

# Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Afonso Cláudio

**– Volume I: Diagnóstico e Prognóstico de Inundações –**



**AVANTEC**  
Engenharia



**Zemlya**  
CONSULTORIA E SERVIÇOS

**ZAV-SED-DIA\_AFC\_01.001-R0**

**Dezembro / 2013**

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO ESPIRITO SANTO ONDE VOCÊ É BEM-VINDO	Nº: ZAV-SED-DIA_AFC_01.001-R0
	<b>CLIENTE:</b> Secretaria de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano
	<b>PROJETO:</b> Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Afonso Cláudio.
	<b>VOLUME I: DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DE INUNDAÇÕES</b>
	<b>TÍTULO:</b>
RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO DOCUMENTO: Marco Aurélio Costa Caiado Engenheiro Agrônomo, Ph. D. CREA-ES nº 3757/D	RUBRICA:

## ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO INICIAL
	REV. 0 REV. 1 REV. 2 REV. 3 REV. 4 REV. 5 REV. 6 REV. 7 REV. 8
DATA	30/12/2013
EXECUÇÃO	
VERIFICAÇÃO	
APROVAÇÃO	

FORMULÁRIO PERTENCENTE À AVANTEC ENGENHARIA

## APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o volume I do Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Afonso Cláudio, intitulado “Diagnóstico e Prognóstico de Inundações”. Na primeira parte deste volume, está apresentado o diagnóstico do município no que tange às inundações, estando nela incluídos:

- Áreas de intervenção;
- Causas das inundações que acontecem no município, abrangendo: áreas de risco, contornos e cotas das linhas de inundaçāo, trechos críticos, singularidades do sistema, eventos pluviométricos críticos e prejuízos causados pelas inundações;
- Análise da legislação de uso e ocupação do solo em vigor, como também do sistema atual de gestão da drenagem, identificando as posturas legais mais impactantes e os “gargalos” institucionais;
- O impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem existente.

Na segunda parte deste volume, está apresentado o prognóstico do município, mostrando o comportamento futuro das inundações sem a implantação das propostas do Plano Diretor de Águas Pluviais, utilizando modelos de simulação como ferramentas para a previsão. Na terceira parte deste volume, estão apresentados os cenários de simulação com a relação e caracterização das obras a serem implantadas por sub bacia de planejamento.

O Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Afonso Cláudio está em conformidade com o Termo de Referência que norteou o contrato assinado entre a SEDURB e o Consórcio Zemlya-Avantec, que determina a elaboração do Plano Diretor de Águas Pluviais/Fluviais, Plano Municipal de Redução de Risco Geológico e Projetos de Engenharia, visando ao apoio técnico a 17 municípios na implementação do programa de redução de risco para áreas urbanas.

Anteriormente a este documento, foi entregue ao município o documento intitulado 1<sup>a</sup> Etapa: Plano de Trabalho – Município de Afonso Cláudio, que também norteia o presente documento.

## SUMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>METAS .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>INFORMAÇÕES CEDIDAS PELO CONTRATANTE E PELO MUNICÍPIO 25</b>	
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>26</b>
<b>6.1</b>	<b>ÁREAS DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>6.2</b>	<b>APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS .....</b>	<b>26</b>
<b>6.3</b>	<b>TEMPO DE CONCENTRAÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>6.4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP .....</b>	<b>37</b>
<b>6.4.1</b>	<b>Estrutura institucional do município na área urbana e habitacional .....</b>	<b>38</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Ações governamentais do município na área urbana e habitacional .....</b>	<b>44</b>
<b>6.4.3</b>	<b>Legislação Federal, Estadual e Municipal .....</b>	<b>46</b>
<b>6.4.3.1</b>	<b><i>Legislação Federal .....</i></b>	<b>48</b>
<b>6.4.3.1.1</b>	<b>Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001 .....</b>	<b>48</b>
<b>6.4.3.1.2</b>	<b>Parcelamento do Solo Urbano - Lei Federal nº 6.766/1979 .....</b>	<b>54</b>
<b>6.4.3.1.3</b>	<b>Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos - Lei Federal nº 11.977/2009.....</b>	<b>56</b>
<b>6.4.3.1.4</b>	<b>Proteção de Vegetação Nativa - Lei Federal nº 12.651/2012.....</b>	<b>58</b>
<b>6.4.3.1.5</b>	<b>Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981 .....</b>	<b>62</b>
<b>6.4.3.1.6</b>	<b>Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/1997</b>	<b>63</b>
<b>6.4.3.1.7</b>	<b>Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010</b>	<b>64</b>
<b>6.4.3.1.8</b>	<b>Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.4.3.2</b>	<b><i>Legislação Estadual .....</i></b>	<b>69</b>

<b>6.4.3.2.1</b>	Parcelamento do Solo Urbano - Lei Estadual nº 7.943/2004 .....	69
<b>6.4.3.2.2</b>	Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo - Lei Estadual Complementar nº 488/2009 .....	70
<b>6.4.3.2.3</b>	Instituto Estadual de Meio Ambiente - Lei Estadual nº 4.886/1994 ...	72
<b>6.4.3.2.4</b>	Política Florestal do Estado - Lei Estadual nº 5.361/1996.....	73
<b>6.4.3.2.5</b>	Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei Estadual nº 5.818/1998	
	74	
<b>6.4.3.2.6</b>	<i>Política Estadual de Resíduos Sólidos - Lei Estadual nº 9.264/2009</i>	75
<b>6.4.3.2.7</b>	Política Estadual de Saneamento Básico - Lei Estadual nº 9.096/2008	
	77	
<b>6.4.3.3</b>	<i>Legislação Municipal .....</i>	78
<b>6.4.3.3.1</b>	Plano Diretor Municipal – Lei Municipal nº 1.731/2006 .....	78
<b>6.4.3.3.2</b>	Código de Obras e de Edificações Municipal – Lei Municipal nº 1488/1998	88
<b>6.4.3.3.3</b>	Código de Meio Ambiente – Lei Municipal nº 1511/1999 .....	89
<b>6.4.4</b>	<b>Posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais .....</b>	92
<b>6.5</b>	<b>INUNDAÇÃO NA BACIA DOS RIOS GUANDU E DO PEIXE E DO RIBEIRÃO ARREPENDIDO .....</b>	95
<b>6.5.1</b>	<b>Contextualização .....</b>	95
<b>6.5.2</b>	<b>Apropriação dos valores de vazões máximas .....</b>	104
<b>6.5.3</b>	<b>Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido no Cenário Atual.....</b>	124
<b>6.5.3.1</b>	<i>Introdução .....</i>	124
<b>6.5.3.2</b>	<i>Domínio do modelo .....</i>	125
<b>6.5.3.3</b>	<i>Geometria do modelo .....</i>	126
<b>6.5.3.4</b>	<i>Calibração do modelo.....</i>	129
<b>6.5.3.5</b>	<i>Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual</i>	129
<b>7</b>	<b>PROGNÓSTICO.....</b>	135
<b>7.1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	135
<b>7.2</b>	<b>LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES.....</b>	135
<b>7.3</b>	<b>INUNDAÇÃO NAS BACIAS DOS RIOS GUANDU E DO PEIXE E DO RIBEIRÃO ARREPENDIDO NO CENÁRIO FUTURO .....</b>	147

---

7.3.1	<b>Uso do solo futuro e cálculo de vazões .....</b>	149
7.3.2	<b>Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido no Cenário Futuro .....</b>	158
7.4	<b>VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUBBACIAS .....</b>	158
7.5	<b>CENÁRIOS ALTERNATIVOS.....</b>	163
7.5.1	<b>Cenário 1 .....</b>	163
7.5.2	<b>Cenário 2 .....</b>	170
8	<b>CONCLUSÕES .....</b>	171
9	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	173
10	<b>EQUIPE TÉCNICA.....</b>	177

## LISTA DE ILUSTRAÇOES E TABELAS

### FIGURAS:

<b>Figura 1-1:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.	18
<b>Figura 1-2:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro centro.....	18
<b>Figura 1-3:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro Centro.....	18
<b>Figura 1-4:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.	18
<b>Figura 1-5:</b> Inundação da Av. Roberto Holunder, na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio) .....	19
<b>Figura 1-6:</b> Nível d'água na estação fluviométrica na enchente de dezembro de 2013, com 4 metros e 90 cm de altura. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio) .	19
<b>Figura 1-7:</b> Escoamento do Rio Guandu no trecho em que o mesmo corta o bairro Centro. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio).....	20
<b>Figura 6-1:</b> Localização do município de Afonso Cláudio no Espírito Santo. ....	27
<b>Figura 6-2:</b> Bacia do Rio Guandu, Rio do Peixe e do Ribeirão Arrependido e a relação das mesmas com os bairros do município. .....	28
<b>Figura 6-3:</b> Localização das estações pluviométricas no município de Afonso Cláudio e entorno.....	30
<b>Figura 6-4:</b> Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante. ....	33
<b>Figura 6-5:</b> Divisão de sub bacias de drenagem urbana do município de Afonso Cláudio.....	98
<b>Figura 6-6:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.	99
<b>Figura 6-7:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro centro.....	99
<b>Figura 6-8:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro Centro. ....	99
<b>Figura 6-9:</b> Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.	99

<b>Figura 6-10:</b> Inundação da Av. Roberto Holunder, na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio) .....	99
<b>Figura 6-11:</b> Nível d'água na estação fluviométrica na enchente de dezembro de 2013, com 4 metros e 90 cm de altura. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio) .....	100
<b>Figura 6-12:</b> Escoamento do Rio Guandu no trecho em que o mesmo corta o bairro Centro. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio) .....	100
<b>Figura 6-13:</b> Marca d'água em residência ribeirinha ao Rio Guandu localizada no bairro Itapuã.....	101
<b>Figura 6-14:</b> Seção hidráulica da OAE da Rua Otílio Ronceti sobre o Rio Guandu. ....	102
<b>Figura 6-15:</b> Seção hidráulica da OAE da Rua Marechal Deodoro sobre o Rio Guandu. ....	102
<b>Figura 6-16:</b> Barragem no Rio Guandu localizada imediatamente a jusante do Bairro Centro.....	103
<b>Figura 6-17:</b> Marca d'água em residência do bairro Boa Fé. ....	103
<b>Figura 6-18:</b> Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido, município de Afonso Cláudio para o Cenário Atual (Detalhe para a sede municipal de Afonso Cláudio). ....	108
<b>Figura 6-19:</b> Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido, município de Afonso Cláudio para o Cenário Atual.....	109
<b>Figura 6-20:</b> Mapa Pedológico das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido. ....	110
<b>Figura 6-21:</b> Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual duas vezes o tempo de concentração da bacia. ....	115
<b>Figura 6-22:</b> Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido modelada pelo programa HEC-HMS.....	116
<b>Figura 6-23:</b> TIN das bacias dos Rios Guandu e do Peixe. ....	127
<b>Figura 6-24:</b> TIN da bacia do Ribeirão Arrependido.....	128

---

<b>Figura 6-25:</b> Simulação hidráulica da OAE da Rodovia Sebastião Alves de Lima sobre o Rio Guandu.....	131
<b>Figura 6-26:</b> Simulação hidráulica da OAE da Rua Otílio Ronceti sobre o Rio Guandu.....	131
<b>Figura 6-27:</b> Simulação hidráulica da OAE que liga a Av. Presidente Vargas à Av. Roberto Holunder sobre o Rio Guandu.....	132
<b>Figura 6-28:</b> Simulação hidráulica da OAE que liga a Av. Otávio Satter à Av. Presidente Vargas sobre o Rio Guandu.....	132
<b>Figura 6-29:</b> Simulação hidráulica da passarela Plínio Escopel Gomes sobre o Rio Guandu.....	133
<b>Figura 6-30:</b> Simulação hidráulica da OAE da Av. Eliezer Lacerda Fafa sobre o Rio Guandu.....	133
<b>Figura 6-31:</b> Simulação hidráulica da OAE da Rua Paulo Saleme sobre o Ribeirão Arrependido.....	134
<b>Figura 7-1:</b> Setor censitário por macrozona.....	140
<b>Figura 7-2:</b> Setor censitário na macrozona urbana.....	141
<b>Figura 7-3:</b> Densidade demográfica por setor censitário.....	142
<b>Figura 7-4:</b> Densidade demográfica na macrozona urbana.....	143
<b>Figura 7-5:</b> Evolução da população de Afonso Cláudio - ES.....	144
<b>Figura 7-6:</b> Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido, município de Afonso Cláudio para o Cenário Futuro.....	150
<b>Figura 7-7:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 5 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	159
<b>Figura 7-8:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 7 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	159
<b>Figura 7-9:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 8 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	160
<b>Figura 7-10:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 9 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	160

