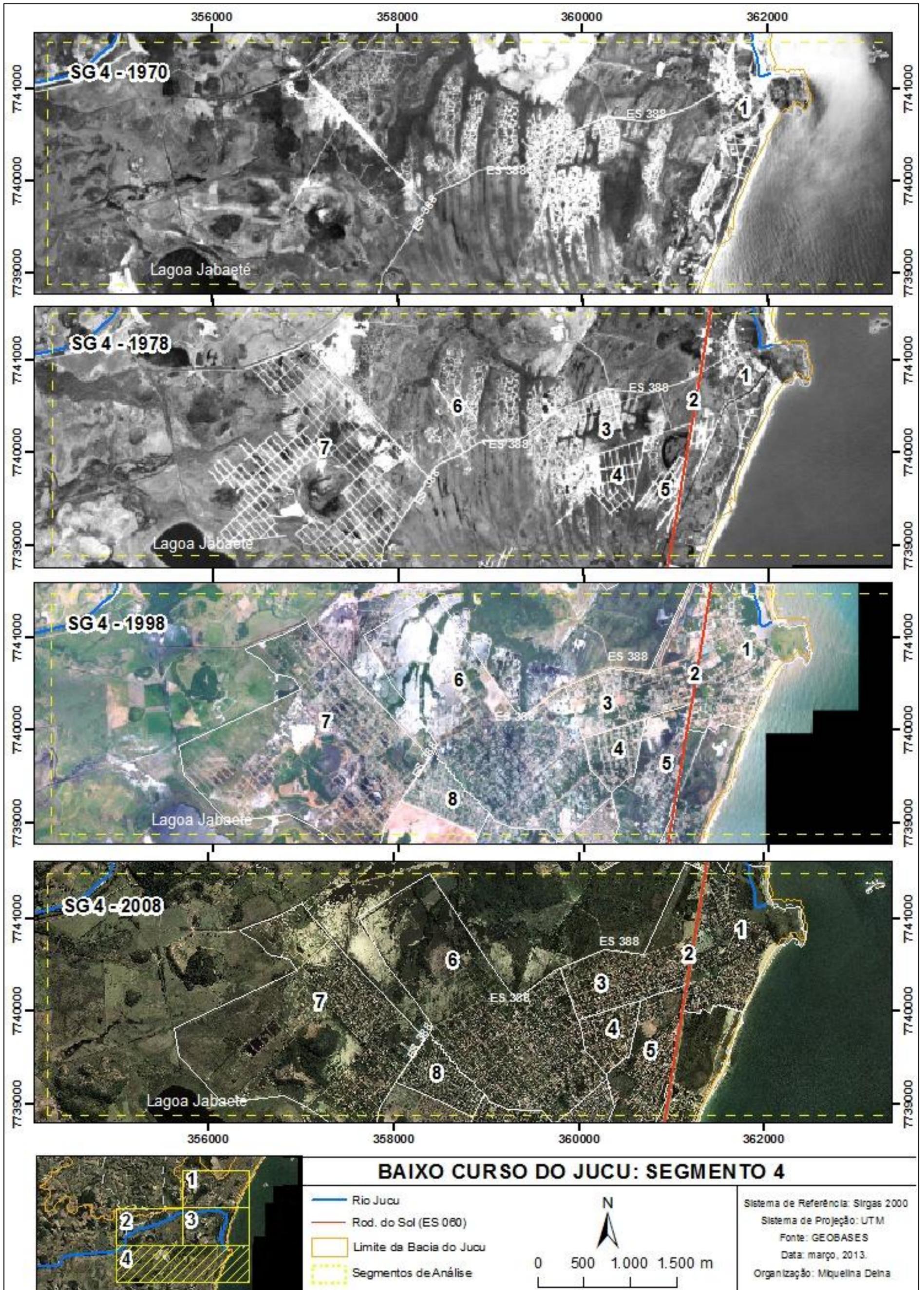


Figura 71 – Variações morfológicas no baixo curso da bacia ao longo do tempo, referente ao quarto segmento espacial selecionado.

### 5.3 PRINCIPAIS PROBLEMÁTICAS SOCIOAMBIENTAIS IDENTIFICADAS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU

Conforme observado e analisado nas imagens históricas do baixo curso do Jucu, assim como em outros documentos que retratam parte da realidade de transformações neste espaço geográfico, nota-se que o baixo curso tem passado ao longo de sua história por intervenções antrópicas bastante marcantes, somadas às transformações naturais. Tal fato se deve, principalmente, às diferentes formas de uso e ocupação da terra na região, com o uso indiscriminado dos seus recursos naturais.

Exemplos bastante incisivos desta realidade foram igualmente observados nas visitas a campo no baixo curso do rio, em complemento à análise das fotos aéreas da região. Nas observações *in loco* foi possível identificar e comprovar diferentes fatores de degradação associados ao uso e ocupação da terra.

Entre esses fatores encontram-se as elevadas cargas de esgoto doméstico, lançadas diretamente sobre os canais, assim como efluentes industriais, efluentes oleosos, lançamento de lixo e chorume, que alcançam direta ou indiretamente as águas do Jucu (Figuras 72).

Conforme relatório da Acquatool Consultoria (2009) os canais de drenagem urbana funcionam atualmente como coletores de esgotos urbanos, particularmente os canais de Guaranhuns (Araçás) e Camboapina que drenam áreas de expansão urbana.



Figura 72 – a) Canal com lançamento de esgoto em direção ao Jucu, ao lado da usina de ferro guza em Cariacica, em 16-04-2012. b) Trecho da saída do Canal de Araçás em direção ao Jucu com elevada carga de lixo e esgoto, em 19-03-2012. Fotos: Miquelina Deina.

Foram identificados também vários trechos do baixo curso do Jucu sem mata ciliar, com consequentes processos erosivos nas margens e provável assoreamento do leito, conforme ilustrado nas imagens a seguir (Figuras 73).



Figuras 73 – a) Trecho do Jucu próximo à captação da Cesan, com indícios de erosão nas margens. b) Trecho do Jucu próximo à captação de água da Cesan. Fotos: Miquelina Deina, em 16-04-2012.

Outros fatores de degradação observados no baixo curso são a ocupação das margens do rio (Figura 74) e a extração desordenada de areia para a construção civil. A extração de areia já foi motivo de muitos conflitos na região e deixou marcas no espaço ao longo de sua história, identificadas pela exposição do lençol freático em vários trechos das planícies fluviais do Jucu.



Figura 74 - Extração de areia e ocupação das margens em trecho do Jucu acima da usina de ferro guza em Cariacica. Foto: Miquelina Deina, em 16-04-2012.

Apesar do avanço crescente da urbanização em direção às áreas ainda não povoadas no baixo curso, este ainda conta com extensas áreas de pastagens ao longo de sua planície fluvial

(Figuras 75), o que acarreta lançamento de dejetos animais nos canais fluviais da região degradando ainda mais a qualidade da água do Jucu.



Figura 75 – a) Áreas de pastagens à margem direita do Jucu. b) Áreas de pastagens à margem esquerda do Jucu. Fotos: Miquelina Deina, em 16-04-2013.

É importante lembrar que o rio Jucu juntamente com o rio Santa Maria da Vitória são os responsáveis por quase 100% do abastecimento de água da RMGV (ACQUATOOL CONSULTORIA, 2009), o que infelizmente não tem impedido o mau uso deste recurso tão imprescindível às diferentes formas de vida.

Entretanto, parte destas áreas de pastagens está com os dias contados, haja vista que além do avanço não planejado da urbanização, há projetos de ocupação destas pela Prefeitura Municipal de Vila Velha, com usos bastante diferenciados, conforme Plano de Desenvolvimento Sustentável do Município de Vila Velha (ASEVILA, 2010).

As análises das imagens históricas do baixo curso do Jucu juntamente com os levantamentos de dados *in loco*, demonstram que este trecho do rio é o mais impactado pelas diferentes formas de uso e ocupação da terra. Isto porque a região do baixo Jucu é a mais densamente povoada da bacia e com urbanização crescente em direção as planícies fluviais ainda livres da ocupação humana. Além disto, o baixo curso sofre as consequências das alterações ocorridas a montante desta área.

Neste trecho da bacia os alagamentos são constantes, pois a topografia desta região é bastante baixa tendo em vista que é constituída, majoritariamente, por planícies e um percentual

bastante pequeno de tabuleiros costeiros cuja declividade não ultrapassa, em geral, os 20% (Figura 23, seção 3.1.2).

O município de Vila Velha, por exemplo, é um dos que mais sofre com eventos de chuvas extremas, pois está praticamente todo assentado em áreas de planícies sujeitas naturalmente a inundações, que por vezes são agravadas pela ocupação humana.

O avanço da urbanização no baixo Jucu tem de fato causado muitos danos ambientais. Porém, não é apenas o ambiente natural que sofre com as alterações antrópicas, a própria população de muitos bairros, principalmente em Vila Velha, é diretamente afetada pelas fortes chuvas na bacia e as consequentes inundações, haja vista que o meio natural interage de diferentes formas às condições ambientais estabelecidas junto às ações humanas, que por sua vez, não conseguem prever e conter em sua totalidade as respostas do ambiente frente às suas intervenções.

No caso de Vila Velha, a possível solução para esta realidade requer obras de engenharia de elevado custo financeiro e manutenção constante, tendo em vista que o modelo de ocupação da terra no município tem seguido, em geral, apenas controles estruturais de contenções de cheias e inundações. Essas obras, entretanto, causam muitos danos ambientais, e o avanço das pesquisas, especialmente na área da engenharia, tem mostrado que as medidas estruturais não são tão eficientes como se admitia no passado. Resultados bastante satisfatórios e com menores custos são obtidos por medidas não estruturais (ou estruturantes) de controles às cheias, que vão desde a educação ambiental ao zoneamento das inundações com sistemas de alerta contra inundações, entre outros (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011; TUCCI, 2003).

Contudo, o modelo de uso e ocupação da terra no baixo curso do Jucu parece estar bem distante desta realidade. Há muitos bairros no município de Vila Velha, cujo crescimento tem se dado de forma desordenada com pouquíssima ou nenhuma infraestrutura urbana, situados cada vez mais próximos ao baixo curso do Jucu, fator que agrava fortemente os impactos socioambientais.

Os bairros Pontal das Garças e Darly Santos na margem esquerda do Jucu e o bairro Itapuera da Barra na margem direita do rio são exemplos marcantes deste cenário (Figura 76). Ambos foram criados recentemente e em seus entornos outros bairros estão se desenvolvendo cada vez mais próximos ao Jucu, ao longo de sua planície fluvial, frequentemente alagada em eventos de chuvas intensas e/ou prolongadas.



Figura 76 – Rio Jucu e planície adjacente em período de estiagem. Foto Aérea: Miquelina Deina, em 25-10-2012.