---

<b>Figura 7-11:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 10 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	161
<b>Figura 7-12:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 12 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	161
<b>Figura 7-13:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 13 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	162
<b>Figura 7-14:</b> Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 14 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.....	162
<b>Figura 7-15:</b> Mapa de situação da barragem 1 do cenário 1.....	164
<b>Figura 7-16:</b> Mapa de situação da barragem 2 do cenário 1.....	165
<b>Figura 7-17:</b> Relação Cota x Volume do reservatório do Rio do Peixe. ....	167
<b>Figura 7-18:</b> Resultado gráfico da simulação do reservatório do Rio do Peixe..	167
<b>Figura 7-19:</b> Relação Cota x Volume do reservatório do Rio Guandu. ....	167
<b>Figura 7-20:</b> Resultado gráfico da simulação do reservatório do Rio Guandu. ..	168

## TABELAS:

<b>Tabela 6-1:</b> Estações pluviométricas do interior e entorno do município de Afonso Cláudio, os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados. .	29
<b>Tabela 6-2:</b> Precipitações máximas anuais medidas na estação Afonso Cláudio Montante entre os anos 1967 e 2011.....	31
<b>Tabela 6-3:</b> Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante. ....	31
<b>Tabela 6-4:</b> Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante, associadas a diferentes períodos de retorno e durações. ....	32
<b>Tabela 6-5:</b> Tempo de concentração para as sub bacias na qual as bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido foram divididas.....	105

<b>Tabela 6-6:</b> Valores de CN médio para as sub bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido. ....	111
<b>Tabela 6-7:</b> Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 5 anos. ....	117
<b>Tabela 6-8:</b> Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 10 anos. ....	118
<b>Tabela 6-9:</b> Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 20 anos. ....	119
<b>Tabela 6-10:</b> Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 25 anos. ....	120
<b>Tabela 6-11:</b> Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 30 anos. ....	121
<b>Tabela 6-12:</b> Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 50 anos. ....	122
<b>Tabela 6-13:</b> Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 100 anos. ....	123
<b>Tabela 7-1:</b> Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.....	137
<b>Tabela 7-2:</b> Crescimento populacional por setor censitário.....	145
<b>Tabela 7-3:</b> Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 5 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual. ....	151
<b>Tabela 7-4:</b> Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 10 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual. ....	152
<b>Tabela 7-5:</b> Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 20 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual. ....	153
<b>Tabela 7-6:</b> Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 25 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual. ....	154

---

<b>Tabela 7-7:</b> Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 30 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual. ....	155
<b>Tabela 7-8:</b> Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 50 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual. ....	156
<b>Tabela 7-9:</b> Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 100 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual. ....	157
<b>Tabela 7-10:</b> Pico de vazão das sub bacias na sede municipal de Afonso Cláudio para chuva com tempo de recorrência de 10 .....	163
<b>Tabela 7-11:</b> Principais características da barragem estudada.....	168

## LISTA DE ANEXOS

**ANEXO I-a:** Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 220).

**ANEXO I-b:** Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 221).

**ANEXO I-c:** Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 239).

**ANEXO I-d:** Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 240).

**ANEXO I-e:** Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 258).

**ANEXO I-f:** Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 259).

**ANEXO I-g:** Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 278).

**ANEXO II-a:** Mapa de Risco de Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 221).

**ANEXO II-b:** Mapa de Risco de Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 239).

**ANEXO II-c:** Mapa de Risco de Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 240).

**ANEXO II-d:** Mapa de Risco de Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 258).

**ANEXO II-e:** Mapa de Risco de Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 259).

**ANEXO II-f:** Mapa de Risco de Inundação para o município de Afonso Cláudio-ES no cenário atual (Carta 278).

**ANEXO III:** Mapa de soluções propostas para o município de Afonso Cláudio no Cenário 1.

**ANEXO IV:** Mapa de soluções propostas para o município de Afonso Cláudio no Cenário 2.

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo característico da civilização humana e os problemas a ela inerente são largamente estudados atualmente. Enquanto em 1800 apenas 1% da população mundial vivia em cidades, a partir da revolução industrial, a urbanização se acelerou em ritmo ascendente, de forma que, durante a primeira metade do século XX, a população total do mundo aumentou 49%, enquanto a população urbana aumentou 240%. Durante a segunda metade do século, a população urbana passou de 1.520 milhões em 1974 para 1.970 milhões em 1982 (TUCCI, 2003).

No Brasil, o processo de urbanização nos últimos 50 anos tem se caracterizado pelo incremento da população em grandes cidades, tendo o número de localidades urbanas com população igual ou maior que 20.000 habitantes passado de 89, em 1950, para 870, em 2010, com a população total nessas localidades passado de 24 para 131 milhões (GEORGE; SCHENSUL, 2013).

Segundo Instituto Jones dos Santos Neves (2011) o estado do Espírito Santo apresentou uma população de 3.514.952 habitantes em 2010, evidenciando aumento de 13,5% (417.720 habitantes) em relação à população registrada em 2000 (3.097.232 pessoas residentes). No decorrer dos anos 2000, o estado destacou uma taxa média de crescimento anual de 1,27%, apresentando valor acima da média nacional (1,17%) e a maior taxa de crescimento populacional da região Sudeste, seguido por São Paulo (1,09%), Rio de Janeiro (1,06%) e Minas Gerais (0,91%). O município de Afonso Cláudio passou de 32.232 em 2000 para 31.090 em 2010, com um decréscimo médio anual de 0,10%.

O crescimento urbano das cidades provoca impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos deterioram a qualidade de vida da população devido ao aumento da frequência e do nível das inundações, somado à péssima qualidade das águas pluviais com o aumento da presença de materiais sólidos e, muitas vezes, de esgoto *in natura*.

Estes problemas são desencadeados principalmente pela forma como as cidades se desenvolvem, podendo ser citadas duas grandes causas de inundaçāo urbana:

- Devido à urbanização: relacionadas à ampliação de áreas impermeabilizadas e construção de sistemas de drenagem, como condutos e canais;
- Devido à ocupação de planícies de inundaçāo: quando a legislação de uso do solo e o planejamento urbano são inadequados e após uma sequência de anos em que rios urbanos apresentam baixas vazões, a população passa a ocupar planícies de inundaçāo devido à topografia plana, proximidade com áreas importantes do centro urbano e baixo custo. Entretanto, quando altas vazões ocorrem, os prejuízos podem atingir somas intangíveis e a municipalidade é chamada a investir na proteção da população contra cheias.

Duas condutas do poder público tendem a agravar ainda mais a situação:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério, via de regra, aumenta a vazão máxima, a frequência e o nível de inundaçāo de jusante;
- A falta de legislação normatizadora da ocupação do solo ou a falta de meios para aplicar as normas existentes possibilitam a ocupação de áreas ribeirinhas, restringindo a passagem de cheias e ocasionando inundaçāoes a montante.

Princípios básicos de drenagem urbana são largamente estudados e apresentados em manuais; entretanto estes não são, normalmente, empregados em cidades brasileiras, incluindo Afonso Cláudio, e as principais causas são citadas em Tucci et al. (2002):

- Rápido e imprevisível desenvolvimento urbano, com tendência à ocupação de jusante para montante, ampliando os riscos de danos;
- Urbanização ocorrendo sem levar a legislação em conta;

- A ocupação dessas áreas é feita por pessoas de baixa renda e não é acompanhada pela infraestrutura recomendável;
- Ausência de programas de prevenção para a ocupação de áreas de risco e, quando as cheias ocorrem, recursos a fundo perdido são colocados à disposição para a municipalidade sem a exigência de programas de prevenção.
- Ausência de conhecimento por parte da população e técnicos locais de como lidar com inundações;
- Falta de organização institucional em drenagem urbana em nível local.

A estes, podem-se acrescentar, entre outros, o sub dimensionamento das estruturas de drenagem como pontes e galerias, a falta de manutenção das mesmas, que resulta na redução de suas capacidades de transporte, além da não exigência de estudo dos impactos dos novos empreendimentos na drenagem urbana.

Dentre as cheias, destacam-se as ocorridas em dezembro de 2010, quando enxurradas atingiram o município, causando estragos nos bairros ribeirinhos. A **Figura 1-1, Figura 1-2, Figura 1-3 e a Figura 1-4** apresentam o registro fotográfico da inundação ocorrida em dezembro de 2010.

Nas chuvas que ocorreram no estado do Espírito Santo no mês de dezembro de 2013 também foi possível observar os efeitos da inundação dos Rios Guandu e do Peixe na sede municipal de Afonso Cláudio. A **Figura 1-5Figura 6-10** apresenta a ocorrência de inundação da Av. Roberto Holunder. A **Figura 1-6**, por sua vez, apresenta o nível d'água na estação fluviométrica da ANA – Agência Nacional das Águas. Por fim, a **Figura 1-7** apresenta detalhe do escoamento do Rio Guandu durante o evento no bairro Centro.



**Figura 1-1:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.



**Figura 1-2:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro centro.



**Figura 1-3:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro Centro.



**Figura 1-4:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.



**Figura 1-5:** Inundação da Av. Roberto Holunder, na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio)



**Figura 1-6:** Nível d'água na estação fluviométrica na enchente de dezembro de 2013, com 4 metros e 90 cm de altura. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio)



**Figura 1-7:** Escoamento do Rio Guandu no trecho em que o mesmo corta o bairro Centro. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio)

Segundo informações da Defesa Civil Municipal, ocorreram poucos trechos de inundação, sendo que na maioria dos trechos, observou-se o escoamento apenas na eminência de inundar as ruas da sede municipal de Afonso Cláudio.

Os principais problemas de macrodrenagem de Afonso Cláudio são relacionados às baixas declividades de alguns trechos dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido, provocando problemas, principalmente, nos bairros João Valim (Rio do Peixe), Itapuã, Centro, Boa Fé (Rio Guandu) e Gramá (Ribeirão Arrepentido).

Pode-se resumir os problemas da macrodrenagem de Afonso Cláudio nos itens a seguir: a) presença de trechos com baixa declividade, quando comparado com a declividade média do curso d'água na bacia hidrográfica; b) presença de trechos dos cursos d'água com rocha que serve de anteparo para o escoamento, provocando o assoreamento dos trechos a montante; c) ocupação das margens dos cursos d'água por edificações, reduzindo a seção de escoamento; d) presença de uma barragem a jusante do centro de Afonso Cláudio que atrapalha o escoamento durante as altas vazões.

Observa-se, entretanto, preocupação do poder público em nível estadual e municipal em implementar ações que venham a minimizar os problemas inerentes às cheias que veem ocorrendo no município de Afonso Cláudio, o que resultou, na estruturação da defesa civil municipal e estadual e, entre outras ações, a inclusão do município de Afonso Cláudio no contrato de prestação de serviços assinado entre o Consórcio Zemlya-Avantec e a Sedurb, que tem o presente trabalho como um dos produtos.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é fornecer subsídios técnicos e institucionais ao Município de Afonso Cláudio que permitam reduzir os impactos das inundações na cidade e criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram perseguidos:

- (1) apresentar soluções para o controle dos principais problemas relacionados a cheias no município de Afonso Cláudio, tendo como foco a bacia do Rio Guandu, Rio do Peixe e Ribeirão Arrependido;
- (2) mudar o modo com que os problemas relacionados a cheias são encarados no município, por meio da implementação de práticas estruturais e não estruturais que ajudarão a reduzir os prejuízos, diminuir os custos de controle e evitar o aumento dos problemas no futuro, podendo ser replicado em outros municípios do estado ou do país;
- (3) discutir as soluções com o poder público e com a comunidade; e
- (4) treinar agentes locais para o enfrentamento dos problemas inerentes à diminuição dos riscos de inundação nas áreas de intervenção.

### 3 FUNDAMENTOS

O Plano Municipal de Drenagem Pluvial/Fluvial de Afonso Cláudio é baseado nos seguintes princípios:

- Abordagem interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas de inundações;
- Bacias hidrográficas como unidades de planejamento;
- Soluções integradas à paisagem e aos mecanismos de conservação do meio ambiente;
- Soluções economicamente viáveis que apresentem relações benefício/custo adequadas;
- Excesso de escoamento superficial controlado na fonte, evitando a transferência para jusante do aumento do escoamento e da poluição urbana;
- Redução dos impactos, sobre o sistema de drenagem, provocados por novos empreendimentos, tendo prioridade para:
  - controle da impermeabilização;
  - restrição da ocupação de áreas de recarga, várzeas e áreas frágeis;
  - implantação de dispositivos de infiltração ou reservatórios de amortecimento ao invés de obras de aceleração e afastamento das águas pluviais (canalização);
- Incorporação desses princípios na cultura da administração municipal, principalmente nos setores diretamente responsáveis pelos serviços de águas pluviais;
- Institucionalização desses princípios incorporando-os na legislação municipal, em especial no Plano Diretor do Município;
- Horizonte de planejamento de 20 anos;
- Apresentação de soluções em nível de planejamento abrangendo tanto medidas de controle estruturais como não estruturais.

## 4 METAS

O Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Afonso Cláudio tem as seguintes metas:

- Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos sociais, econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundaçāo através de regulamentação;
- Promover a convivência com as enchentes nas áreas de médio e baixo riscos.

## 5 INFORMAÇÕES CEDIDAS PELO CONTRATANTE E PELO MUNICÍPIO

A seguir são apresentadas as informações cedidas pelo contratante para o desenvolvimento do presente estudo.

### Informações cedidas pelo Estado:

- Ortofotomosaico do Espírito Santo em escala 1:15.000 com imagens dos anos de 2007 e 2008;
- Banco de dados GEOBASES com diversas bases de dados georreferenciados;
- Imagens aéreas de alta resolução da área de estudo;
- Levantamento topo-hidrográfico, medições hidráulicas e sedimentológicas Rio Guandu, Rio do Peixe o Ribeirão Arrependido. Afonso Cláudio – ES.

### Informações cedidas pelo Município:

- Acervo fotográfico das inundações na sede e Afonso Cláudio nos anos de 2010 e 2013;

## 6 DIAGNÓSTICO

### 6.1 ÁREAS DE INTERVENÇÃO

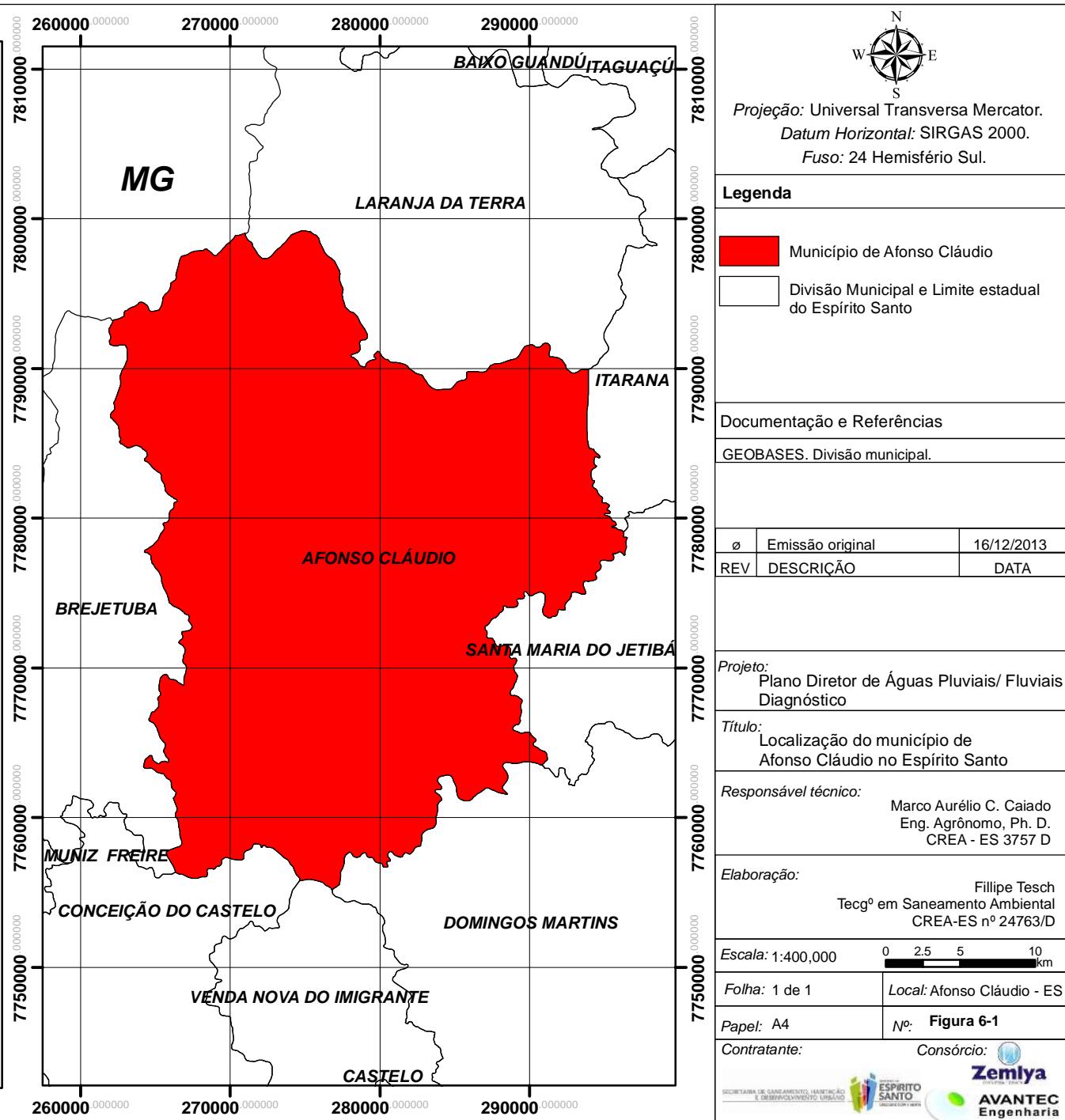
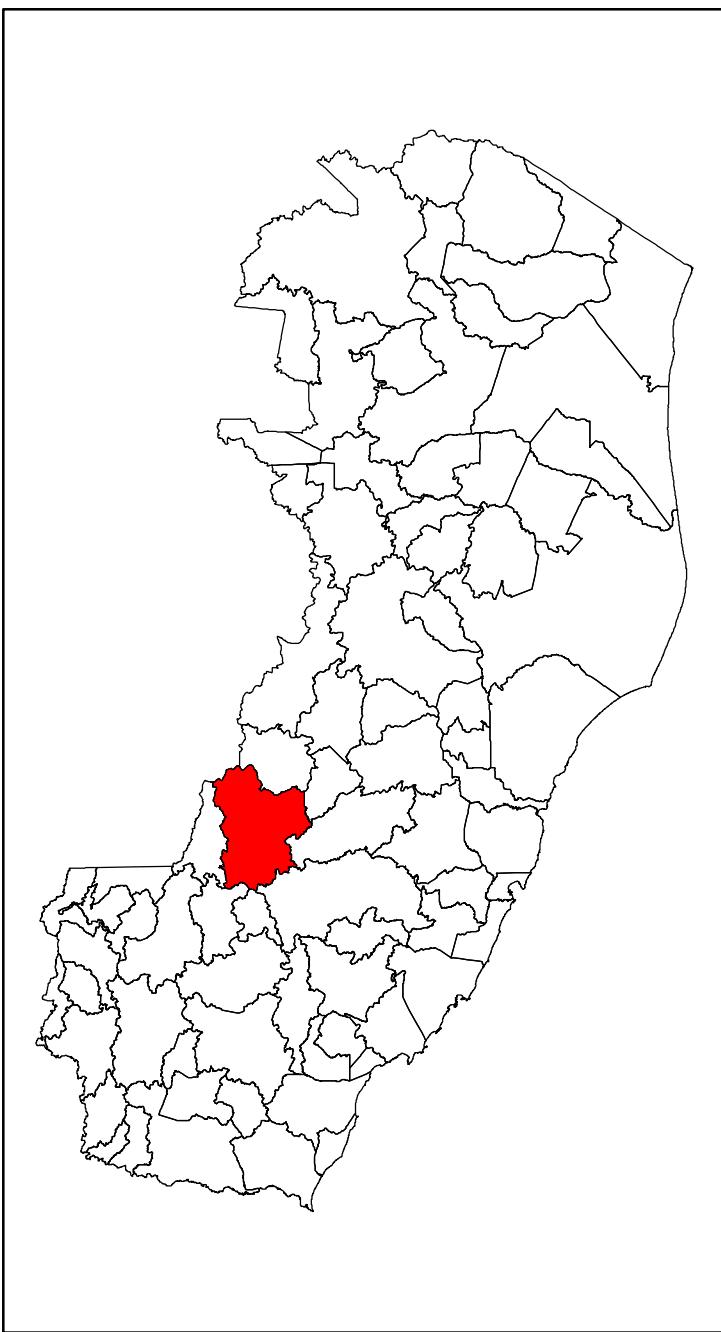
O Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais do município de Afonso Cláudio tem como foco as bacias hidrográficas que abrigam o principal aglomerado populacional do município, o seu distrito Sede, e que, segundo a defesa civil municipal, tem apresentado problemas de inundação mais frequentes, sendo as bacias do Rio Guandu, Rio do Peixe e Ribeirão Arrependido. A **Figura 6-1** apresenta a localização do município de Afonso Cláudio no Espírito Santo, enquanto a **Figura 6-2** apresenta a bacia hidrográfica supracitada e a relação da mesma com a área urbana do município.

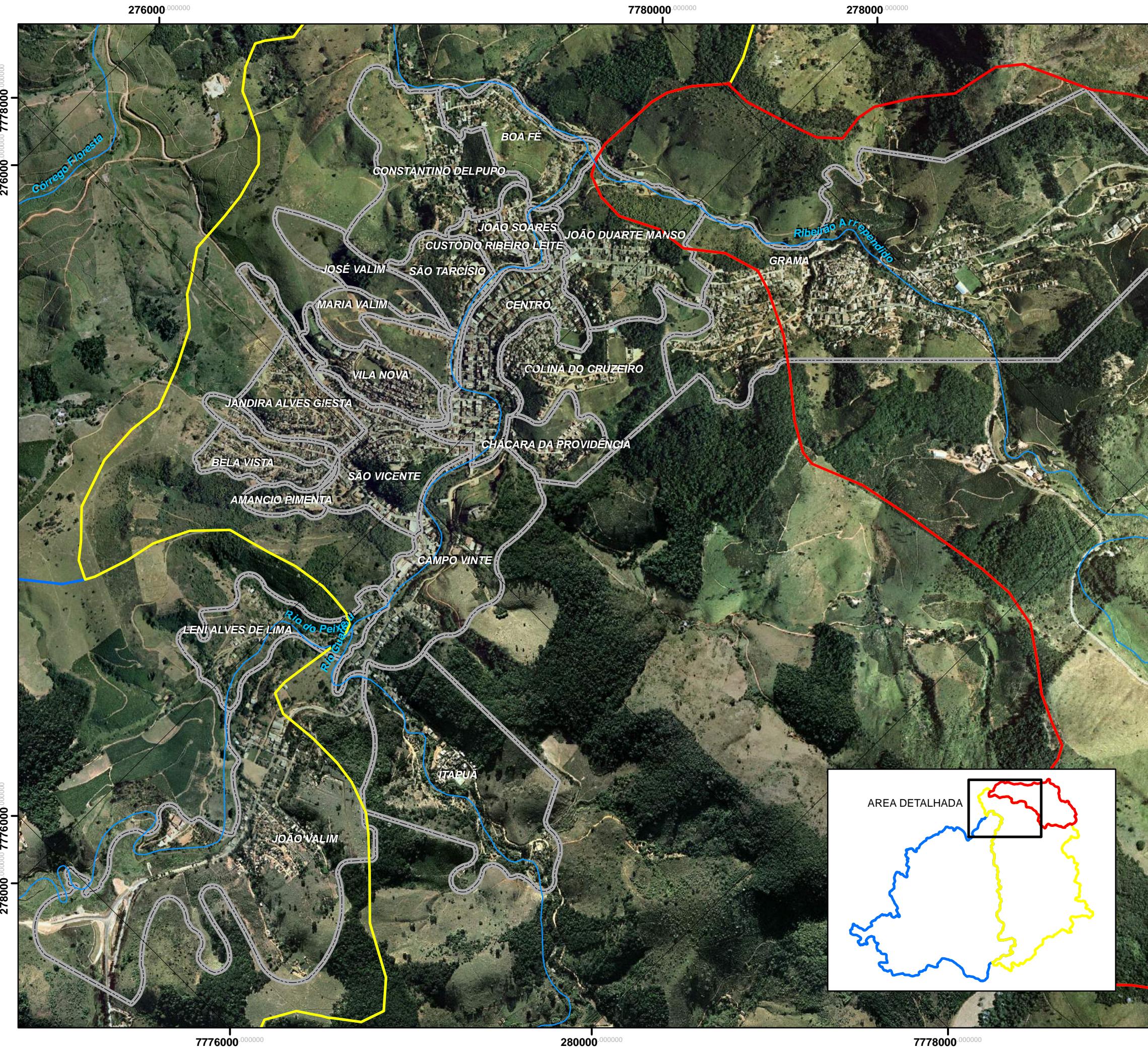
### 6.2 APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

Nas análises das relações intensidade-duração-frequência das chuvas máximas, comumente é empregada a **Equação 1**.

$$i = \frac{kT^m}{(t + t_o)^n} \quad \text{Equação 1}$$

na qual,  $i$  representa a intensidade máxima média;  $t$  é a duração da chuva,  $T$  é o seu tempo de retorno, enquanto  $k$ ,  $m$ ,  $t_o$  e  $n$  são os parâmetros que se deseja determinar com base nos dados pretéritos de chuva. Uma vez determinados estes parâmetros por análise de regressão, estabelece-se a equação que representa a relação intensidade-duração-frequência válida para a região de influência da estação pluviométrica estudada. Para localidades desprovidas de dados pluviográficos de longa duração, o método *Chow-Gumbel* tem sido utilizado de maneira eficiente para a determinação da relação intensidade-duração-frequência válida para a região de influência da estação pluviométrica estudada.





*Projeção:* Universal Transversa Mercator.  
*Datum Horizontal:* SIRGAS 2000.  
*Fuso:* 24 Hemisfério Sul.