Tal fato, que ocorre por fatores naturais como a baixa topografia, também é agravado pelo tipo de solo. Parcela preponderante do baixo curso do rio Jucu é constituída pelo Neossolo Quartzarênico (Figura 26, seção 3.1.4) cujas principais características são baixa capacidade de retenção de água, pois apesar da elevada permeabilidade por ser um solo bastante poroso, sua capacidade de adsorção é baixa. Além disso, em função da baixa adesão e coesão apresenta elevada erodibilidade (EMBRAPA, 2006).

A conjugação destes fatores naturais com as alterações humanas contribui para que em épocas de cheias o rio Jucu extravase facilmente suas águas em direção às suas planícies fluviais. Situação que não se restringe ao rio Jucu, mas a demais rios com características semelhantes.

No caso do rio Jucu e como já citado anteriormente, as principais medidas adotadas até hoje para amenizar os danos das cheias do rio à população, correspondem a medidas estruturais como o aprofundamento e retificação do Jucu em um longo trecho, construção de diversos canais de escoamento da água ao longo da planície fluvial, construção de um dique situado à margem esquerda do Jucu, além de medidas emergenciais que se referem ao bombeamento da água dos canais em eventos conjugados de fortes chuvas e maré elevada.

Conforme Tucci (2003), medidas estruturais como a retificação de canais e construção de condutos e canais de drenagem para escoar as águas pluviais urbanas mais rapidamente, acabam por aumentar a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural.

Com a retificação do Jucu em um dos trechos mais urbanizados da bacia e a construção de vários canais de drenagem, os eventos de inundação natural do Jucu são ampliados em episódios de chuvas extremas por exceder mais rapidamente à capacidade de retenção de água pelo canal principal.

Um exemplo marcante desta realidade na história do Jucu, por deixar grande parte da cidade de Vila Velha em baixo d'água, ocorreu em 1960 após o transbordamento do Jucu em direção às suas planícies fluviais (como já mencionado anteriormente). A solução encontrada na época, para evitar que outros eventos como este ocorressem, foi outra medida estrutural através da construção do Dique Guaranhuns à margem esquerda do Jucu, protegendo assim as áreas mais urbanizadas do município até aquele momento.

Entretanto, esta medida não eliminou totalmente as preocupações dos moradores de Vila Velha, pois agora temem pelo possível transbordamento e rompimento do dique, o que causaria um verdadeiro caos.

Esta preocupação fundamenta-se na situação delicada do dique na atualidade. O desgaste causado pelo peso dos carros, ônibus e caminhões que transitam sobre a estrada do dique (Figura 77), contribui para diminuição da altura e a deterioração da barreira, causando riscos de transbordamento durante os períodos chuvosos (TV GAZETA, 2010), como ocorreu em 02 de novembro de 2009, onde a vazão máxima do dia anterior atingiu o valor de 187,87 m<sup>3</sup>/s, alcançando o nível máximo de segurança de 3,1 metros (COSTA, 2009).

Conforme Tucci (2003, p.72) “O maior risco existente na construção de um dique é a definição correta da enchente máxima provável, pois existirá sempre um risco de colapso, quando os danos serão piores se o mesmo não existisse”.

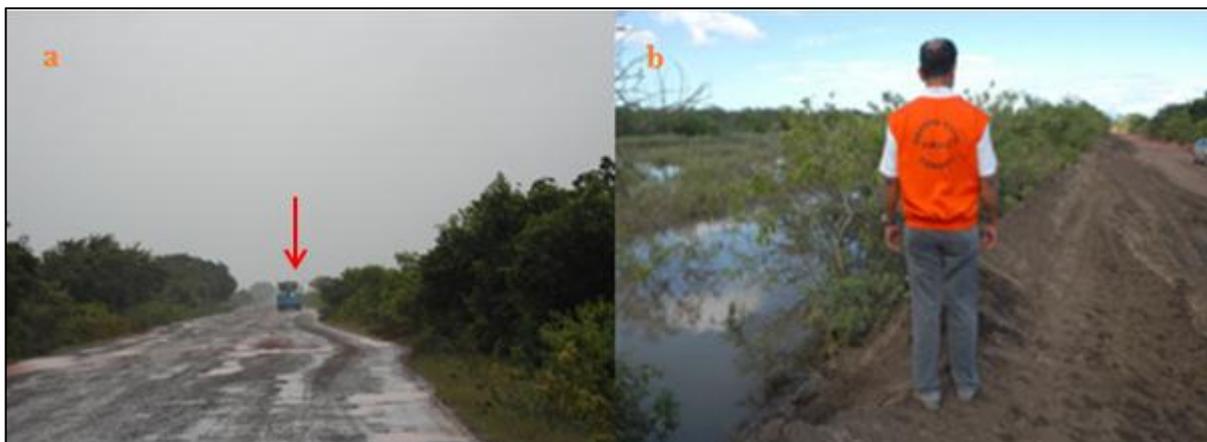


Figura 77 – a) Estrada do dique com destaque para ônibus do transporte coletivo em 19/03/2013. Foto: Miquelina Deina. b) Dique do rio Jucu, com reforço de 300 caminhões de areia para evitar alagamento dos bairros, quando atingiu a marca de 3.1 metros em 02/11/2009. Foto: Gil Loyola. Fonte: COSTA, 2009.

Em novembro de 2010 moradores da região mais uma vez alertaram para o risco de transbordamento do dique, o que frequentemente vem ocorrendo (COSTA, 2009). Em 2011, segundo informações obtidas no site do Departamento de Estradas de Rodagem (DER-ES), o governo do Espírito Santo recuperou o Dique Guaranhuns para garantir menores impactos em períodos de fortes chuvas (GUIMARAES, 2012).

Ainda com base nesse conjunto de medidas estruturais de contenção de cheias adotadas para a região do baixo Jucu, vale lembrar que os próprios canais de escoamento, muitos construídos ainda na década de 1960 pelo extinto DNOS, em sua maioria se tornaram ao longo do tempo depósitos de lixo e lançamento de esgoto *in natura* (Figuras 78), necessitando constantemente de manutenção através da limpeza e dragagem dos mesmos.



Figuras 78 – a) Canal de escoamento entre os bairros Pontal das Garças e Darly Santos. b) Canal entre os bairros Pontal das Garças e Darly Santos passando por limpeza com máquina da prefeitura. Fotos: Miquelina Deina, em 06-04-2013.

A combinação de fortes chuvas e canais de escoamento d'água obstruídos pelo lixo traz constantemente sérias consequências às regiões do baixo Jucu, pois impedem que a água das chuvas escoe para fora das áreas urbanas. Outro fator que compromete este escoamento está associado à elevação do ciclo de maré conjugada a chuvas intensas. Pois, estando grande parte das áreas urbanas do baixo curso situadas em áreas de topografias bastante baixas, o aumento da maré acaba por barrar a saída da água pelos canais de escoamento, necessitando em alguns locais de medidas emergenciais para bombear a água para fora dos canais em áreas urbanas.

A saída do Canal de Araçás em Vila Velha conta com um sistema manual de comportas para barrar o avanço da maré nos canais em eventos de chuvas intensas, aliado a duas bombas fixas no local para bombear a água nesses eventos. Quando as chuvas são muito intensas, outra bomba é levada ao local para ajudar no trabalho. Entretanto, o sistema é bastante precário, pois é todo manual, sem nenhum sistema de alerta automático de avanço da maré e elevação do nível d'água nos canais, conforme informação obtida através de conversa informal com o atual Subsecretário de Serviços Urbanos de Vila Velha.

Conforme previsto em seu PDM, Vila Velha conta atualmente com um Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável (PMVV, 2011), que prevê também a adoção de medidas não estruturais no controle de inundações com projetos de: educação ambiental; ampliação da coleta de lixo, que é hoje uma das principais razões de entupimento de galerias e canais de drenagem; e, delimitação de áreas ao longo dos rios para uso público, como parques lineares recreativos e esportivos, entre outras. Contudo, este plano ainda é muito recente, passou a vigorar somente a partir de novembro de 2011, estando a maior parte dos seus programas e ações ainda no papel.

A seção a seguir mostrará com mais detalhes as precárias condições do atual sistema de drenagem no baixo curso do Jucu, além do drama que muitos moradores em Vila Velha e demais regiões sofrem nos eventos de chuvas extremas, através da narrativa da experiência vivenciada em um dia de chuvas intensas na região, contribuindo com o levantamento das problemáticas socioambientais do baixo curso do rio Jucu.

### **5.3.1 A difícil experiência em um dia de chuvas intensas e duradouras no município de Vila Velha**

No dia 19 de março de 2013, Vila Velha amanheceu com fortes chuvas que se estendiam desde a noite do dia anterior. A partir das 5 horas e 30 minutos já se escutava o barulho de

várias linhas de ônibus do transporte coletivo (600, 601, 605, 001, 002) passarem a todo o momento em frente de casa, cena que só ocorre em eventos de chuvas intensas e duradouras onde essas linhas precisam desviar sua rota original (Av. Vitória Régia – Terminal do Ibes) pelos Bairros Santos Dumond e Nossa Senhora da Penha, pois todo evento de chuva mais intensa provoca um grande alagamento no cruzamento da Av. Vitória Régia com a Rua Cravo (Figura 79).

Tal fato serve como indicador de que possivelmente há vários outros pontos de alagamento na cidade, deixando os moradores em situação complicada para seguir ao trabalho, ir à escola etc. Desta forma e pela experiência de onze anos como moradora de Vila Velha, já previa que seria muito difícil chegar ao trabalho em Vitória neste dia. Então mudei meu trajeto e decidi fazer uma visita a campo tentando chegar ao baixo curso do rio Jucu em Vila Velha, na altura da Rodovia do Sol e Bairro Pontal das Garças, para verificar como estavam as ruas e bairros mais próximos a este local.

Para melhor esclarecer o trajeto percorrido e facilitar a narrativa, foi elaborado mapa contendo o trajeto percorrido neste dia em dois momentos distintos e assinalados no mapa por cores diferentes, além de letras e números para marcar os pontos visitados em horários diferentes (Figura 80). Como havia pontos de alagamento na Av. Vitória Régia, busquei outra rota na tentativa de acessar a Rodovia Darly Santos através do seu cruzamento com a Av. Leila Diniz (Ponto 2). Tentativa frustrada, pois havia neste local mais um ponto de alagamento e não tive coragem de seguir adiante por este caminho (Figura 79).



Figura 79 - a) Cruzamento da Av. Vitória Régia com a Rua Cravo. b) Cruzamento da Av. Leila Diniz com a Rodovia Darly Santos às 6 horas e 30 minutos. Fotos: Miquelina Deina em 19-03-2013.