## Legenda

-  Cursos d'água  
 Bairros de Afonso Cláudio

## **Limite da bacia**

-  Bacia do Ribeirao Arrependido
  -  Bacia do Rio Guandu
  -  Bacia do Rio do Peixe

#### Documentação e Referências

- IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.
  - GEOBASES. Bacias Hidrográficas.
  - GEOBASES. Divisão de Bairros.
  - GEOBASES. Cursos d'água.

∅	Emissão original	16/12/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

*Projeto:* Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

*Título:* Bacias dos Rios Guandu e do Peixe do Ribeirão Arrependido e a relação das mesmas com os Bairros de Ibatiba

*Responsável técnico:*

Marco Aurélio C. Caiado  
Eng. Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES 3757/D

## *Elaboração:*

Fillipe Tesch  
Tecgº em Saneamento Ambiental  
CREA-ES nº 24763/D

Escala: 1:15 000

Folha: 1 de 1

Local: Afonso Cláudio - ES

Panel A3

**Figure 6.2**

**Contratante:**

análisis

10 of 10

Zemlya

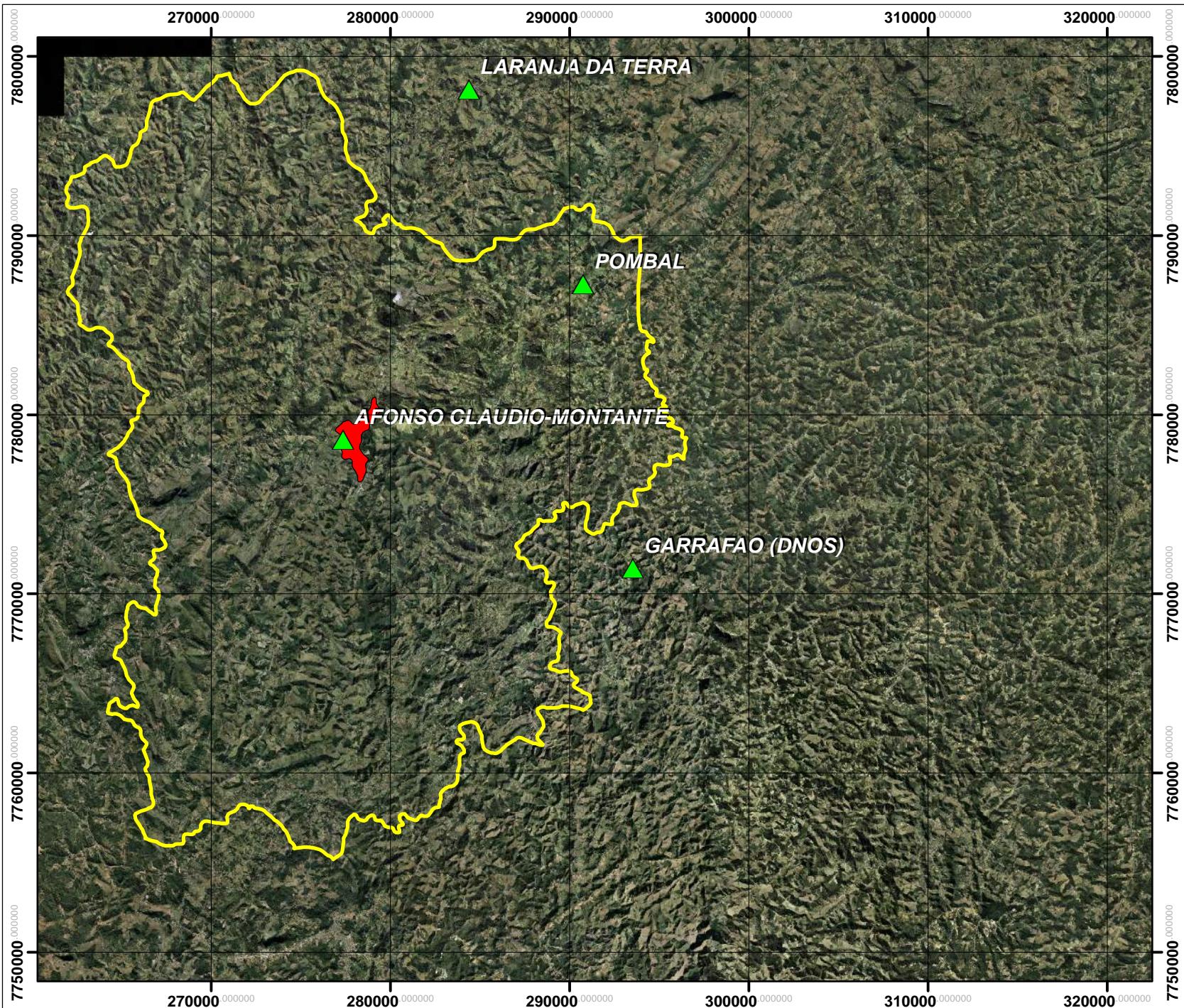
Conforme pode ser observado na **Figura 6-3**, no entorno e nas proximidades do município de Afonso Cláudio, ocorrem as estações pluviométricas Garrafão, Laranja da Terra, Afonso Cláudio Montante e Pombal. A **Tabela 6-1** apresenta os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.

**Tabela 6-1:** Estações pluviométricas do interior e entorno do município de Afonso Cláudio, os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.

Nome	Código	Início coleta	Fim coleta
<b>Garrafão</b>	2040008	01/11/1947	Dias atuais
<b>Laranja da Terra</b>	1941008	01/01/1947	Dias atuais
<b>Afonso Cláudio Montante</b>	2041023	01/04/1967	Dias atuais
<b>Pombal</b>	2041043	-	-

A estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante, código 2041023, foi a escolhida para a apropriação da equação intensidade-duração-frequência de chuvas do município por se localizar dentro da bacia de estudo e pela qualidade dos dados registrados. Os valores diários de chuva foram obtidos no sítio oficial da Agência Nacional de Água ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)). A metodologia de cálculo está apresentada em Soprani e Reis (2007) e resumida a seguir.

- Seleção das máximas precipitações anuais de 1 dia;
- Análise de frequências dos totais precipitados com ajuste da distribuição probabilística de *Gumbel* à série de máximas precipitações anuais de 1 dia, estimando as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno;
- Conversão das máximas precipitações anuais de 1 dia, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de 24 horas;
- Conversão das precipitações máximas de 24 horas, associadas a diferentes períodos de retorno, em precipitações máximas de durações menores. Para o caso em apreço, foram consideradas durações de precipitação de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos, 1, 6, 8, 10, 12 e 24 horas;
- Análise de regressão correlacionando duração, frequência e intensidade.



<p>Projeção: Universal Transversa Mercator. Datum Horizontal: SIRGAS 2000. Fuso: 24 Hemisfério Sul.</p>							
<p><b>Legenda</b></p>							
<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>Estações Pluviométricas</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mancha urbana de Afonso Cláudio</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Limite municipal de Afonso Cláudio</td> </tr> </tbody> </table>			Estações Pluviométricas		Mancha urbana de Afonso Cláudio		Limite municipal de Afonso Cláudio
	Estações Pluviométricas						
	Mancha urbana de Afonso Cláudio						
	Limite municipal de Afonso Cláudio						
<p><b>Documentação e Referências</b></p>							
<p>IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008. ANA. Estações Pluviométricas. GEOBASES. Mancha Urbana. GEOBASES. Limite Municipal.</p>							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>∅</th> <th>Emissão original</th> <th>16/12/2013</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>REV</td> <td>DESCRÍÇÃO</td> <td>DATA</td> </tr> </tbody> </table>		∅	Emissão original	16/12/2013	REV	DESCRÍÇÃO	DATA
∅	Emissão original	16/12/2013					
REV	DESCRÍÇÃO	DATA					
<p><b>Projeto:</b> Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais Diagnóstico</p>							
<p><b>Título:</b> Localização das Estações Pluviométricas no município de Afonso Cláudio</p>							
<p><b>Responsável técnico:</b> Marco Aurélio C. Caiado Eng. Agrônomo, Ph. D. CREA - ES 3757 D</p>							
<p><b>Elaboração:</b> Filipe Tesch Tecgº em Saneamento Ambiental CREA-ES nº 24763/D</p>							
<p><b>Escala:</b> 1:300,000      </p>							
<p><b>Folha:</b> 1 de 1      <b>Local:</b> Afonso Cláudio - ES</p>							
<p><b>Papel:</b> A4      <b>Nº:</b> <b>Figura 6-3</b></p>							
<p><b>Contratante:</b> Consórcio:  </p>							
<p><small>SECRETARIA DE CANALIZAÇÃO, HABITAÇÃO E DESenvolvimento URBANO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO CAMPANHA/ES</small></p>							

A **Tabela 6-2** apresenta as precipitações máximas anuais medidas na estação Afonso Cláudio Montante entre os anos 1967 e 2011.

**Tabela 6-2:** Precipitações máximas anuais medidas na estação Afonso Cláudio Montante entre os anos 1967 e 2011.

Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima
1967	62,80	1979	100,80	1991	125,00	2003	73,70
1968	112,20	1980	100,60	1992	100,40	2004	85,70
1969	56,10	1981	75,00	1993	50,80	2005	103,30
1970	48,40	1982	51,30	1994	125,40	2006	45,30
1971	54,20	1983	58,00	1995	50,00	2007	68,00
1972	51,00	1984	100,40	1996	92,00	2008	47,50
1973	87,00	1985	61,20	1997	123,90	2009	153,00
1974	65,60	1986	63,10	1998	77,10	2010	92,60
1975	79,80	1987	76,00	1999	114,90	2011	81,00
1976	108,40	1988	52,00	2000	134,80	-	-
1977	34,60	1989	100,00	2001	75,50	-	-
1978	68,80	1990	100,00	2002	67,80	-	-

A **Tabela 6-3** apresenta as precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno, resultado do ajuste da distribuição probabilística de Gumbel à série de máximas precipitações anuais de 1 dia.

**Tabela 6-3:** Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante.

Período de retorno (anos)	Precipitação máxima anual (mm)
2	76,89
5	103,20
10	120,62
25	142,64
50	158,97
75	168,46
100	175,18

A **Tabela 6-4** apresenta as intensidades pluviométricas associadas a diferentes períodos de retorno e diferentes durações, estimadas para a estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante.

**Tabela 6-4:** Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.

Duração	Período de Retorno						
	2	5	10	25	50	75	100
<b>24h</b>	87,65	117,65	137,51	162,61	181,22	192,04	199,70
<b>12h</b>	74,50	100,00	116,88	138,21	154,04	163,24	169,75
<b>10h</b>	71,87	96,47	112,76	133,34	148,60	157,48	163,76
<b>8h</b>	68,37	91,77	107,26	126,83	141,35	149,79	155,77
<b>6h</b>	63,11	84,71	99,01	117,08	130,48	138,27	143,79
<b>1h</b>	36,81	49,41	57,75	68,29	76,11	80,66	83,87
<b>30min</b>	27,24	36,57	42,74	50,54	56,32	59,69	62,07
<b>25min</b>	24,79	33,27	38,89	45,99	51,25	54,32	56,48
<b>20min</b>	22,07	29,62	34,62	40,94	45,62	48,35	50,27
<b>15min</b>	19,07	25,60	29,92	35,38	39,43	41,78	43,45
<b>10min</b>	14,71	19,75	23,08	27,29	30,41	32,23	33,52
<b>5min</b>	9,26	12,43	14,53	17,18	19,15	20,29	21,10

A **Figura 6-4** apresenta as curvas intensidade x duração para diferentes períodos de retorno.

A **Equação 2** a seguir apresenta a relação intensidade-duração-frequência das chuvas para Afonso Cláudio com base nos dados da estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante.

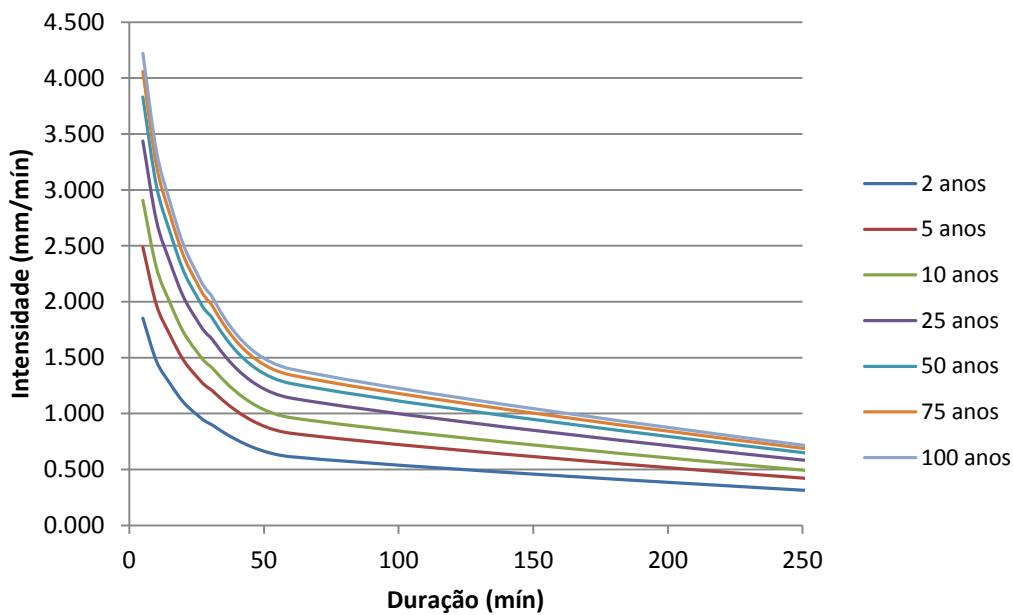
$$i = \frac{17,845T^{0,1452}}{(t + 13)^{0,768}} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

$i$  = intensidade da chuva em mm/min;

$T$  = Tempo de retorno, em anos;

$t$  = Tempo de duração, em minutos.



**Figura 6-4:** Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Afonso Cláudio Montante.

### 6.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é o tempo que leva a área hidrologicamente mais remota da mesma para contribuir com o fluxo de água em seu exutório.

Conhecer o tempo de concentração é essencial para a definição da vazão máxima a que está sujeita uma bacia. Como quanto mais longa é uma chuva, menor é a sua intensidade, aquelas com durações iguais ao tempo de concentração da bacia são as responsáveis pelas cheias mais significativas, já que, as de durações menores que o tempo de concentração não tem toda a bacia contribuindo para o fluxo.

Ao longo do tempo, foram formuladas várias equações para o cálculo do tempo de concentração visando a resolver problemas práticos de engenharia. Por isto, a maior parte delas possui caráter empírico e constituem basicamente

equações de regressão, desenvolvidas a partir de preceitos estatísticos (SILVEIRA, 2005).

As fórmulas são obtidas, de modo geral, pelas características da bacia hidrográfica como área, comprimento do talvegue, rugosidade do córrego ou canal e a declividade dos mesmos, podendo ser citadas, entre outras, as fórmulas de *Ven te Chow*, *Kirpisch*, *Tomez* e *Giandotti*. Segundo Winkler *et al.* (2012) *apud* Kibler (1982), a determinação do tempo de concentração por meio de fórmulas empíricas está sujeita a imprecisões e incertezas por não considerar a variabilidade espacial e temporal da bacia.

A equação de *Giandotti* (**Equação 3**) foi preconizada no Regulamento de Pequenas Barragens de Terra editado em 1973, em Portugal. É normalmente utilizada em bacias com áreas superiores a 300 Km<sup>2</sup>.

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1,5 \times L}{0,8 \times \sqrt{\bar{H}}} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

$T_c$ : tempo de concentração (horas);

$A$ : área da bacia (Km<sup>2</sup>);

$L$ : comprimento do talvegue principal (Km);

$\bar{H}$ : altura média da bacia (metros).

A equação de *Tomez* (**Equação 4**) foi recomendada por IEP (2001), tendo sido desenvolvida e testada em bacias hidrográficas da Espanha e recomendada para bacias naturais de área de até 3.000 km<sup>2</sup>.

$$Tc = 0,3 \times \left( \frac{L}{i^{0,25}} \right)^{0,76} \quad \text{Equação 4}$$

Sendo:

$T_c$ : tempo de concentração (horas);

$L$ : comprimento do talvegue principal (Km);

$S$ : declividade (%).

Segundo Silveira (2005), a fórmula de *Ven te Chow* é originalmente uma fórmula de tempo de pico, devendo ser adaptada para tempo de concentração via aplicação de um fator de correção de 1,67, a fim de não subestimar o resultado. A origem desta fórmula está baseada em dados de vinte bacias rurais, com áreas de 1 a 19 Km<sup>2</sup>.

A equação, já com o fator de correção aplicado, assume a seguinte forma:

$$T_c = 9,60L^{0,64}S^{-0,32}$$

**Equação 5**

Sendo:

$T_c$ : tempo de concentração (minutos);

$L$ : comprimento do talvegue principal (Km);

$S$ : declividade (m/m).

A equação de *Kirpich* (**Equação 6**) apresenta a seguinte formulação:

$$T_c = 0,39 \times \left( \frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

**Equação 6**

Em que:

$T_c$ : tempo de concentração em horas.

$L$ : estirão em Km.

$S$ : declividade equivalente Constante em %.

O método NRCS TR 55 foi elaborado pelo Serviço de Conservação de Recursos Naturais (NRCS) dos Estados Unidos em 1975 e apresenta procedimentos simplificados para calcular o tempo de concentração (SCS – USDA, 1986). Este método difere das outras metodologias por considerar que o tempo de concentração é determinado pela combinação do tempo de viagem em três áreas nas quais a bacia é subdividida.

Na área 1 predomina escoamento superficial, na área 2, fluxo concentrado e na área 3, fluxo em canais. O tempo de concentração é calculado por fórmulas que representam as características fisiográficas de cada área, representadas a seguir:

- Área de escoamento superficial (**Equação 7**).

$$T_c = \frac{0,007 \cdot (\eta \cdot L)^{0,8}}{P^{0,5} \cdot S^{0,4}} \quad \text{Equação 7}$$

Sendo:

$T_c$ : tempo de concentração (horas);

$\eta$ : coeficiente de manning;

$L$ : comprimento do talvegue principal (pés);

$P$ : chuva de 24 horas que acontece em 2 anos (polegadas);

$S$ : declividade (m/m).

- Área de fluxo concentrado (**Equação 8**).

$$V = 16,1345 \cdot \sqrt{S}$$

**Equação 8**

Sendo:

V: velocidade (pés/s);

S: declividade (m/m).

- Fluxo de canal (**Equação 9**).

$$V = \frac{C \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{\eta}$$

**Equação 9**

Sendo:

V: velocidade (m/s);

C: 1;

R: raio hidráulico;

S: declividade (m/m);

$\eta$ : coeficiente de manning.

Os tempos de concentração de cada sub bacia foram calculados utilizando as metodologias acima mencionadas e estão apresentados mais adiante neste trabalho.

#### **6.4 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP**

Este item trata do contexto institucional relacionado à gestão do risco hidrológico, ou seja, além dos instrumentos da legislação municipal vigente, toda a estrutura de gestão local voltada para as políticas públicas que interagem com as ações para redução do risco, desde o planejamento e o

controle urbano até as ações governamentais no âmbito da política urbana e habitacional.

A partir dessa análise, foi possível estabelecer diretrizes para a estruturação e o funcionamento de programas municipais voltados para o desenvolvimento de ações relacionadas à gestão de riscos hidrológicos para as áreas apontadas por esse plano.

#### **6.4.1 Estrutura institucional do município na área urbana e habitacional**

A Lei Municipal nº 1.437 de março de 1997, dispõe sobre a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal de Afonso Cláudio e dá outras providências. Constituem a estrutura organizacional hoje instituída basicamente doze Secretarias, a saber: a Secretaria Municipal de Planejamento; a Secretaria Municipal de Infraestrutura; a Secretaria Municipal de Administração; a Secretaria Municipal de Finanças; a Secretaria Municipal de Educação; a Secretaria Municipal de Cultura e Turismo; a Secretaria Municipal de Esporte e Lazer; a Secretaria Municipal de Saúde; a Secretaria Municipal de Ação Social; a Secretaria Municipal de Agricultura e Desenvolvimento Econômico; a Secretaria Municipal de Meio Ambiente; e a Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos. Ainda compõem a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal o Gabinete do Prefeito e a Procuradoria Jurídica.

Os órgãos que atuam mais diretamente na gestão da política urbana e habitacional são: a Secretaria Municipal de Ação Social; a Secretaria Municipal de Meio Ambiente; e a Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos.

A Secretaria Municipal de Ação Social está criada na Seção IX desta lei e, segundo o art. 10º, ela tem por finalidade:

- planejar a execução e o controle das atividades relativas à assistência social, compreendendo as

diversas organizações comunitárias e a população escolar;

- execução de levantamentos socioeconômicos das comunidades, bem como a análise para encaminhamento dos problemas detectados, considerando as condições de saúde, educação, alimentação, habitação, saneamento básico, trabalho e outros;
- manutenção de contatos com órgãos federais, estaduais, municipais, entidades de classes, igrejas, escolas, clube de serviço e outras organizações comunitárias, visando a aquisição de recursos financeiros e/ou outros indispensáveis à implantação de atividades para a resolução dos problemas da comunidade;
- atender os necessitados que procuram a Prefeitura em busca de ajuda individual, e dar-lhes a orientação ou solução cabível, conceder auxílios financeiros em casos de pobreza extrema ou outros de emergência, quando assim for decididamente comprovado;
- levantar problemas ligados às condições habitacionais, a fim de desenvolver, quando necessário, programas de habitação popular.

A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos está criada na Seção XI e tem seus objetivos regulamentados no art. 12º, sendo:

- executar atividades concernentes à construção e conservação de obras públicas municipais e instalações, para a prestação de serviços à comunidade;

- executar atividades relativas à elaboração de projetos e obras municipais e aos respectivos orçamentos;
- manter atualizada a planta cadastral do Município, fiscalizar o cumprimento das normas referentes às construções particulares, e, o cumprimento das normas referentes a posturas municipais;
- executar atividades à prestação e manutenção dos serviços públicos locais, tais como limpeza pública, cemitérios, matadouro, mercados, feiras-livres e iluminação pública.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente foi criado pela Lei Municipal nº 1.693 de maio de 2005 e, segundo o art. 4º desta lei, este é um órgão diretamente subordinado ao Chefe do Poder Executivo Municipal, tendo como âmbito de ação o planejamento, a coordenação, e o controle e a execução de atividades referentes ao Meio Ambiente do Município, compreendendo a promoção de intercâmbios com outros Órgãos Estaduais e Federais, bem como a execução de acordos e convênios com os mesmos, voltados para as atividades ligadas ao Meio Ambiente do Município, a mobilização da comunidade em torno das questões ambientais, o apoio das entidades existentes no Município que se preocupam e se envolvem com o Meio Ambiente, a fiscalização e sua conservação, a execução de outras atividades correlatas.

Em relação à Coordenadoria Municipal de Defesa Civil do Município de Afonso Cláudio, ela foi criada pela Lei Municipal nº 1.878 de dezembro de 2009 e está diretamente subordinada ao Prefeito. Este Coordenadoria tem como objetivo:

- coordenar e executar ações da defesa civil;
- elaborar e implementar planos, programas e projetos de defesa civil;
- elaborar Plano De Ação Anual visando o atendimento das ações em tempo de normalidade,

bem como, das ações emergenciais com a garantia dos recursos no Orçamento Municipal;

- prever recursos orçamentários para obras necessárias as ações assistenciais de recuperação ou preventivas, como contrapartida às transferências de recursos da União, na forma da legislação vigente;
- capacitar recursos humanos para as ações de defesa civil;
- propor a autoridade competente a declaração de situação de emergência e de estado de calamidade pública, observando os critérios estabelecidos pelo CONDEC - Conselho Nacional de Defesa Civil;
- executar a distribuição e o controle de suprimentos necessários em situações de desastres;
- implantar um banco de dados e elaborar os mapas temáticos sobre ameaças, vulnerabilidades e discos de desastres;
- implementar ações de medidas não-estruturais e medidas estruturais;
- promover campanhas públicas e educativas para estimular o envolvimento da população, motivando ações relacionadas com a defesa civil, através da mídia local;
- estar atenta às informações de alerta dos órgãos de previsão e acompanhamento para executar planos operacionais em tempo oportuno;
- estabelecer um intercâmbio de ajuda com outros Municípios (comunidades irmanadas);

- promover mobilização social visando a implantação de Núcleos Comunitários De Defesa Civil - NUDEC, nos bairros e distritos.

Em termos de gestão urbana participativa o Município conta três conselhos instituídos, que discutem as políticas de habitação social, planejamento urbano e ocupação do solo: o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, o Conselho Municipal de Habitação de Interesse Social, e o Conselho Municipal do Plano Diretor.

O Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente foi criado pela Lei Municipal nº 1.469 de dezembro de 1997 e que tem por finalidade: levantar o patrimônio natural, étnico e cultural do Município; localizar e mapear as áreas críticas em que se desenvolvam atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como, empreendimentos capazes de causar degradação ambiental, a fim de permitir a vigilância e o controle desses procedimentos e o cumprimento da legislação vigente; estudar, definir e propor normas e procedimentos, visando à proteção ambiental do Município; colaborar em campanhas educacionais relativo ao meio ambiente e a problemas de saúde e saneamento básico; e identificar, prover e comunicar as agressões ocorridas no Município, diligenciando no sentido de sua apuração e sugerindo aos Poderes Públicos as medidas cabíveis, além de contribuir, em casos de emergência, para a mobilização da comunidade.