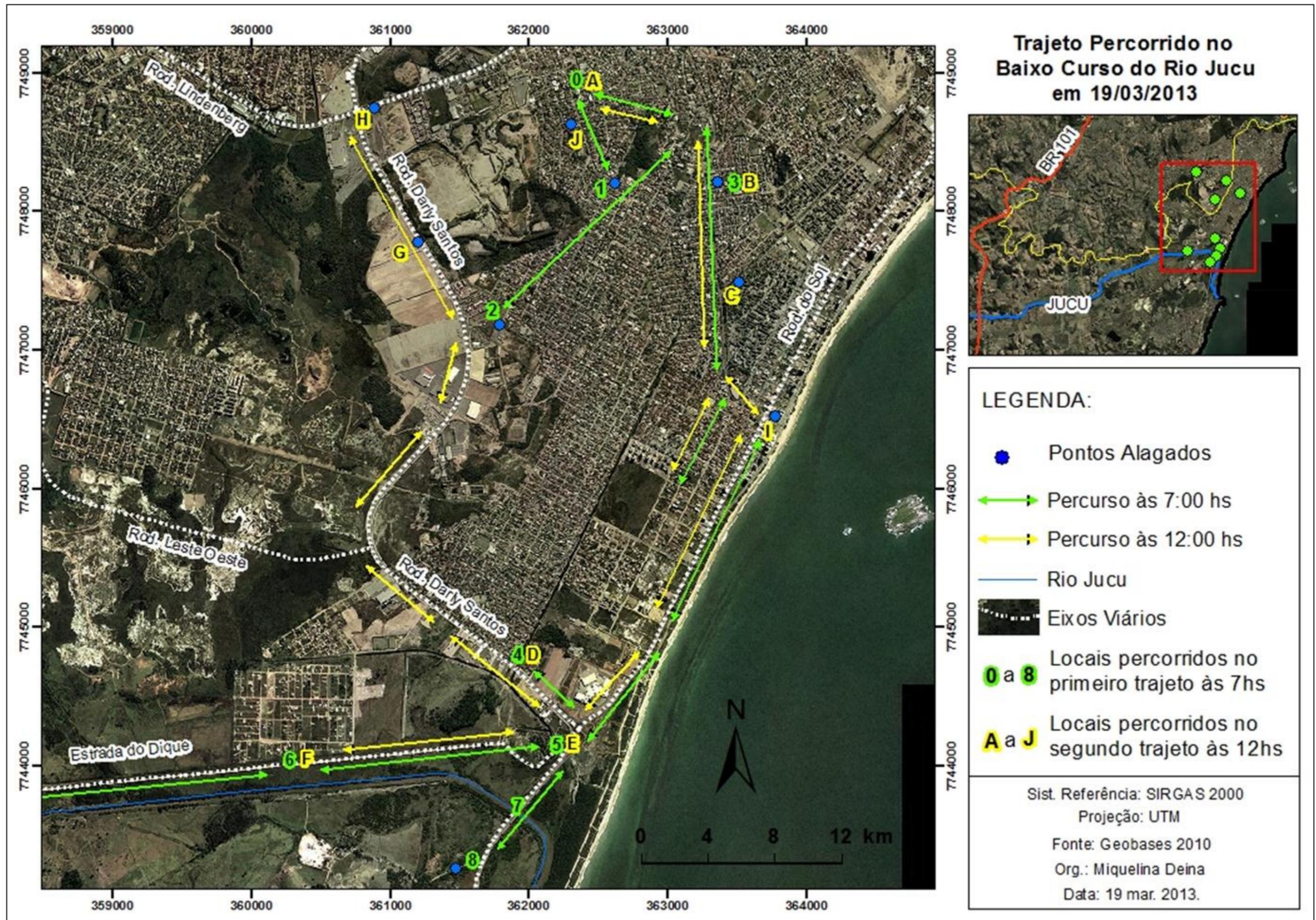


Figura 80 – Trajeto percorrido no baixo curso do rio Jucu no dia 19/03/2013, durante forte chuva que caiu na RMGV neste dia, afetando fortemente o município de Vila Velha e demais municípios da RMGV.

Decidi buscar outro trajeto que me levasse ao local desejado por meio da Rodovia do Sol. No caminho, mais um ponto de alagamento no bairro Santa Mônica (Ponto 3). Pela Rodovia do Sol consegui chegar a Rodovia Darly Santos na altura do Canal de Araçás (Ponto 4). O intuito foi verificar se o canal já estava muito cheio após uma noite de chuva (Figuras 81).



Figura 81– a) Canal de Araçás em 06-04-2012. b) Canal de Araçás em 19-03-2013. Fotos: Miquelina Deina.

A poucos metros dali encontra-se a saída do Canal de Araçás em direção ao Jucu, onde se localizam comportas manuais e uma pequena estação de bombeamento d'água (Figura 82) para evitar que a elevação da maré juntamente com as chuvas intensas, torne a situação de Vila Velha ainda mais caótica em dias de chuvas extremas.

Segui então em direção a este local (Ponto 5) e encontrei a saída do canal, nas comportas, cheia de lixos que descia com a água do canal e assim prejudicavam o escoamento da mesma. Já estava posicionada no local uma bomba móvel (ainda não funcionando) para ajudar as outras duas bombas fixas a bombear a água para fora do Canal e evitar que este se elevasse ao ponto de transbordar (Figura 82).

No local estava presente um funcionário da prefeitura do município que informou estar esperando a equipe de trabalho para colocar as bombas em funcionamento, mas não quis passar mais informações a respeito.



Figura 82 - a) Saída do Canal de Araçás na altura das comportas. b) Bomba extra para ajudar no bombeamento d'água para fora do canal. Fotos: Miquelina Deina em 19-03-2013.

Segui então para a estrada do Dique Guaranhuns (Ponto 6) situada a poucos metros dali para verificar a situação deste. A água estava baixa, mas havia marcas na vegetação indicando que poucas horas antes esteve bem mais elevada, provavelmente alagando vários pontos dos Bairros Pontal das Garças e Darly Santos localizados a margem esquerda do dique (Figura 83).

Parti em direção à ponte do Jucu (Ponte Waldir Zanotti) na Rodovia do Sol (Ponto 7) (Figura 84). A água estava bastante barrenta, mas não muito elevada. Entretanto, as marcas da vegetação indicavam mais uma vez que esta há poucas horas esteve bem mais elevada. Próximo a este local está à entrada do bairro Itapuera da Barra, situado à margem direita do rio Jucu, que neste momento estava completamente alagada (Ponto 8) (Figura 83). A partir deste ponto decidi voltar para casa.



Figuras 83 – a) Estrada do dique com linha pontilhada indicando a altura da água há poucas horas antes e seta vermelha indica bairro Pontal das Garças. b) Entrada do bairro Itapuera da Barra por volta das 8 horas. Fotos: Miquelina Deina em 19-03-2013.



Figura 84 – Ponte do Jucu na altura da Rodovia do Sol. Seta 1 indica a direção do fluxo d'água. Seta 2 saída do Canal de Araçás no Jucu. Seta 3 indica Rod. do Sol. Linha pontilhada em azul indica marcas na vegetação, possivelmente por onde a água passou poucas horas antes. Foto: Miquelina Deina em 19-03-2013.

Por volta do meio dia, após ter acompanhado no restante da manhã, pela televisão e internet, a situação caótica em que se encontrava o município de Vila Velha e a Região Metropolitana da Grande Vitória, decidi retornar ao baixo curso para acompanhar o comportamento da água naquele momento. Antes de acessar a Rodovia do Sol, ainda em Santa Mônica próximo a Terceira Etapa (Condomínio Residencial – Ponto G), uma surpresa: a Terceira Etapa, que até por volta das 9 horas da manhã não tinha nenhum indício de alagamento, neste momento já estava completamente embaixo d'água.

Tal fato começou a me deixar apreensiva, uma vez que o sentido contrário da pista obriga os motoristas em dois trechos da Av. João Mendes (caminho em direção a Rod. do Sol) a passar por duas rotatórias que alcançam a Av. C e a Av. Perimetral na Terceira Etapa, que, neste momento, estavam completamente alagadas (Figura 85).



Figura 85 – a) Rotatória entre a Av. João Mendes e a Rua C em Coqueiral de Itaparica. b) Av. Perimetral em Coqueiral de Itaparica. Fotos: Miquelina Deina em 19-03-2013.

Segui então para o Canal de Araçás na altura da Fundação Bradesco (Ponto D) e este não apresentava mudanças quanto ao nível da água. Então, fui direto para a saída do canal onde se localizam as comportas (Ponto E). Neste momento, encontrei no local, funcionários da prefeitura de Vila Velha coordenando o funcionamento das bombas e a limpeza daquele trecho do canal para evitar que o lixo entupisse a saída do mesmo (Figura 86).

Estava no local o Subsecretário de Serviços Urbanos de Vila Velha o Sr. José Carlos de Assis que me passou algumas informações a respeito do monitoramento daquele local em dias de chuvas. O mesmo informou que existem fixas no local, duas bombas d'água que bombeiam 300 L/s e, em casos extremos, uma bomba extra com capacidade de bombeamento de 600 L/s é levada ao local (Figura 86). Não há nenhum sistema de alerta automático quanto à elevação do nível d'água dos canais e do rio Jucu em dias de chuvas e, segundo o subsecretário também não há nenhuma equipe especializada que se responsabilize por verificar, por exemplo, as tábuas de marés em eventos de chuvas e assim colocar as bombas funcionarem imediatamente durante esses eventos.

Vale lembrar que, segundo o Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO, 2013), as tábuas de marés previstas para este dia em relação ao Porto de Vitória eram de: 1,0m às 07h17min; 0,5m às 14h26min e 1,0m às 21h06min.

As comportas também são manuais, cuja estrutura física é precária. O material dessas comportas é bastante pesado dificultando a sua abertura quando necessário (Figura 86). Segundo o Subsecretário de Serviços Urbanos o monitoramento do local ocorre em função dos alagamentos no município, ou seja, ao verificarem que muitas áreas começam a ficar alagados em dias de chuvas, uma equipe é mandada ao local das comportas e das bombas para verificar se há necessidade de colocá-las em funcionamento.

Além disso, o lixo que desce junto com a água dos canais atrapalhando a saída da água pelas comportas é assustador. Neste dia, por exemplo, foi necessário que uma equipe da prefeitura ficasse o dia inteiro no local efetuando a retirada do lixo nas comportas (Figura 86).

Entretanto, o Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável de Vila Velha (PMVV, 2011), prevê a implementação de um Programa de Monitoramento Hidrológico que deverá considerar a implantação de estações automáticas de medição de chuva, cota e vazão, o que deverá melhorar esta situação até então caótica.



Figura 86 - a) Estrutura de concreto onde se localizam as duas bombas fixas na saída do Canal de Araçás. b) Bomba extra para ajudar em eventos extremos. c) Comporta Manual na saída do Canal de Araçás. d) Funcionário da prefeitura retirando lixo na entrada da comporta. Fotos: Miquelina Deina em 19-03-2013.