O Conselho Municipal de Habitação de Interesse Social está criado na Lei Municipal nº 1.808 de novembro de 2008 e está vinculado à Secretaria Municipal de Ação Social. Ele tem como objetivo: propor e aprovar as diretrizes, prioridades, estratégias e instrumentos da Política Municipal de Habitação de Interesse Social; propor e participar das deliberações, junto ao processo de elaboração do Orçamento Municipal, sobre a execução de projetos e programas de urbanização, construção de moradias e de regularização fundiária; acompanhar e avaliar a execução da Política Municipal de Habitação e recomendar as providências necessárias ao cumprimento dos

respectivos objetivos; propor e aprovar os planos de aplicação dos recursos do Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social, instituído pela presente Lei; definir as condições básicas de subsídios e financiamentos de recursos do FMHIS; regulamentar, fiscalizar e acompanhar todas as ações referentes a subsídios habitacionais; apreciar as propostas e projetos de intervenção do Governo Municipal relativas às ocupações e assentamentos de interesse social; e apreciar as formas de apoio às entidades associativas e cooperativas habitacionais cuja população seja de baixa renda, bem como as solicitações de melhorias habitacionais em autoconstrução ou ajuda mútua de moradias populares.

O Conselho Municipal do Plano Diretor está criado na Lei Municipal nº 1.731 de 2006 e está vinculado à Secretaria Municipal de Planejamento. Este tem por competência: acompanhar a implementação do Plano Diretor, analisando e deliberando sobre questões relativas a sua aplicação; deliberar e emitir pareceres sobre proposta de alteração da Lei do Plano Diretor; acompanhar a execução de planos e projetos de interesse do desenvolvimento urbano, inclusive os planos setoriais; deliberar sobre projetos de lei de interesse da política urbana, antes de seu encaminhamento à Câmara Municipal; acompanhar a implementação dos demais instrumentos urbanísticos.

O risco hidrológico constitui um dos mais graves problemas que tornam uma moradia inadequada, juntamente com outros aspectos como a deficiência de infraestrutura, por exemplo. Sendo assim, o tratamento dessas questões no âmbito das políticas públicas deve se dar de forma integrada e, preferencialmente, a partir da coordenação do órgão responsável pela política habitacional, pois esse tipo de problema, em geral, se concentra territorialmente nos assentamentos de interesse social.

#### 6.4.2 Ações governamentais do município na área urbana e habitacional

Em entrevista realizada com os técnicos da Prefeitura Municipal de Afonso Cláudio, no dia 03 de dezembro de 2013, foi possível levantar os seguintes dados a respeito da gestão municipal: obras, programas e projetos de habitação e infraestrutura urbana em andamento no município; os problemas de risco encontrados no município; a gestão e comunicação dos técnicos da Prefeitura Municipal com as comunidades, que se encontram em áreas de risco; as legislações que incidem sobre a regulação do solo urbano e o desenvolvimento territorial; as características principais das ocupações em áreas de risco; entre outros. Estavam presentes na reunião realizada o Sr Gêneze dos Santos; a Sra. Maria Lúcia da Secretaria Municipal de Ação Social; a Sra. Vanessa de Araújo da Secretaria Municipal de Ação Social; o Sr. Valcir Moreira da Secretaria Municipal de Meio Ambiente; o Sr. Valdivino Oagotto da Defesa Civil Municipal; o Sr. Marcio Rocha; o Sr. Gilmar Gonçalves da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Agrícola; e o Sr. José Maria da Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Observou-se que o município de Afonso Cláudio possui alguns programas, projetos e obras em andamento ou que foram executados, com vistas ao planejamento urbano, desenvolvimento territorial e habitação de interesse social e a maior parte dos programas está sendo elaborado através de convênios com o Governo Estadual e federal. Dentre eles está um convênio com o Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitações do Estado do Espírito Santo (IDURB) e com o Ministério das Cidades para execução de 102 unidades habitacionais no loteamento Por do Sol. As obras já se encontram praticamente concluídas e vão beneficiar famílias que vivem em áreas de risco.

Além deste convênio, também existe uma parceria com o Estado, onde são alocados recursos do Fundo Estadual de Habitação de Interesse Social para execução de melhoria habitacional. No ano de 2012 foram executadas melhorias em 400 unidades residenciais e no ano de 2013 foram executadas melhorias em 80 unidades.

Em termos de obras de infraestrutura urbana propriamente dita, tais como obras de rede de coleta de esgoto, drenagem de águas pluviais, pavimentação de vias, entre outros, não foram identificados programas ou projetos em andamento.

O município não possui nenhum Plano Urbanístico elaborado para orientação das ações a serem implementadas no município – Plano Municipal de Habitação de Interesse Social, Plano de Drenagem Urbana, Plano de Saneamento – com exceção do Plano Diretor Urbano, que se encontra em revisão; e deste Plano Diretor de Águas Pluviais e do Plano Municipal de Redução de Risco, que estão sendo elaborados. Segundo informações dos técnicos da Prefeitura Municipal, eles estão elaborando o Plano Municipal de Habitação com recurso próprio e através dos mesmos técnicos municipais.

Em se tratando de iniciativas do Poder Público Municipal relacionadas à obras para erradicação de risco, essas são executadas pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos e tem caráter somente corretivo. As intervenções mais executadas são: limpeza de rios e córregos; desobstrução de drenagem, limpando bocas-de-lobo e poços de visita. Estas são executadas com certa periodicidade e, em geral, ocorrem uma vez por ano, antes do período chuvoso. A Prefeitura também tem como prática a execução de pequenos muros de contenção, construídos com recurso próprio, sendo a última obra feita no Bairro Bela Vista. O Ministério da Integração também está com um convênio firmado com a Prefeitura Municipal para execução de dois muros de contenção, sendo um no Bairro São Vicente e outro no Grande Morro da CESAN. Destacam-se também as obras de enrocamento, já executadas com recurso próprio, no Rio Guandu, sendo quatro pontos dentro da Sede Municipal.

Quanto a infraestrutura da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil Municipal para atendimento das famílias de risco, esta conta com poucos técnicos pertencentes exclusivamente à Defesa Civil, sendo a maior parte das demais Secretarias Municipais, que prestam auxílio e apoio à esta coordenadoria. A Defesa Civil possui um kit, oferecido pela Defesa Civil do

Estado do Espírito Santo, sendo um barco, um carro, câmera fotográfica e GPS, computador e uma sala, para realizar as ações e trabalhos. Os técnicos da Defesa Civil Municipal informaram que, acompanham as famílias que vivem em áreas de risco somente a partir de reuniões realizadas com a comunidade através da Secretaria Municipal de Ação Social.

Destaca-se que a Defesa Civil Municipal tem como prática cotidiana a vistoria das áreas de risco da cidade, quando existe demanda da própria comunidade, procurando a própria Defesa Civil ou a Secretaria Municipal de Ação Social. Nos casos em que seja constatada a necessidade de remoção da família, o Engenheiro Civil da Prefeitura Municipal elabora um laudo técnico indicando as condições da habitação e a remoção é feita pela Secretaria Municipal de Ação Social.

Em se tratando do atendimento no período chuvas e emergência, o Município não possui abrigos para assistir às famílias. No caso da ocorrência de um desastre, as famílias são deslocadas para as escolas municipais, ou para casa de parentes. As famílias desabrigadas poderão acessar Aluguel Social, regulamentado pela Lei Municipal nº 1.870 de dezembro de 2009, que consiste em beneficiar famílias através da proteção social básica de caráter suplementar e temporário, com a finalidade de atender vítimas de calamidades e enfrentar contingências de modo a reconstruir a autonomia através da redução da vulnerabilidade e impactos decorrentes de riscos sociais. Atualmente, 20 famílias estão sendo beneficiadas com o aluguel social.

#### **6.4.3 Legislação Federal, Estadual e Municipal**

Os procedimentos de redução de risco abordados no presente trabalho compreendem ações interventivas a cargo do Município, com o apoio eventual dos demais entes políticos. Tais ações são instrumentalizadas mediante institutos de Direito Urbanístico, previstos na legislação brasileira e esses têm

como norma fundamental a Constituição Federal, instituindo o direito social à moradia, o princípio da função social da propriedade urbana, a participação ativa da sociedade no processo de planejamento das cidades e a distribuição de competências executivas e legislativas sobre habitação e urbanismo. Esses instrumentos interventivos são instituídos, como norma geral, no Estatuto da Cidade.

A Lei Federal 10.257, de 10 de Julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais e instrumentos da política urbana.

Em seu art. 2º enumera as diretrizes gerais que devem ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, apontando questões como a garantia do direito a cidades sustentáveis, o direito à terra urbana, a gestão democrática da cidade e a urbanização de áreas ocupadas por populações de baixa renda, entre outras.

Um dos mais importantes instrumentos para os processos de urbanização de áreas ocupadas por populações de baixa renda é a instituição de Zonas Especiais de Interesse Social, ou ZEIS, que delimita áreas cuja função social é destinar-se à habitação de interesse social, ou seja, onde a população deve ser predominantemente de baixa renda. Quando delimitado um assentamentos existentes, além de viabilizar a adoção de normas legais específicas, compatíveis com a realidade destes assentamentos, para sua regularização fundiária, volta-se um olhar especial das políticas públicas focando na urbanização desse assentamento, a fim de garantir a infraestrutura necessária como água, esgotamento, drenagem, calçamento, e edificações em condições legais, eliminando qualquer possibilidade das habitações estarem em área de risco.

Quanto à gestão democrática da cidade, o Estatuto da Cidade, em seu Capítulo IV, dispõe que deverão ser utilizados como instrumentos os órgãos colegiados de política urbana, os debates, consultas e audiências públicas, as conferências sobre assuntos de interesse urbano e a iniciativa popular de projeto de lei e de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano.

Desta forma, entende-se que os processos de planejamento de risco em geral devem incorporar ações voltadas para a promoção da participação da população beneficiária.

Em se tratando de planejamento urbanístico local, segundo a Constituição Federal, é competência municipal promover o ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Tal ordenamento é definido no Plano Diretor, instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

As legislações descritas nesse trabalho, no item específico, são legislações federais, estaduais e municipais mais diretamente relacionadas ao Direito Urbanístico, Habitação Social e que de alguma forma tem desdobramentos nas políticas para redução de risco e drenagem de águas pluviais e fluviais.

#### *6.4.3.1 Legislação Federal*

No âmbito federal, os principais instrumentos legais que dão suporte às ações de redução de risco são a Constituição Federal, o Estatuto da Cidade, o Código Florestal, a Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano (Lei Federal 6.766/1979, alterada pela Lei Federal 9.785/1999), e a Lei Federal 11.977/2009. Diversos outros dispositivos legais são aplicáveis, no entanto, as primeiras são as mais diretamente relacionadas ao processo de redução de risco, habitações de baixa renda, regularização fundiária, assentamentos com falta de infraestrutura e outros relacionados ao tema do direito urbanístico.

##### **6.4.3.1.1 Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001**

A Lei Federal 10.257, de 10 de Julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais e instrumentos da política urbana.

Em seu art. 2º enumera as diretrizes gerais que devem ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, apontando questões como a garantia do direito a cidades sustentáveis, o direito à terra urbana, a gestão democrática da cidade e a regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por populações de baixa renda, entre outras. Observa-se que dentre esses diretrizes são apresentados opções, cuja aplicação favorece o processo de redução de risco, portanto destacam-se algumas dessas:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

III – cooperação entre os governos, a iniciativa privada e os demais setores da sociedade no processo de urbanização, em atendimento ao interesse social;

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência,

(...)

VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

(...)

b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes;

c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana;

(...)

f) a deterioração das áreas urbanizadas;

g) a poluição e a degradação ambiental;

h) a exposição da população a riscos de desastres.

(...)

XIV – regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais;

XVI – isonomia de condições para os agentes públicos e privados na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização, atendido o interesse social.

O Capítulo II – Dos Instrumentos da Política Urbana – passa a delimitar instrumentos que devem ser utilizados para alcançar as diretrizes gerais desse Estatuto. Destacam-se os Planos nacionais, regionais, estaduais e municipais, que devem contribuir com a normatização e controle do uso e ocupação do solo, e também os Instrumentos Jurídicos e Políticos, que regulamentam as

Zonas Especiais de Interesse Social, as Unidades de Conservação, a Regularização Fundiária, entre outros:

Art. 4º Para os fins desta Lei serão utilizados, entre outros instrumentos:

I – planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social;

II – planejamento das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;

III – planejamento municipal, em especial:

a) plano diretor;

b) disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo;

c) zoneamento ambiental;

(...)

IV – institutos tributários e financeiros:

a) imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana - IPTU;

b) contribuição de melhoria;

c) incentivos e benefícios fiscais e financeiros;

V – institutos jurídicos e políticos:

a) desapropriação;

(...)

e) instituição de unidades de conservação;

f) instituição de zonas especiais de interesse social;

g) concessão de direito real de uso;

- h) concessão de uso especial para fins de moradia;
- i) parcelamento, edificação ou utilização compulsórios;
- (...)
- m) direito de preempção;
- n) outorga onerosa do direito de construir e de alteração de uso;
- o) transferência do direito de construir;
- p) operações urbanas consorciadas;
- q) regularização fundiária;
- r) assistência técnica e jurídica gratuita para as comunidades e grupos sociais menos favorecidos;

As Seções seguintes, pertencentes a esse capítulo, descrevem com detalhes a utilização de cada um dos instrumentos listados.

O Capítulo III diz respeito à importância e objetivos de um Plano Diretor. O Art. 39º e 40º descrevem:

Art. 39. A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor, assegurando o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas, respeitadas as diretrizes previstas no art. 2º desta Lei.

Art. 40. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

Segundo o Art. 41º torna-se obrigatório a elaboração de Plano Diretor em municípios incluídos no cadastro nacional com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

Art. 42-A. Além do conteúdo previsto no art. 42, o plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter:

I - parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e a contribuir para a geração de emprego e renda;

II - mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;

III - planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre;

IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres; e

V - diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares, se houver, observadas a Lei no 11.977, de 7 de julho de 2009, e demais normas federais e estaduais pertinentes, e previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de

interesse social e de outros instrumentos de política urbana, onde o uso habitacional for permitido.

§ 1º A identificação e o mapeamento de áreas de risco levarão em conta as cartas geotécnicas.

§ 2º O conteúdo do plano diretor deverá ser compatível com as disposições insertas nos planos de recursos hídricos, formulados consoante a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

#### 6.4.3.1.2 Parcelamento do Solo Urbano - Lei Federal nº 6.766/1979

A Lei Federal 6.766, de 19 de Dezembro de 1979, alterada pela Lei Federal 9.875/1999, dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no país, fixando as áreas não passíveis de parcelamento e os requisitos urbanísticos mínimos a serem atendidos pelos loteadores.

Segundo o §5º do Art. 2º, todo o parcelamento urbano deve conter a seguinte infraestrutura básica: equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação. Já os parcelamentos situados em Zonas de habitação de Interesse Social, segundo o §6º, devem ter as vias de circulação, escoamento das águas pluviais, rede para o abastecimento de água potável, e soluções para o esgotamento sanitário e para a energia elétrica domiciliar.

O art. 3º permite o parcelamento do solo para fins urbanos apenas em zonas urbanas ou de expansão urbana fixadas por lei municipal, listando a seguir as áreas onde não será permitido o parcelamento:

- I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
- II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
- V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Nos art. 4º e 5º são estabelecidos os requisitos urbanísticos para o loteamento do solo, fixando-se, entre outros, o lote mínimo de 125 m<sup>2</sup>, com frente mínima de 5 m e o percentual mínimo da gleba a ser destinado ao sistema de circulação, à implantação de equipamentos urbanos e comunitários e aos espaços livres de uso público, que deverá ser fixado pelo Município. Prevê também a reserva de faixa *non aedificandi* mínima de 15 m de largura ao longo de águas correntes e dormentes e ao longo das faixas de domínio de rodovias, ferrovias e dutos:

Art. 4º. Os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

I - as áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem.

II - os lotes terão área mínima de 125m<sup>2</sup> (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;

III - ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica;

IV - as vias de loteamento deverão articular-se com as vias adjacentes oficiais, existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local.

§ 1º A legislação municipal definirá, para cada zona em que se divida o território do Município, os usos permitidos e os índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo, que incluirão, obrigatoriamente, as áreas mínimas e máximas de lotes e os coeficientes máximos de aproveitamento.

(...)

Art. 5º. O Poder Público competente poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, a reserva de faixa *non aedificandi* destinada a equipamentos urbanos.

#### 6.4.3.1.3 Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos - Lei Federal nº 11.977/2009

A Lei Federal 11.977, de 07 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, tem por finalidade, em se tratando do PMCMV, criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos e produção ou reforma de habitações rurais, para famílias com renda mensal de até R\$ 4.650,00 (quatro mil, seiscentos e cinquenta reais). Essas poderão ser executadas a partir do Programa Nacional de Habitação Urbana (PNHU) ou pelo Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR).

Em relação à regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, a Lei 11.977/2009 tem por finalidade atender ao conjunto de medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais que visam à regularização de assentamentos irregulares e à titulação de seus ocupantes, de modo a garantir o direito social à moradia, o pleno desenvolvimento das funções sociais da propriedade urbana e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Art. 48. Respeitadas as diretrizes gerais da política urbana estabelecidas na Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, a regularização fundiária observará os seguintes princípios:

I – ampliação do acesso à terra urbanizada pela população de baixa renda, com prioridade para sua permanência na área ocupada, assegurados o nível adequado de habitabilidade e a melhoria das condições de sustentabilidade urbanística, social e ambiental;

II – articulação com as políticas setoriais de habitação, de meio ambiente, de saneamento básico e de mobilidade urbana, nos diferentes níveis de governo e com as iniciativas públicas e privadas, voltadas à integração social e à geração de emprego e renda;

III – participação dos interessados em todas as etapas do processo de regularização;

IV – estímulo à resolução extrajudicial de conflitos; e

V – concessão do título preferencialmente para a mulher.

Essa Lei Federal vem no sentido de complementar os instrumentos, diretrizes e objetivos do Estatuto da Cidade, trazendo normas gerais de Direito Urbanístico especificamente sobre regularização fundiária, garantindo o direito à cidade e à moradia.

#### **6.4.3.1.4 Proteção de Vegetação Nativa - Lei Federal nº 12.651/2012**

A Lei Federal 12.651, de 15 de maio 2012, que dispõe sobre a Proteção de Vegetação Nativa, traz determinações a respeito da proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Art. 3º - Para os efeitos desta Lei, entende se por:

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

(...)

VI - uso alternativo do solo: substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por

outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana;

(...)

**IX - interesse social:**

d) a regularização fundiária de assentamentos humanos ocupados predominantemente por população de baixa renda em áreas urbanas consolidadas, observadas as condições estabelecidas na Lei no 11.977, de 7 de julho de 2009;

(...)

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

(...)

Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

I - conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;

II - proteger as restingas ou veredas;

III - proteger várzeas;

IV - abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;

V - proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;

VI - formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

VII - assegurar condições de bem-estar público;

VIII - auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.

#### 6.4.3.1.5 Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981

A Lei Federal 6.938, de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. São princípios dessa Política:

I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;

V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

VIII - recuperação de áreas degradadas;

IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X - educação ambiental a todos os níveis do ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitar-a para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Fica o Poder Público Municipal responsável por controlar e fiscalizar atividades capazes de promover a degradação ambiental.

#### 6.4.3.1.6 Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/1997

A Lei Federal 9.433, de janeiro de 1997, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, tem por objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Em seu Art. 3º a Lei Federal 9.433/1997 estabelece algumas diretrizes a fim de alcançar os objetivos dessa lei e algumas delas estão diretamente relacionadas ao uso e ocupação do solo: a adequação da gestão de recursos hídricos às

diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

#### 6.4.3.1.7 Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010

A Lei Federal 12.305, de agosto de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. O Art. 7º dessa lei destaca os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, são eles, entre outros:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

(...)

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

(...)

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;

Cabe ao Poder Público Municipal a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados em seu território.

Art. 47. São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:

I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;

II - lançamento *in natura* a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;

#### 6.4.3.1.8 Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007

A Lei Federal 11.455, de janeiro de 2007, estabelece diretrizes de saneamento básico, devendo-se seguir os seguintes princípios básicos, regulamentados no Art. 2º:

I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos

usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;

IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;

X - controle social;

XI - segurança, qualidade e regularidade;

XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Destaca-se o Art. 3º, que define o conceito de Saneamento Básico para essa Lei:

I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo

originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;

O Art. 7º regulamenta sobre o serviço de limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos pelo poder público, delimitando as atividades que deverão ser exercidas pelo poder público a fim de garantir esse serviço:

Art. 7º Para os efeitos desta Lei, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:

I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

II - de triagem para fins de reúso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana.

### 6.4.3.2 Legislação Estadual

#### 6.4.3.2.1 Parcelamento do Solo Urbano - Lei Estadual nº 7.943/2004

A Lei Estadual 7.943, de julho de 2004, dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no Estado do Espírito Santo, devendo-se ater a essa lei os seguintes casos: parcelamentos localizados em área de interesse especial; parcelamentos localizados em áreas limítrofes de municípios, ou quando parte pertencer a outro município; parcelamentos com área superior a 1.000.000 m<sup>2</sup> (um milhão de metros quadrados); e parcelamentos localizados na Região Metropolitana da Grande Vitória. Destaca-se no Art. 2º como áreas de interesse especial as áreas compreendidas no entorno das Lagoas Juparanã e Juparanã-Mirim ou Lagoa Nova, situadas nos Municípios de Linhares, Sooretama e Rio Bananal; a área dos atuais distritos localizados ao longo do litoral do Estado; e a área dos municípios da região de montanha.

Observa-se que toda a Legislação Estadual encontra-se baseada na Lei Federal nº 6.766/1979. Segundo o Art 8º, somente será permitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, ou de expansão urbana e, segundo o Art. 9º não será permitido o parcelamento:

Art. 9º Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços ou sujeitos à inundação, salvo parecer favorável do órgão estadual de conservação e proteção do meio ambiente;

II - em terrenos de mangues e restingas, antes de parecer técnico favorável do órgão estadual de proteção e conservação do meio ambiente;

III - em terrenos que tenham sido aterrados com lixo ou material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

IV - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas as exigências da autoridade competente;

V - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

VI - em áreas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até sua correção;

VII - em unidades de conservação e em áreas de preservação permanente, definidas em legislação federal, estadual e municipal, salvo parecer favorável do órgão estadual de conservação e proteção ao meio ambiente;

VIII - em terrenos que não tenham acesso à via ou logradouros públicos;

IX - em sítios arqueológicos definidos em legislação federal, estadual ou municipal;

X - nas pontas e pontais do litoral e nos estuários dos rios, numa faixa de 100 m (cem metros) em torno das áreas lacustres.

#### 6.4.3.2.2 Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo - Lei Estadual Complementar nº 488/2009

A Lei Complementar Estadual nº 488, de julho de 2009, cria o Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo (IDURB –

ES) autarquia com personalidade jurídica de direito público interno, patrimônio próprio, com autonomia técnica, administrativa e financeira, vinculado à Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano - SEDURB. Segundo o Art.2º da referida Lei o IDURB deverá atuar:

- I - atuar no planejamento, na gestão e na implementação das políticas de habitação de interesse social e de desenvolvimento urbano, em consonância com as políticas municipais e da União, nas áreas urbanas e rurais do Estado do Espírito Santo;
- II - atuar na implementação de obras de infraestrutura urbana e rural nas áreas de saneamento;
- III - atuar na implementação de obras de infraestrutura urbana e rural de estradas e vias municipais, sempre que houver delegação de competência para tal;
- IV - atuar na implementação de obras de infraestrutura urbana e rural de prevenção ou mitigação dos efeitos de cheias ou secas;
- V - atuar na implementação de obras de edificações, espaços e equipamentos públicos;
- VI - executar as ações deliberadas pelo Conselho Gestor do Fundo Estadual de Habitação e subsidiar o mesmo com as informações e estudos necessários para tomada de decisões;
- VII - promover a gestão de créditos imobiliários, quando houver, decorrentes de cessões de unidades produzidas ou reformadas, ou de materiais

de construção custeados com recursos do Fundo Estadual de Habitação de Interesse Social - FEHAB;

VIII - propor e celebrar convênios, protocolos de intenções, concessões, acordos, contratos, termos de ajustes, com os integrantes das administrações públicas direta e indireta, com pessoa jurídica de direito privado, associações e organizações não governamentais e outros procedimentos congêneres ou assemelhados;

IX - atuar de forma proativa com vistas a buscar a remoção dos obstáculos da legislação fundiária, cartorária, urbanística e ambiental, de modo a permitir a ampla execução de programas de regularização e integração de assentamentos precários;

X - identificar e formular planos e projetos direcionados à captação de recursos financeiros em instituições de âmbito nacional e internacional;

XI - prestar apoio técnico e administrativo ao Conselho Gestor do Fundo Estadual de Habitação de interesse social.

#### 6.4.3.2.3 Instituto Estadual de Meio Ambiente - Lei Estadual nº 4.886/1994

A Lei Estadual nº 4.886, de janeiro de 1994, cria o Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), autarquia vinculada à Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente - SEAMA, com personalidade jurídica de direito público de autonomia administrativa e financeira.

Art. 2º - Ao Instituto Estadual do Meio Ambiente - IEMA, compete a execução da política estadual do meio ambiente através de estudos, controle, fiscalização, licenciamento e monitoramento dos recursos hídricos, atmosféricos, minerais e naturais, e a condução das atividades relativas ao zoneamento e educação ambiental.

#### 6.4.3.2.4 Política Florestal do Estado - Lei Estadual nº 5.361/1996

A Lei nº 5.461, de dezembro de 1996, dispõe sobre a Política Florestal do Estado do Espírito Santo, e tem como princípio geral promover e incrementar a preservação, conservação, recuperação, ampliação e utilização apropriada das florestas, dentro de um contexto de desenvolvimento sustentado, visando o atendimento das necessidades econômicas, sociais, ambientais e culturais, das gerações atuais e futuras.

Dentro dos Objetivos da Política Florestal, inscritos no Art. 3º, destacam-se:

I - promover a compatibilização das ações e atividades da política florestal com a Políticas Fundiária, Agrícola de Meio Ambiente e de Desenvolvimento Urbano e Regional;

(...)

III - estabelecer diretrizes e normas relativas ao uso e ocupação do solo pelas atividades florestais;

IV - promover e estimular a conservação, proteção e recuperação dos solos e manejo integrado de pragas e doenças;

V - promover e estimular a conservação, proteção, recuperação e utilização apropriada dos recursos hídricos;

(...)