A partir deste ponto e já bastante preocupada em como iria voltar para casa, pois o número de locais alagados havia aumentado desde o início da manhã, dei só mais uma volta na estrada do dique (Ponto F) e decidi retornar. Prevendo a dificuldade de acessar o meu bairro através da Rod. do Sol, decidi voltar pela Rod. Darly Santos para pegar a Rod. Carlos Lindenberg e seguir em frente. Péssima escolha, pois havia um grande alagamento na Rod. Carlos Lindenberg cruzamento com a Rod. Darly Santos na altura do viaduto, onde não passavam carros baixos de forma alguma (Ponto H). A tensão aumentou muito neste momento e sem saber o que fazer, segui os outros motoristas que retornavam na contramão, por volta de uns 300 metros, para retornar à Rod. Darly Santos em sentido contrário.

Neste momento, já não lembrava sequer que estava com uma máquina fotográfica no carro especialmente para fotografar os alagamentos. Como não me restara outra opção, retornei pela Rod. Darly Santos para acessar novamente a Rod. do Sol, mas no meio do caminho mais uma surpresa: outro ponto de alagamento na Rod. Darly Santos (Ponto G) onde os carros pequenos

não passavam. A solução encontrada pelos motoristas foi subir por um meio fio acompanhado de uma larga calçada à direita da pista, que apesar de encoberto pela água, dava para passar com mais tranquilidade. Mais uma vez segui os demais motoristas.

Já com muita vontade de chorar, segui em direção a Rod. do Sol e ao chegar ao ponto da Rodovia que, em geral, dá acesso ao meu bairro sem maiores problemas nesses eventos, mais uma surpresa: outro ponto de alagamento justamente na rua que precisava contornar para pegar o acesso ao meu bairro (Ponto I). Sem muita coisa a fazer, esperei o sinal fechar na Rod. do Sol e dobrei à esquerda na contramão sem fazer o contorno obrigatório. Foi o único jeito de fugir do alagamento.

Novamente peguei a Av. João Mendes em Santa Mônica, mas devido ao alagamento na região da Terceira Etapa onde tenho que, obrigatoriamente, passar pelas duas rotatórias que se ligam as ruas alagadas da Terceira Etapa, como comentado anteriormente, segui em frente mais uma vez pela contramão para evitar as rotatórias e os alagamentos. A partir daí consegui chegar em casa sem maiores problemas (Ponto 0A), mas extremamente estressada e cansada, além de muito preocupada com o carro que já apresentava problemas no câmbio, pois não consegui evitar todos os alagamentos.

Infelizmente, esta experiência que vivenciei propositalmente, foi só uma pequena parte do que os moradores de Vila Velha passaram neste dia. Aliás, situação esta que ocorre regularmente em eventos de chuvas intensas e duradouras.

Neste dia (19 de março de 2013), o atual prefeito do município de Vila Velha chegou a decretar Estado de Emergência e teve que pedir ajuda ao exército para socorrer pessoas ilhadas ou em áreas completamente alagadas (Figura 87) (A GAZETA, 2013).

Segundo informações do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), o volume de chuvas num período de 24 horas, a se estender da tarde de 18 de março de 2013 a tarde de 19 de março de 2013, chegou a acumular 203,8mm, medição feita na estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada na UFES (INCAPER, 2013).

O Terminal de Vila Velha e o acesso à Terceira Ponte ficaram inacessíveis por muitas horas, com inúmeras pessoas ilhadas, sem conseguir chegar ao trabalho nem mesmo voltar para casa, esperando a água baixar. Muitos bairros de Vila Velha ficaram completamente alagados

(Figura 87 e 88), como por exemplo, Cobilândia, Jardim Marilândia, Alvorada, Santos Dumond, Cristóvão Colombo, Itapuã, Pontal das Garças, Darly Santos, Coqueiral de Itaparica, Jardim Guaranhuns, só para citar alguns, pois muitos outros ficaram em situação, no mínimo, alarmante (A GAZETA, 2013).



Figura 87 – a) Exército ajuda retirar moradores de áreas alagadas no Bairro Itapuã, em 19-03-2013. Foto: Aglissom Lopes. b) Jardim Guaranhuns em 19-03-2013. Foto. Helmar Henrique. Fonte: Gazeta Online.



Figura 88 – a) Bairro Cristóvão Colombo em 19-03-2013. b) Av. João Francisco Gonçalves em Cobilândia. Foto: Bernardo Coutinho, em 19-03-2013. Fonte: Gazeta Online.

Com base nas principais problemáticas do baixo Jucu abordadas especialmente nestas duas últimas seções, faz-se a seguir uma análise da atuação do poder público municipal em relação ao uso e ocupação da terra na região do baixo curso do rio Jucu, com destaque para os Planos Diretores Municipais de Vila Velha e Viana.

#### 5.4 AS POLÍTICAS URBANO-AMBIENTAIS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU ATRAVÉS DOS PLANOS DIRETORES MUNICIPAIS

Tendo em vista as condições naturais da região do baixo curso do rio Jucu e os seus agravantes socioambientais causados pela forma de uso e ocupação da terra, faz-se necessário investigar a atuação do poder público na região, especialmente através dos Planos Diretores Municipais, documentos estes que tem por finalidade principal regulamentar o uso e ocupação da terra com base, sobretudo, no Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001), na Lei Federal de Parcelamento e Uso do Solo Urbano (Lei 6.766/1996) e demais legislações que amparam e complementam estas, especialmente as de cunho ambiental.

Todos os municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jucu possuem seus respectivos Planos Diretores Municipais (PDM), em vigor desde: 2011 em Domingos Martins, 2008 em Marechal Floriano, 2006 em Viana, 2007 em Cariacica, 2007 em Vila Velha e 2007 em Guarapari.

Contudo, tendo em vista a indisponibilidade de tempo necessário para analisar detalhadamente o PDM de cada município e o fato desta pesquisa focar sua análise sobre o baixo curso do rio Jucu, decidiu-se centrar a análise sobre os Planos Diretores Municipais de Vila Velha e Viana, pois são os municípios que abrangem a maior porção territorial do baixo curso do Jucu. Deste modo, Vila Velha terá destaque especial por ser o município por onde passa o maior trecho do baixo curso do rio Jucu e onde estão as áreas mais povoadas da bacia.

Tal fato, no entanto, não exclui a importância dos Planos Diretores dos demais municípios, tendo em vista que ao se tratar de uma área de estudo no âmbito de uma bacia hidrográfica, a divisão política dos territórios com suas legislações e gestão específicas não dão conta individualmente de explicar a complexidade dos fatores sociais e naturais que compõem a dinâmica deste espaço geográfico.

As atuais políticas de desenvolvimento urbano dos municípios de Vila Velha e Viana foram instituídas pela Lei Nº 4.575/2007 e Lei Nº. 1.876/2006, respectivamente.

Entre os princípios da Política Urbana de Vila Velha, previstos no PDM em seu artigo 4º, estão o direito à cidade sustentável, a função social da cidade, função social da propriedade urbana, a sustentabilidade urbana e ambiental e a gestão democrática e participativa (PMVV, 2007).

Destaca-se inicialmente nesta pesquisa o princípio do direito à cidade sustentável (Art. 5º), cujos principais objetivos são a garantia de um desenvolvimento municipal socialmente justo, **ambientalmente equilibrado** (grifo nosso) e economicamente viável (PMVV, 2007).

Neste sentido, entre as estratégias de desenvolvimento sustentável do município de Vila Velha previstas no Artigo 15 do PDM, está a preservação dos bens e recursos naturais, como: unidades de conservação; áreas frágeis alagadas ou alagáveis; Áreas de Preservação Permanente (APP); área de amortecimento no entorno das Unidades de Conservação e corpos d'água e suas matas ciliares (PMVV, 2007).

Para a delimitação, manejo e preservação das áreas indicadas acima, o PDM indica em seu Artigo 16, que o poder público municipal poderá estabelecer parcerias com outras instituições públicas e privadas e deverá garantir fiscalização eficiente, vinculada aos programas e projetos de educação ambiental (PMVV, 2007).

Quanto à função social da cidade, o PDM de Vila Velha em seu Artigo 6º, destaca a garantia a universalização do saneamento ambiental, incluindo água potável, serviços de esgotamento sanitário, coleta e disposição de resíduos sólidos e ao manejo sustentável de águas pluviais, de forma integrada às políticas ambientais, de recursos hídricos e de saúde (PMVV, 2007).

Tendo em vista a importância de uma gestão urbana ambiental integrada no âmbito das bacias hidrográficas, conforme destacado ao longo deste trabalho, o sistema de saneamento ambiental merece destaque nesta discussão, pois este só será realmente eficiente se for efetuado de forma integrada aos demais municípios que pertencem à bacia do rio Jucu, especialmente na RMGV. Tal afirmação tem por base a complexidade de elementos e ações que compõe um sistema de saneamento ambiental, pois afetam tanto o ambiente natural cuja dinâmica não possui limites políticos administrativos, como o ambiente social.

O PDM de Vila Velha, em seu Artigo 46, destaca as principais diretrizes que norteiam o sistema de saneamento ambiental do município. Entre elas, estão: a implantação de redes de coleta e tratamento adequado dos esgotos sanitários em todo o território municipal; a proteção dos cursos d'água e as águas subterrâneas; **garantia da gestão integrada dos resíduos sólidos** (grifo nosso); complementação da rede coletora de águas pluviais e o sistema de drenagem nas áreas urbanizadas do território; garantia da gestão ambiental através da preservação, proteção, conservação e recuperação dos corpos d'água, dos lagos e lagoas, das

matas ciliares, da vegetação nativa, das Áreas de Proteção Permanente (APP) e das Unidades de Conservação Ambiental (PMVV, 2007).

A garantia da gestão integrada dos resíduos sólidos é um dos exemplos de integração intermunicipal de políticas públicas através do Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana da Grande Vitória, sendo este um dos Projetos definidos como prioritários pelo Conselho Metropolitano de Desenvolvimento da Grande Vitória (COMDEVIT) (IBAM, 2009).

Para a promoção de um sistema de saneamento ambiental mais adequado e eficiente, Vila Velha elaborou, recentemente, um Plano de Drenagem Urbana Sustentável, em vigor desde novembro de 2011, conforme está previsto em seu PDM no artigo 47 (PMVV, 2007; PMVV, 2011).

Contudo, há que se destacar também neste estudo, as diretrizes do PDM quanto à regulamentação do uso e ocupação do solo, pois estas devem ser articuladas de forma compatível e sustentável com o ambiente e integradas às demais políticas públicas de saneamento ambiental, preservação dos recursos hídricos e outras.

Desta forma, quanto ao zoneamento urbano de Vila Velha para regulamentar o uso e ocupação do solo, conforme estabelecido no PDM nos Artigos 78, 84 e 93 respectivamente, destacam-se neste estudo: as Zonas de Ocupação Restrita (ZOR), Zonas de Especial Interesse (ZEI), as Zonas de Equipamentos Especiais (ZEE) e as Zonas de Especial Interesse Ambiental (ZEIA) (PMVV, 2007), tendo em vista que estas zonas abrangem as áreas mais frágeis do baixo Jucu, pois são as mais próximas ao seu curso principal (Figura 89).

A Zona de Ocupação Restrita (ZOR), segundo PDM, constitui-se pelos vazios urbanos com potencial de integração as áreas urbanas já consolidadas, necessitando de implantação de infraestrutura para novos empreendimentos e observando as condições ambientais a serem protegidas (Art. 78). Esta se subdivide em: ZOR 1, ZOR 2 e ZOR 3. A área do baixo curso em destaque neste estudo é abrangida pela ZOR 2 e ZOR 3, cujo coeficiente de aproveitamento, segundo PDM, é compatível com baixo adensamento populacional na ZOR 2 e a absorção de novos parcelamentos condicionados ao provimento de infraestrutura urbana e integração da mobilidade nas ZOR 2 e 3 (Figura 89).

O segundo zoneamento feito pelo PDM de Vila Velha, conforme Artigo 93 e em destaque neste estudo, são as Zonas de Especial Interesse (ZEI), que compreendem as áreas do território que exigem tratamento diferenciado para efeito da aplicação dos parâmetros e dos instrumentos da política urbana e para a indução do desenvolvimento urbano (PMVV, 2007). Estas Zonas de Especial Interesse são subdivididas em várias outras, as quais se destacam neste estudo por abrangerem grande parte do baixo curso do Jucu as seguintes: Zonas de Especial Interesse Ambiental (ZEIA); Zonas de Especial Interesse Social (ZEIS); Zonas de Especial Interesse Econômico (ZEIE) e Zonas de Especial Interesse Urbanístico (ZEIU) (Figura 89).

Por fim, o baixo curso do Jucu também conta com uma Zona de Equipamentos Especiais (ZEE) que é composta por áreas do território municipal de Vila Velha, destinadas a abrigar atividades econômicas e funcionais, especialmente as de natureza portuária, que gerem impactos urbanos e ambientais (Art. 84) Neste caso, a ZEE na área do baixo Jucu está destinada, conforme PDM, a instalação de um aeroporto (PMVV, 2007).

O zoneamento aqui destacado gera alguns questionamentos importantes ao relacioná-lo, por exemplo, às políticas de saneamento ambiental e de proteção das áreas ambientalmente frágeis do município, conforme mencionado no PDM de Vila Velha. Parece haver certa prevalência de aspectos econômicos sobre os ambientais, pois o baixo curso do rio Jucu mesmo sendo uma das áreas municipais mais frágeis, conta com zoneamentos destinados a usos e ocupação incompatíveis com o equilíbrio ambiental da região, mesmo estando estes restritos a algumas condicionantes.

As Zonas de Ocupação Restrita (ZOR 2 e 3), por exemplo, são extremamente próximas às margens do rio Jucu, em áreas de planícies fluviais cuja topografia é extremamente baixa e por isso naturalmente alagadas em eventos de cheia do rio. Deste modo, qualquer tipo de uso e ocupação desta área necessitará, por exemplo, de grandes aterros que irão conseqüentemente provocar significativas alterações no comportamento hidrológico da região, cujas conseqüências são impossíveis de serem medidas em sua totalidade e áreas de abrangência (Figura 89).

Outro exemplo são as Zonas de Especial Interesse Econômico (ZEIE) e as Zonas de Especial Interesse Urbanístico (ZEIU), como é o caso do bairro Pontal das Garças, já mencionado neste trabalho em vários momentos, devido à dramática situação dos alagamentos constantes

da região. Estes alagamentos são agravados pela urbanização que aumenta as áreas impermeabilizadas, além da destinação incorreta de lixos e esgotos domésticos e industriais que acabam alcançando os canais e o leito do rio, agravando ainda mais a situação.

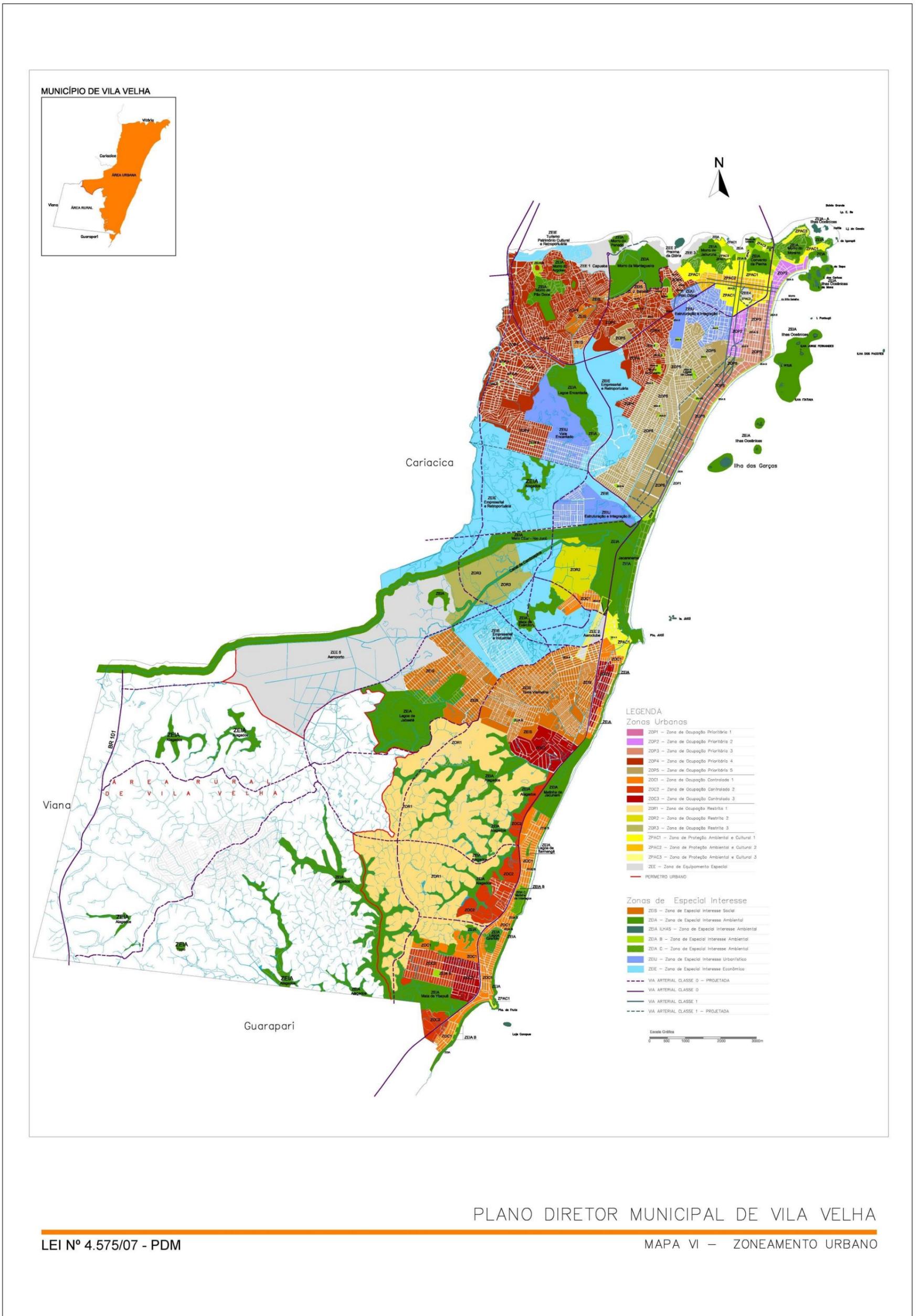
O problema da impermeabilização, por exemplo, também pode ser estendido às Zonas de Especial Interesse Econômico (ZEIE), pois são destinadas especialmente à ocupação empresarial e retroportuária com provável geração de grandes áreas impermeabilizadas, cujo investimento financeiro em macrodrenagem urbana para impedir os alagamentos costuma ser exorbitante.

O mesmo ocorrerá, provavelmente, com a Zona de Equipamento Especial destinada à implantação de um aeroporto que servirá como ampliação do aeroporto de Vitória, a princípio sem terminal de cargas nacional e internacional, mas podendo se desenvolver novas alternativas de áreas (ex.: Fazenda Paraíso) para desenvolvimento de um aeroporto vocacionado à atuação de transporte de cargas e infraestrutura de apoio logístico (ASEVILA, 2010). Tal obra necessitará, por exemplo, de grandes aterros com construções de áreas impermeabilizadas, que modificará significativamente a drenagem da região.

Estas são apenas algumas questões dentre tantas outras que podem ser levantadas e discutidas quanto ao PDM de Vila Velha (2007). Contudo, em comparação ao PDM de Viana há um maior detalhamento no PDM de Vila Velha quanto à uma série de questões urbanas ambientais, mas que nem por isso deixam de ter lacunas a serem questionadas e resolvidas. A sobreposição de aspectos econômicos sobre os socioambientais é uma delas, além da falta de real integração entre as políticas urbanas e ambientais e a grande distância que ainda existe entre o que é planejado e o que é verdadeiramente executado. Infelizmente isso não é um fato isolado, mas sim, atinge de forma geral muitas políticas públicas de todo o território nacional.

Quanto ao PDM de Viana, nota-se que os aspectos que se relacionam direta ou indiretamente aos recursos hídricos da região e demais questões ambientais que devem estar articuladas a questões urbanas, ainda são tratados de maneira bastante incipientes (PMV, 2006).

Um exemplo desta realidade é que ao abordar a Política Municipal de Meio Ambiente (Art. 26 e 27), o PDM de Viana relaciona as principais diretrizes desta política e coloca como estratégia a elaboração e implementação do Plano Municipal de Meio Ambiente, porém, sem mencionar qualquer outro esclarecimento a respeito (PMV, 2006).



PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE VILA VELHA

LEI Nº 4.575/07 - PDM

MAPA VI - ZONEAMENTO URBANO

Figura 89—Mapa do Zoneamento Urbano do município de Vila Velha, extraído do Plano Diretor Municipal de Vila Velha (Lei Nº 4.575/07).

O único detalhamento contido no PDM a esse respeito se refere às diretrizes da Política Municipal de Meio Ambiente de Viana (Art. 27), com destaque para: o controle do uso e da ocupação de margens de cursos d'água, áreas sujeitas à inundação, áreas de alta declividade e cabeceiras de drenagem; ampliação das medidas de saneamento básico para as áreas deficitárias, por meio da complementação das redes coletoras de esgoto e água; promoção da recuperação da produção e qualidade dos recursos hídricos do município, despoluindo-os e recuperando as matas ciliares; controle da retirada do uso da água do subsolo a fim de não comprometer a qualidade e a produção da água para futuras gerações (PMV, 2006).

As diretrizes foram citadas, mas os caminhos a ser percorridos para atingir tais objetivos, não foram esclarecidos.

Além disso, não foi evidenciada no PDM deste município nenhuma indicação de possível integração de suas políticas urbanas ambientais com a dos demais municípios da RMGV, quanto aos recursos hídricos da região. Também não ficou clara a integração das próprias políticas urbanas do município com suas políticas ambientais e de recursos hídricos.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise hidrológica e geomorfológica do baixo curso do rio Jucu presente neste estudo e sua interação com a dinâmica de formação/organização socioespacial desta região contribuem para a afirmação da importância da análise integrada do espaço geográfico, tendo em vista que a compreensão deste em sua totalidade se dá a partir da inter-relação entre as leis naturais e sociais.

No decorrer da pesquisa, foram muitos os momentos e situações em que a compreensão de determinados fenômenos identificados neste espaço geográfico, seja a princípio de ordem natural ou de ordem social, só se tornaram possíveis por meio da análise integrada de ambos.

Começamos pela análise hidrológica do baixo curso do rio Jucu. Esta permitiu identificar várias mudanças no comportamento hidrológico do baixo curso nas últimas décadas, cujas principais transformações mostraram ter relações diretas e indiretas com a forma de uso e ocupação da terra, ou seja, com a forma como a sociedade tem se apropriado da natureza para sua produção e reprodução social. Do mesmo modo, o atual comportamento hidrológico tem mostrado como as condições naturais do ambiente têm interagido às intervenções humanas na busca de um novo ponto de equilíbrio.

Entre as principais mudanças no comportamento hidrológico desta região, com base nos dados obtidos através da ANA referente à Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba, foram identificadas:

- Redução nos valores das vazões e precipitações totais entre os anos de 1986 e 2003, aproximadamente;
- Tendência de aumento significativo nos valores das vazões e precipitações a partir de 2003 até dias atuais;
- Tendência de queda nos valores das vazões mínimas a partir de meados da década de 1990, com menor valor registrado em 2003;
- A partir de 2003 parece haver tendência de aumento das vazões mínimas diárias;
- Os valores das vazões máximas diárias também apresentaram tendência de aumento nos últimos anos, especialmente a partir do ano 2000;

- A partir de meados da década de 1990 observa-se também aumento geral da cota máxima, que se acentua ainda mais a partir do ano 2000 até dias atuais;
- O perfil transversal a partir de 1999 também apresentou alterações significativas quanto a sua morfologia, especialmente com o alargamento de sua seção transversal e diminuição de sua profundidade/entalhamento.

Ao analisarmos as alterações geomorfológicas no baixo curso do Jucu a partir de: ortofotos aéreas fornecidas pelo IEMA referente a quatro períodos distintos (1970, 1978, 1998 e 2008); visitas *in loco* com registros fotográficos e levantamentos de coordenadas UTM e demais informações obtidas em documentos diversos sobre a região, foi possível estabelecer algumas correlações entre as alterações hidrológicas com as modificações morfológicas no baixo curso da bacia do Jucu nas últimas décadas.

Além das alterações morfológicas diretas sobre o canal principal do baixo Jucu com desvios de afluentes, retificação em um longo trecho do canal principal e construção de canais artificiais de drenagem em vários pontos da planície fluvial, identificou-se que esta região também tem sofrido fortemente com as mudanças fluviais indiretas que têm promovido uma série de transformações neste espaço geográfico.

Nas regiões do entorno da Estação Hidrometeorológica Fazenda Jucuruaba localizada nas proximidades da sede municipal de Viana, nota-se, atualmente, uma série de fatores de degradação dos elementos naturais que podem estar contribuindo para a tendência de aumento das vazões mínimas e das vazões máximas, nos últimos anos, com conseqüente aumento das cotas altimétricas e mudança no perfil transversal deste trecho do rio.

O aumento das cotas altimétricas, por exemplo, parece estar diretamente associado às mudanças do perfil transversal, que se apresenta bem menos profundo nos últimos anos sugerindo indícios de assoreamento. Deste modo, para dar vazão ao maior volume d'água que tem alcançado a calha principal do rio num menor intervalo de tempo, durante os eventos de chuvas intensas dos últimos anos, o perfil transversal tem se ajustado às novas condições ambientais através do alargamento de sua seção transversal.

Tais indícios encontram respaldo nesta pesquisa a partir dos próprios fatores de degradação identificados na área espacial do entorno, que apresenta, atualmente, grandes parcelas de solos desprotegidos, destinados em grande parte as pastagens e em menor proporção a atividades agrícolas. Há ainda várias porções de solos totalmente expostos por processos de

terraplanagem que margeiam a BR 262 e as imediações das áreas urbanizadas da sede de Viana e bairros próximos. Estes solos expostos estão destinados, em geral, à instalação de empresas e indústrias, assim como para novos loteamentos residenciais. Além disso, grande parcela das margens do Jucu logo a montante da Estação Fazenda Jucuruaba encontra-se totalmente desprotegida, sem mata ciliar, cuja drenagem do entorno desta região converge diretamente para este trecho do rio.

Não obstante, há que se lembrar das alterações a montante desta área, que mesmo situadas nas porções do médio e alto Jucu, acabam por se refletir a jusante. No município de Marechal Floriano, por exemplo, o processo de urbanização nas margens do rio Jucu Braço Sul tem crescido consideravelmente na última década. Além disso, há no alto e médio Jucu, aumento de áreas destinadas especialmente a agropecuária, que promovem desmatamentos, queimadas, retiradas de matas ciliares, expondo o solo às intempéries e deixando fortes indícios de assoreamento do leito do rio em vários trechos do canal principal.

Contudo, as alterações hidrológicas no baixo curso do Jucu a jusante da Estação Fazenda Jucuruaba são ainda mais alarmantes, apesar de não existir nenhuma estação hidrometeorológica a partir deste trecho que as confirme em números exatos. Esta porção do baixo Jucu, além de refletir as alterações hidrogeomorfológicas ocorridas a montante é a porção da bacia mais impactada pela forma de uso e ocupação da terra, especialmente quanto ao avanço da urbanização para áreas cada vez mais próximas ao canal principal, conforme identificado no trecho do baixo curso localizado no município de Vila Velha.

O crescimento da urbanização nesta porção do baixo Jucu tem se acelerado especialmente a partir do final da década de 1990, cujas principais consequências para a região são o aumento de áreas impermeabilizadas, remoção da vegetação, construção de canais de drenagem, que tem promovido escoamento superficial mais acelerado em direção ao Jucu, fazendo com que um maior volume de água atinja mais rapidamente o canal principal.

Este, por sua vez, em eventos de chuvas intensas e/ou duradouras, aliadas às demais mudanças identificadas neste espaço, tem excedido mais rapidamente sua capacidade de armazenamento de água em seu trecho retificado, que apesar de escoar mais rapidamente a água, com o aumento dos picos de vazões tem transbordado com maior facilidade.

Com base nesse contexto de aumento dos picos de vazões no baixo Jucu, outras observações preocupantes foram feitas quanto à precária estrutura da drenagem urbana no município de

Vila Velha. Os canais artificiais de drenagem se tornaram depósitos de lixo *in natura*, prejudicando fortemente o escoamento da água, especialmente em eventos de chuvas extremas, que aliados à precária manutenção destes, à falta de medidas não estruturais para contenção de alagamentos e inundações e à inexistência de um sistema de monitoramento automático da elevação do nível d'água dos canais, que por vezes estão associados à elevação da maré, têm tornado a situação caótica nesta região.

A análise morfológica no baixo Jucu, através das ortofotos aéreas históricas do local, evidencia o quão degradante tem sido o modelo de uso e ocupação da terra no baixo Jucu, modelo este induzido pelo poder público municipal, conforme análise efetuada através do PDM de Vila Velha quanto ao Zoneamento Urbano deste município.

Este modelo tem promovido uma interação homem-meio bastante danosa não só ao ambiente natural do baixo Jucu, mas também à população que habita estas áreas, especialmente as das classes mais populares, que por falta de poder aquisitivo tendem a habitar áreas impróprias à ocupação e desprovidas de infraestrutura adequada, em função do menor preço das terras nestas regiões, como nos casos do bairro Pontal das Garças e Darly Santos analisados nesta pesquisa.

A população destes bairros além dos transtornos constantes com perdas materiais devido aos alagamentos frequentes, vive em alerta com o aumento dos picos de vazões máximas dos últimos anos que ameaça, inclusive, o rompimento do Dique Guaranhuns (Dique do Jucu).

A forma como a ocupação destas áreas vem sendo conduzida indica que situações como estas tendem a ser fortemente agravadas no futuro atingindo um número bem maior de habitantes, pois, o poder público tem vinculado a ideia, através de seus planos e projetos de ordenamento territorial, de que basta alguns poucos estudos seguidos de obras de engenharia para resolver tamanha complexidade envolvida na inter-relação entre o meio natural e o social.

Nota-se, claramente, a intenção do poder público e outros setores, especialmente o imobiliário, em negar a complexidade dos processos naturais que atuam na dinâmica deste ambiente, através da evidente sobreposição de aspectos econômicos sobre os socioambientais na regulamentação do uso e ocupação da terra nesta região.

No Zoneamento Urbano de Vila Velha, conforme seu PDM, está previsto a ocupação de praticamente toda a planície fluvial do baixo Jucu, com apenas poucos metros destinados a

Zonas de Especial Interesse Ambiental (ZEIA) nas margens do rio Jucu e no Parque Natural Municipal de Jacarenema. Deste modo, para que esta ocupação aconteça, seja para uso residencial ou empresarial, serão necessários, por exemplo, o aterro de grandes porções das planícies do baixo Jucu, o que significará alterações ainda mais drásticas no comportamento hidrológico da região, cujas consequências são difíceis de ser previstas em sua totalidade.

Além disto, tais alterações não ficarão restritas ao ambiente natural. Como já vem ocorrendo, estas irão se refletir em transtornos para a sociedade, atingindo de forma mais caótica as classes mais populares de baixo poder aquisitivo que habitam esta região, além de demandar do poder público gastos exorbitantes para contenção dos alagamentos e inundações que irão se agravar com tal modelo de ocupação.

Esta realidade evidencia, entre outros, a falta de um planejamento urbano e ambiental integrado, tendo em vista, conforme abordagem teórica e conceitual desta pesquisa, que a gestão deste espaço geográfico deve estar pautada em sua totalidade, ou seja, na interação entre as leis naturais e as leis sociais. Isto porque, conforme discussões já levantadas e as próprias experiências identificadas nesta pesquisa, a natureza não é apenas um substrato passível às intervenções humanas. A natureza é ao mesmo tempo passiva e ativa, ao passo que interage de forma bastante veemente às intervenções humanas, fato este evidenciado em vários momentos desta pesquisa ao mostrar as interações do ambiente natural do baixo Jucu às intervenções humanas.

Logo, o recorte espacial da bacia hidrográfica como célula de análise capaz de inter-relacionar as leis naturais e sociais, vem ganhando corpo e sendo discutida por um número cada vez maior de profissionais e pesquisadores da área. No entanto, um longo caminho há que ser percorrido, a começar pela desburocratização das diferentes esferas governamentais, permitindo maior articulação entre as políticas de ordenamento territorial com as políticas de cunho ambiental, especialmente no âmbito das bacias hidrográficas.

É preciso, ao mesmo tempo, resgatar na sociedade em geral a importância da preservação dos bens naturais para a garantia de qualidade de vida, especialmente às gerações futuras. Tal fato está fortemente ligado à necessidade da educação ambiental, que deve ser entendida e administrada como um processo permanente.

Diante do exposto em relação à bacia hidrográfica do rio Jucu, especialmente quanto ao seu baixo curso, seguem algumas propostas para auxiliar num possível planejamento urbano-ambiental integrado e mais eficaz desta porção do espaço:

- Implantação de mais estações hidrometeorológicas na bacia do Jucu para dar suporte a um planejamento eficiente;
- Estudos que englobem, por exemplo, o cálculo do período de retorno das vazões máximas, auxiliando assim na adoção de medidas preventivas quanto às cheias e possíveis inundações;
- Implantação de um sistema de alerta automático quanto à elevação dos níveis d'água nos canais naturais e artificiais do baixo curso, associado a um sistema de comportas eficientes para bloqueio da maré;
- Adoção de medidas não estruturais para contenção dos alagamentos e inundações, a serem articuladas, por exemplo, ao PDM dos municípios através dos seus Planos Diretores de Drenagem Urbana. Entre essas medidas podemos citar: a destinação de parte das planícies fluviais mais próximas ao baixo Jucu para áreas de lazer, como parques bastante vegetados com maior capacidade de infiltração da água e menores prejuízos quando inundados (ao invés de áreas residenciais ou empresariais como está destinada atualmente); Programas de Educação Ambiental formal e informal e de duração permanente; Programas de recuperação das matas ciliares ao longo do Jucu; sistema de alerta contra inundações conforme citado anteriormente; adoção de calçamentos de paralelepípedo ou similares em vias pouco movimentadas no interior de bairros residenciais facilitando a infiltração da água; aumento de áreas verdes por meio de praças e parques espalhados em vários pontos da cidade; entre outras.
- Maior articulação do poder público, nas suas diferentes esferas, com o objetivo de criar alternativas de integração entre as suas políticas urbanas e ambientais, com conseqüente articulação da gestão territorial que considerem de alguma forma a dinâmica socioambiental no âmbito das bacias hidrográficas e da gestão integrada na RMGV. Uma das alternativas que colaboram para a promoção de uma ação participativa na gestão dos recursos hídricos e do território como um todo, são os Consórcios Públicos, que permitem, segundo a Lei 11.105 de 2005, que estes sejam constituídos por parcerias formadas por dois ou mais entes da federação para realização de objetivos de interesse comum em qualquer área.

Esta discussão, traçada especialmente a partir da relação entre os resultados alcançados e a abordagem teórica conceitual desta pesquisa, revela apenas parte da complexidade que permeia a interação entre as leis naturais e sociais no âmbito das bacias hidrográficas, tendo em vista que a compreensão desta interação faz parte de um sistema maior que se conecta a diferentes escalas.

Ademais, pretende-se que esta pesquisa contribua com as discussões referentes à totalidade do espaço geográfico, principalmente no sentido de reforçar a necessidade de gestão urbana ambiental integrada e, para além dos limites políticos administrativos dos municípios, promovendo não só a conservação do ambiente natural, mas consequentemente a garantia da qualidade de vida das populações e suas gerações futuras.

É imprescindível, neste sentido, que estas discussões e reflexões ultrapassem os limites do meio acadêmico, do meio político-governamental, se entendendo a todas as esferas e classes sociais, pois, entre os caminhos para a reprodução de uma sociedade mais justa e igualitária, consciente da necessidade de preservação do ambiente natural para sua própria reprodução, está à democratização da informação, do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Bases conceituais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. In: PLANTENBERG-MÜLLER, C.; AB'SÁBER, A. N. **Previsão de Impactos**. São Paulo: Edusp, 2002. 2 ed. p. 27-49.

ACQUATOOL CONSULTORIA. (IJSN; COMDEVIT; GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO). **Elaboração dos Estudos para Desassoreamento e Regularização dos Leitos e Margens dos Rios Jucu, Formate e Marinho na Região Metropolitana da Grande Vitória: Relatório Final de Consolidação**. Vitória, setembro de 2009. Disponível em: <[http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=564&Itemid=363](http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=564&Itemid=363)>. Acesso em: 12 de abril de 2012.

AMARANTE, Odilon A. Camargo do. **Atlas Eólico: Espírito Santo** / Odilon A. Camargo do Amarante, Fabiano de Jesus Lima da Silva, Paulo Emiliano Piá de Andrade. Vitória (ES): ASPE – Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo, 2009. 100 p.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho Leste: Sinopse de informações do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/index.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO Nº 597, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2006**. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2006/597-2006.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

\_\_\_\_\_: **HIDROWEB**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

ASEVILA - Associação dos Empresários de Vila Velha. **Plano de Desenvolvimento Sustentável do Município de Vila Velha: Diretrizes do Projeto**. Vila Velha, 2010. Disponível em: <http://www.vilavelha.es.gov.br/files/arquivos/publicacoes/publicidade/6-plano-de-desenvolvimento-sustentavel-de-vila-velha/174-plano-de-desenvolvimento-sustentavel-de-vila-velha.pdf>. Acesso em: 02-05-2013

BARBOSA, C.; CARVALHO, P. F. de. **Análise Geoambiental como Instrumento para subsidiar a Ação Crítica na Interação Sociedade-Natureza**. 1º Simpósio de Pós-Graduação

em Geografia do Estado de São Paulo (SIMP GEO), Unesp, Rio Claro, São Paulo, 2008. p. 850-862.

BIGARELLA, João José. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora UFSC, v. 3, 2003. p. 877-1436.

BNDO - Banco Nacional de Dados Oceanográficos. **Previsões de Marés: Porto de Vitória - Capitania dos Portos do ES (Estado Do Espírito Santo)**. Pesquisado em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/40252Mar2013.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

BOTELHO, Rosangela. G. M. **Bacias Hidrográficas Urbanas**. In: GUERRA, A. J. T. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115.

BOTELHO, Rosangela G. M.; SILVA, Antônio. S. da. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Geografia Física No Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 3 ed. p. 153-192.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. p. 113-127 - ISBN 85-89154-04-01.

BRASIL. **Lei Federal 6.766 de dezembro 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm)>. Acesso em: 03 mar. 2012.

BRASIL. **Lei Federal 9.433 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm)>. Acesso em: 03 mar. 2012.

BRASIL. **Estatuto das Cidades: guia para implantação pelos municípios e cidadãos. Lei 10.257 de julho de 2001**. Regulamenta os Artigos 182 e 183 da Constituição Federal, Estabelece Diretrizes Gerais da Política Urbana e dá Outras Providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm)>. Acesso em: 03 mar. 2012.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira; MIGUEZ, Marcelo Gomes. **Controle de Inundações em Bacias Hidrográficas Metropolitanas**. São Paulo: Annablume, 2011. 1ª Ed. Fls. 300.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, Ed da Universidade de São Paulo, 1974.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 2ª ed. 1980. p.65-121.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia Fluvial**. Vol. 1 – O canal fluvial. São Paulo. Edgard Blücher, 1981.

CLIMANÁLISE - **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista (SP): Edição: INPE / CPTEC, publicações de 1996 a 2012. Vol. 11 ao 27. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

COELHO, André Luiz Nascentes. **Alterações Hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ES**. 2007.

\_\_\_\_\_. **Uso de Produtos de Sensoriamento Remoto para Delimitação de Área Efetivamente Inundável: Estudo de Caso do Baixo Curso do Rio Benevente Anchieta – ES**. Rev. Geogr. Acadêmica v.4, n.2 (xii. 2010).

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: **Geomorfologia uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 6ª ed. p.93-148.

COELHO, Maria Célia N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COSTA, Hemerson. **Vila Velha pode ficar debaixo d'água se dique do Rio Jucu não for recuperado**. A Gazeta. Vitória, 04 nov. 2009. Disponível em: <[http://gazetaonline.globo.com/\\_conteudo/2009/11/558701-vila+velha+pode+ficar+debaixo+d+agua+se+dique+do+rio+jucu+nao+for+recuperado.html](http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2009/11/558701-vila+velha+pode+ficar+debaixo+d+agua+se+dique+do+rio+jucu+nao+for+recuperado.html)>. Acesso em: 22 fev. 2013.

CUNHA, Luís Henrique H.; COELHO, Maria Célia N. Política e Gestão Ambiental. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 41-79.

CUNHA, Sandra Baptista da. Canais fluviais e a questão ambiental. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 219-238.

\_\_\_\_\_. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 211-252.

DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A.; BOYD, R. **Estuarine Facies Models: Conceptual Basis and Stratigraphic Implications**. Journal of Sedimentary Research, Canada, p. 1130-1146, 29 May 1991.

DEINA, M. A; BASTOS, A. C; QUARESMA, V. S. **Variação Morfológica do Cordão Litorâneo Associado a Foz do Rio Jucu (ES)**. Revista Geografares, nº9, p 203-230, jul./Dez., 2011, ISSN 2175 -3709. Disponível em: <http://www.periodicos.ufes.br/geografares>. Acesso em: 10 fev. 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. Disponível em: [http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Livro+SBCS\\_2ed\\_000fzvnmj5j02wx5ok0q43a0rx9wj0bm.PDF](http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Livro+SBCS_2ed_000fzvnmj5j02wx5ok0q43a0rx9wj0bm.PDF)>. Acesso em: 22 ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **Produtos Orbitais da Missão SRTM**, (do Espírito Santo). Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/es/es.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2012.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, p.23.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, Antônio J. T.; MARÇAL, Mônica S. **Geomorfologia Ambiental**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUIMARAES, Betina. **DER realiza ações preventivas em todo o estado**. Departamento de Estrada de Rodagem do Espírito Santo. Vitória, 05 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.der.es.gov.br/Noticia.aspx?id=284>>. Acesso em: 21. fev. 2013.

HABTEC ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Diagnóstico e Plano Diretor das Bacias Hidrográficas dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu**. Vol. II, 1997. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/docs/planos\\_diretores/plano10/plano\\_diretor2.asp](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/docs/planos_diretores/plano10/plano_diretor2.asp)>. Acesso em: 20 ago. 2007.

HOLZ, Ingrid Herzog. **Urbanização e Impactos sobre Áreas de Preservação Permanente: O Caso Do Rio Jucu (ES)**. 2012. 211 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV)**. PRODUTO 8 – Plano Diretor de Resíduos Sólidos – VERSÃO FINAL, 2009. Disponível em: [http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20121003\\_prod8\\_pdrsrmgv\\_vf.pdf](http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20121003_prod8_pdrsrmgv_vf.pdf). Acesso em: 16 maio 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados agregados** (Dados Populacionais do Espírito Santo). Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 09 abr. 2012.

\_\_\_\_\_. **Cartas Topográficas do Estado do Espírito Santo**. Escala 1.50.000.

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos; Instituto Ecobacia. **Documento Agenda das Bacias Estratégicas Rios Jucu e Santa Maria da Vitória**. Comitês de Bacia Hidrográfica dos Rios Jucu e Santa Maria Da Vitória. Espírito Santo, 2009.

\_\_\_\_\_. **Ortofotos aéreas históricas do baixo curso do rio Jucu de 1970, 1978, 1998 e 2008**. Vitória (ES).

IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves. **Distribuição Populacional no Espírito Santo: Resultados do Censo Demográfico 2010.** Ano IV – Nº 27 – Maio de 2011. Pesquisado em: <[http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/attachments/958\\_2011-27\\_.pdf](http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/attachments/958_2011-27_.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2012.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

**Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER 2011 – 2013).** Marechal Floriano, 2011. Disponível em:

<[http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Centro\\_cerrano/Marechal\\_Floriano.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Centro_cerrano/Marechal_Floriano.pdf)>.

Acesso em: 20 set. 2012.

\_\_\_\_\_. **Últimas Notícias.** Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=ultimasnoticias#>. Acesso em: 10 abr. 2013.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. **Imagem Landsat:** recobrimento de toda a bacia do Jucu no Estado do Espírito Santo, 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 05 jun. 2012.

LANNA, Antonio Eduardo. Elementos de Estatística e Probabilidades. IN: TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 4 ed. Cap. 4. p. 79-176.

LEPSCH, Igor F. Solos do Mundo. In:\_\_\_\_\_. **Formação e Conservação dos Solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. cap. 6, p. 87-91.

MARÇAL, Mônica dos Santos. Bacia hidrográfica como novo recorte no processo de gestão ambiental. In: BICALHO, A. M. S. M.; GOMES, P. C. da C. **Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa Geográfica.** Rio de Janeiro: Publit, 2009. p. 185-205.

MEDEIROS, Gilberto. **Cidade submergiu com enchente de 1960.** Século Diário. Ano [?]. Disponível em: <<http://www.seculodiario.com.br/arquivo/2005/vilavelha/historia/index11.html>>. Acesso em: 21 fev. 2013.

MORAES, Antônio Carlos Robert. **Geografia: Pequena História Crítica.** São Paulo: Hucitec, 1990. 9ª ed.

NOVO, Evlyn Márcia L. de M. Ambientes Fluviais. IN: FLORENZANO, Tereza G.. **Geomorfologia - Conceitos e Tecnologias Atuais** . Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2008.

OLIVEIRA, Cláudio Brandao de. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Rio de Janeiro: Roma Victor, 2004.

PISSINATI, Mariza Cleonice; ARCHELA, Rosely Sampaio. **Geossistema Território e Paisagem – Método de Estudo da Paisagem Rural sob a Ótica Bertrandiana**. Universidade Estadual de Londrina, v. 18, n. 1, 2009. Disponível em: <[www.uel.br/revistas/uel/index.php/gxeografia/](http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/gxeografia/)>. Acesso em: 30 de abril de 2012.

PMV – Prefeitura Municipal De Viana (Município). **Lei nº 1.876 de 2006**. Cria o Plano Diretor Municipal de Viana. Disponível em <http://www.viana.es.gov.br/files/downloads/000006/lei.pdf>. Acesso em: 09 maio 2013.

PMVV – Prefeitura Municipal De Vila Velha (Município). **Lei nº 4.575 de 2007**. Institui o Plano Diretor Municipal (PDM) e dá outras providências. Disponível em: [http://www.vilavelha.es.gov.br/downloads/search\\_result.html](http://www.vilavelha.es.gov.br/downloads/search_result.html). Acesso em: 09 maio 2013.

PMVV - Prefeitura Municipal de Vila Velha (Município). **Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável**. 2011. Disponível em: <http://www.vilavelha.es.gov.br/paginas/meio-ambiente-plano-diretor-de-drenagem-urbana-sustentavel>. Acesso em: 12 maio 2013.

PROJETO RADAMBRASIL. **Mapa Geológico**. Folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/ Vitória. Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 32, 1983.

\_\_\_\_\_. **Mapa Geomorfológico**. Folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/ Vitória. Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 32, 1983.

ROCHA, Altemar Amaral. **Sociedade e Natureza: a Produção do Espaço Urbano em Bacias Hidrográficas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2011.

ROCHA, Ana Maria G. de C.; GANDU, Adilson Wagner. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul**. Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA); Instituto Astronômico e Geofísico (IAG); Universidade de São Paulo (USP), ano [?]. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/16.html>. Acesso em: 02 jun. 2013.

- ROSGEN, David. L. **A Classification of Natural Rivers**, CATENA, v. 22, 1994. p.169-199.
- ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil**: Subsídios para Planejamento Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. p. 9-61.
- SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.
- SILVA, Alberto Flávio Pêgo. **Documento agenda das bacias estratégicas, rios Jucu e Santa Maria da Vitória**. Vitória: Instituto Ecobacia; Cariacica: IEMA, 2009. 60p.
- SILVA, Cleverson Guisan. et al. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa. In: BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 8, p.175-218.
- SISCAH 1.0** - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas. Heber T.de Souza *et. al.* Brasília, DF: ANA; Viçosa, MG: UFV, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2009/SISCAHManual.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2012.
- STRAHLER, Artur N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans. American Geophysical Union, 38, 1952. p.913-920.
- SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José. **Ambientes Fluviais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990. 2ª ed.
- TECTRAN – Técnicos em Transporte (Org.). **Estudo Integrado de Uso e Ocupação do Solo e Circulação Urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória**. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Economia e Planejamento (SEP) e Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), 2009. Disponível em: <[http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=564&Itemid=363](http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=564&Itemid=363)>. Acesso em: 02 dez. 2011.
- TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. IN: TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 4 ed. Cap. 4. p. 25-33.

\_\_\_\_\_. Inundações e Drenagem Urbana. IN: TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 1 ed. Cap. 3. p. 45-150.

TV GAZETA. **Dique do Jucu deve ser reforçado em três meses, mas... obra não tem data para começar**. Vitória, 08 nov. 2010. Disponível em: <[http://gazetaonline.globo.com/\\_conteudo/2010/11/691844-dique+do+rio+jucu+deve+ser+reforcado+em+3+meses+mas++obra+nao+tem+data+pra+com+ecar.html](http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2010/11/691844-dique+do+rio+jucu+deve+ser+reforcado+em+3+meses+mas++obra+nao+tem+data+pra+com+ecar.html)>. Acesso em: 21 fev. 2013.

VALE, Cláudia Câmara. Características do Meio Físico. In:\_\_\_\_\_. **Séries Geomórficas Costeiras do Estado do Espírito Santo e os Habitats para o Desenvolvimento dos Manguezais: uma visão sistêmica**. 2004. 386 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física - Universidade de São Paulo; Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2004. cap. 5, p. 165-170.

VAREJÃO SILVA, Mário Adelmo. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife, Pernambuco: 2006. Cap. VI. P. 215-258. Disponível em: <[http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2013.

# ANEXO

CALCULO DO PERÍODO DE RETORNO DAS VAZÕES MÁXIMAS DA ESTAÇÃO FAZENDA JUCURUABA CONFORME MÉTODO MANUAL DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL														
Ano	Vazões Máximas	Ordem (Maior p/ menor)	Ordem/(n²anos+1)	Qmédia	Desv. Pad.	TR=1/P	TR(ANOS)	TR(%)	Vazões Máximas	Q = Q̄+SQ*K	Q Dist. Normal	K	P	TR (ANOS)
1979	204,77	1	0,024	127,39	33,27	41,00	102,50	204,77	204,78	204,78	204,78	2,326	1	100
2009	195,01	2	0,049			20,50	51,25	195,01	195,72	195,72	195,72	2,054	2	50
1985	179,74	3	0,073			13,67	34,17	179,74	-	-	-			
2011	169,23	4	0,098			10,25	25,63	169,23						
1997	169,00	5	0,122			8,20	20,50	169,00						
2003	165,75	6	0,146			6,83	17,08	165,75						
1987	162,00	7	0,171			5,86	14,64	162,00						
1973	162,00	8	0,195			5,13	12,81	162,00						
2001	161,00	9	0,220			4,56	11,39	161,00						
2005	155,00	10	0,244			4,10	10,25	155,00	170,03	170,03	170,03	1,282	10	10
1994	152,99	11	0,268			3,73	9,32	152,99						
2008	147,62	12	0,293			3,42	8,54	147,62						
1992	141,61	13	0,317			3,15	7,88	141,61						
1996	137,00	14	0,341			2,93	7,32	137,00						
2006	136,04	15	0,366			2,73	6,83	136,04						
2010	132,58	16	0,390			2,56	6,41	132,58						
1980	131,57	17	0,415			2,41	6,03	131,57						
1974	130,00	18	0,439			2,28	5,69	130,00						
2007	129,13	19	0,463			2,16	5,39	129,13						
1975	126,00	20	0,488			2,05	5,13	126,00						
2000	125,00	21	0,512			1,95	4,88	125,00						
1990	123,11	22	0,537			1,86	4,66	123,11						
1991	123,11	23	0,561			1,78	4,46	123,11						
1993	123,11	24	0,585			1,71	4,27	123,11						
1983	121,78	25	0,610			1,64	4,10	121,78						
1982	118,00	26	0,634			1,58	3,94	118,00						
2004	110,80	27	0,659			1,52	3,80	110,80						
1999	104,40	28	0,683			1,46	3,66	104,40						
1995	101,90	29	0,707			1,41	3,53	101,90						
1978	100,64	30	0,732			1,37	3,42	100,64						
1984	93,88	31	0,756			1,32	3,31	93,88						
2002	92,07	32	0,780			1,28	3,20	92,07						
1977	91,24	33	0,805			1,24	3,11	91,24						
1981	88,60	34	0,829			1,21	3,01	88,60						
1989	87,90	35	0,854			1,17	2,93	87,90						
1972	84,20	36	0,878			1,14	2,85	84,20						
1988	83,10	37	0,902			1,11	2,77	83,10						
1976	81,60	38	0,927			1,08	2,70	81,60						
1998	80,63	39	0,951			1,05	2,63	80,63						
1986	72,30	40	0,976			1,03	2,56	72,30						

K	P(y>0)	TR
0,000	50 %	2
0,842	20 %	5
1,282	10 %	10
2,054	2 %	50
2,326	1 %	100

Usando a distribuição normal passo a passo

- Calcular a média  $\bar{Q}$
- Calcular desvio padrão  $S_Q$
- Obter os valores de K da tabela para probabilidades de 90, 50, 20, 10, 4, 2 e 1%, que correspondem aos TR 1,1; 2; 5; 10; 25; 50 e 100 anos.
- Calcular a vazão para cada TR por  $Q = \bar{Q} + S_Q \cdot K$