XXVIII - garantir a participação da sociedade civil nos processos de planejamento, de decisão e de implementação da política florestal.

#### 6.4.3.2.5 Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei Estadual nº 5.818/1998

A Lei nº 5.818, de dezembro de 1998, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, tem como objetivo o gerenciamento da proteção, conservação, recuperação e do desenvolvimento das águas do domínio do Estado. Segundo o Art. 3º essa Política deve garantir:

I. assegurar padrões de qualidade adequados aos usos e melhorar o aproveitamento socioeconômico, integrado e harmônico da água;

II. garantir à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade;

III. compatibilizar o desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente;

IV. promover a articulação entre União, Estados vizinhos, Municípios, sociedade civil organizada e

iniciativa privada, visando à integração de esforços para soluções regionais de proteção, conservação e recuperação dos corpos de água;

V. garantir a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vista ao desenvolvimento sustentável;

VI. assegurar a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural, ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;

VII. manter os ecossistemas do território estadual; e

VIII. garantir a saúde e a segurança públicas.

Segundo o Art. 4º, que institui diretrizes para a Política de Recursos Hídricos, é importante integrar a gestão das águas com o meio ambiente inserido e com o uso e ocupação do solo. Deve-se ainda haver uma preocupação com o controle de cheias, a prevenção de inundações, a drenagem e a correta utilização das várzeas, além de um zoneamento das áreas inundáveis, com restrição a usos incompatíveis nas sujeitas a inundações frequentes, e a manutenção da capacidade de infiltração do solo.

#### **6.4.3.2.6 Política Estadual de Resíduos Sólidos - Lei Estadual nº 9.264/2009**

A Lei nº 9.264, de julho de 2009, dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios, fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos para a Gestão Integrada, Compartilhada e Participativa de Resíduos Sólidos, com vistas à redução, ao reaproveitamento e ao gerenciamento adequado dos

resíduos sólidos; à prevenção e ao controle da poluição; à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado do Espírito Santo, a promoção do Econegócio e a Produção Mais Limpa.

O Art. 3º dessa Lei descreve seus objetivos, portanto destacam-se alguns deles:

I -reduzir a quantidade e a nocividade dos resíduos sólidos;

II -erradicar as destinações e disposição inadequadas de resíduos sólidos;

III -assegurar o uso sustentável, racional e eficiente dos recursos naturais;

IV -promover o fortalecimento de instituições para a gestão sustentável dos resíduos sólidos;

V-assegurar a preservação e a melhoria da qualidade do meio ambiente, da saúde pública e a recuperação das áreas degradadas por resíduos sólidos;

VI -reduzir os problemas ambientais e de saúde pública gerados pelas destinações inadequadas;

(...)

XII -promover a Gestão Integrada, Compartilhada e Participativa dos Resíduos Sólidos através da parceria entre o Poder Público, sociedade civil e iniciativa privada;

XIII -compatibilizar o gerenciamento de resíduos sólidos com o gerenciamento dos recursos hídricos,

com o desenvolvimento regional e com a proteção ambiental;

XV -incentivar a parceria entre Estado, municípios e entidades particulares para a capacitação técnica e gerencial dos profissionais envolvidos na cadeia de resíduos sólidos;

O Art. 10º proíbe a destinação final dos resíduos sólidos em locais inadequados ao solo, com possibilidade de infiltração e sem tratamento prévio; em áreas de proteção especial e área inundáveis; nos cursos hídricos; e em sistemas de drenagem de águas pluviais, de esgotos, terrenos baldios, margens de vias públicas e assemelhados.

#### 6.4.3.2.7 Política Estadual de Saneamento Básico - Lei Estadual nº 9.096/2008

A Lei nº 9.096, de dezembro de 2008, dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e define os princípios básicos dessa Política em seu Art. 2º:

I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção ao meio ambiente;

IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

(...)

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

(...)

XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

#### 6.4.3.3 Legislação Municipal

##### 6.4.3.3.1 Plano Diretor Municipal – Lei Municipal nº 1.731/2006

A Lei Municipal nº 1.731 de novembro de 2006 dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Afonso Cláudio e dá outras providências e, segundo seu art. 1º,

esta lei está em consonância com o que dispõe o artigo 182 da Constituição Federal, a Lei Federal 10257, de 10 de julho de 2001, e a Lei Orgânica do Município, e, como instrumento global e estratégico da política de desenvolvimento local, é determinante para todos os agentes públicos e privados que atuam na construção e gestão da cidade.

Art. 2º - O Plano Diretor abrange a totalidade do território, é o instrumento básico da política de desenvolvimento do Município e integra o processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, a lei de diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporarem as diretrizes e as prioridades nele contidas.

Art. 3º - O Plano Diretor do Município de Afonso Cláudio, Estado do Espírito Santo é fundamentado nos princípios da:

I - função social da cidade;

II - função social da propriedade;

III - gestão democrática e participativa da cidade;

IV - proteção do patrimônio histórico-cultural e ambiental-ecológico.

O Capítulo V trata das Diretrizes e Estratégias da Política Territorial e a Seção I trata da Política de Uso e Ocupação do Solo, instituindo em seu art. 13º:

Art. 13 - A política de uso e ocupação do solo do município de Afonso Cláudio, Estado do Espírito Santo deverá ordenar o pleno desenvolvimento de suas funções sociais, com sustentabilidade ambiental, garantindo o bem estar e a qualidade de vida de seus cidadãos, mediante:

I - o cumprimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana e rural;

II - o direcionamento do crescimento e desenvolvimento sustentável;

III - a definição de parâmetros e índices técnicos e urbanísticos, tendo por objetivo o equilíbrio do adensamento populacional;

IV - a possibilidade de criação de novas centralidades;

V - a permissão de diversificação de usos, o estabelecimento de critérios de incomodidade decorrente dos múltiplos usos e os parâmetros relativos ao impacto de vizinhança;

VI - a distribuição equitativa dos equipamentos públicos e comunitários;

VII - a garantia de moradia digna à população de baixa renda;

VIII - a garantia da preservação de áreas de interesse ambiental e histórico-cultural;

IX - o adensamento dos vazios urbanos, com aproveitamento total da infraestrutura instalada.

A Seção II trata da Política de Habitação e regulamenta em seu art. 15º:

Art. 15 - A Política de Habitação do município de Afonso Cláudio, Estado do Espírito Santo tem como objetivos:

I - assegurar o direito à moradia como direito social direcionado aos grupos sociais mais vulneráveis e carentes, nos termos do que dispõe o art. 6º da Constituição Federal;

II - a utilização racional do espaço, através do controle do uso do solo urbano, simplificando as

exigências urbanísticas, para garantir à população o acesso à moradia, com infraestrutura sanitária, transporte, segurança jurídica da posse, equipamentos de educação, saúde e lazer, habitabilidade e adequação cultural da moradia;

III - garantir o acesso à Habitação de Interesse Social (HIS) em terra urbanizada, com condições adequadas de infraestrutura e sem fragilidade ambiental;

IV - garantir a sustentabilidade social, econômica e ambiental nos programas habitacionais, por intermédio de políticas sociais e de desenvolvimento sustentável.

A Seção III trata da Política Ambiental e, segundo o art. 17º, é objetivo desta política manter o meio ambiente equilibrado, alcançando níveis crescentes de salubridade, por meio da gestão ambiental, do abastecimento de água potável, da coleta e tratamento de esgoto sanitário, controle de vetores, do manejo dos resíduos sólidos e da drenagem e reuso de águas pluviais, promovendo a sustentabilidade ambiental do uso e da ocupação do solo.

O Título II deste Plano Diretor trata do Ordenamento Territorial e regulamenta em seu Capítulo I as Áreas de Planejamento com o objetivo o melhor ordenamento do território municipal. O art. 31º cria quatro Áreas de Planejamento, de acordo com suas características espaciais, socioeconômicas e culturais, sendo: a Área de Planejamento 1 (AP1); a Área de Planejamento 2 (AP2); a Área de Planejamento 3 (AP3); e a Área de Planejamento 4 (AP4).

O Capítulo II trata do Macrozoneamento dividindo o território municipal em: Macrozona Urbana (M1), sendo a área ocupada ou já comprometida com a ocupação; a Macrozona de Expansão Urbana (M2), sendo a área destinada à ocupação, necessária ao crescimento da cidade; e a Macrozona Rural (M3), sendo a área de restrição à ocupação urbana.

O Capítulo III trata do Uso e Ocupação do Solo, sendo definidas Zonas a partir de regras gerais e da análise dos impactos ambientais, sociais, econômicos e geográficos.

Art. 36 - As Zonas de Uso dentro da Macrozona Urbana terão as seguintes denominações e conceitos:

I - Zona Residencial é a que se destina predominantemente a moradias unifamiliares ou multifamiliares e atividades de apoio a esse uso, compatíveis entre si;

II - Zona Comercial e de Serviços é a que abriga principalmente atividades comerciais e de prestação de serviços, classificadas de acordo com a intensidade dessas atividades, admitida a incidência de uso residencial e de atividades econômicas ligadas ao setor primário e ao secundário;

III - Zona de Uso Misto é a zona onde as atividades residenciais, comerciais, de serviços, industriais e agrícolas, compatíveis entre si, coexistem, sem a predominância de nenhuma dessas atividades;

IV - Zona Industrial é a que é reservada, principalmente, a indústrias e atividades correlatas do setor secundário e incluem as atividades de apoio, viabilidade e complementação desse setor, compatíveis entre si;

V - Zona Rural é a que se destina, especialmente, a atividades agrícolas e de criação animal e as de apoio e complementação, compatíveis entre si.

Art. 37 - As Zonas de Especial Interesse receberão as seguintes denominações:

- 
- I - Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS
  - II - Zonas Especiais de Interesse Ambiental – ZEIA
  - III - Zonas Especiais de Interesse Histórico-Cultural – ZEIHC
  - IV - Zonas Especiais de Interesse Turístico – ZEIT
  - V - Zonas Especiais de Interesse Comercial – ZEIC
  - VI - Zonas Especiais de Interesse Urbanístico – ZEIU

Art. 38 - Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) são porções de território destinadas prioritariamente à regularização fundiária, urbanização e à produção e manutenção de Habitação de Interesse Social (HIS).

Art. 39 - Zonas Especiais de Interesse Ambiental (ZEIA) são áreas públicas ou privadas destinadas à proteção e à recuperação da paisagem e do meio ambiente

O Título III trata dos parâmetros de uso, ocupação e parcelamento do solo, definindo em seu art. 59º os índices e parâmetros urbanísticos reguladores da ocupação do solo, sendo alguns destes: altura máxima das edificações e/ou número máximo de pavimentos (gabarito); taxa de ocupação; taxa de permeabilidade do solo; entre outros. As edificações, nos lotes, respeitarão as taxas de ocupação de 60% da área do lote; a altura e o número de pavimentos das edificações dependerão das Zonas de Uso em que se situem; e para garantia da permeabilidade do solo, 20% da área do lote deverão ficar livre de pavimentação.

Art. 69 - As edificações situadas em terrenos de encostas cuja inclinação seja superior a 20% (vinte por cento) serão limitadas pelas seguintes condições:

I - nenhum elemento das edificações poderá ultrapassar a altura de 8m (oito metros) em relação ao nível natural do terreno;

II - nos lotes em declive em relação ao logradouro é permitido somente um pavimento acima do nível do meio-fio;

III - o piso da edificação em nível inferior deverá distar, no máximo, 5m (cinco metros) do terreno natural, em qualquer ponto, e a estrutura aparente da edificação, justificada pela declividade do terreno, não poderá ser fechada nem apresentar lajes de piso nas vigas de contravento.

O Capítulo III trata do parcelamento do solo e o art. 75º determina que, Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, ou de expansão urbana delimitadas pela lei municipal de perímetro urbano.

Art. 76 - Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços ou sujeitos a inundação, salvo se houver parecer favorável do órgão estadual de conservação do meio ambiente;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com lixo ou material nocivo à saúde pública sem que sejam previamente saneados;

III - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

IV - em glebas onde mais de 1/3 (um terço) da área da gleba tenha declividade superior a 35% (trinta e cinco por cento);

V - em áreas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até sua correção;

VI - em unidades de conservação de proteção integral e em áreas de preservação permanente, definidas em legislação federal, estadual e municipal, salvo se houver parecer favorável do órgão estadual de conservação e proteção ao meio ambiente;

VII - em terrenos que não tenham acesso à via ou a logradouros públicos;

VIII - em sítios arqueológicos definidos em legislação federal, estadual ou municipal;

IX - em terrenos situados fora do alcance das redes públicas de abastecimento de água potável e de energia elétrica, salvo em casos em que estão sendo atendidas as exigências específicas dos órgãos competentes.

O art. 77º define que, é obrigatória a instalação dos seguintes equipamentos urbanos, pelo empresário, no momento da implantação de um parcelamento: sistema de coleta, tratamento e disposição de esgoto sanitário; sistema de escoamento das águas pluviais; sistema de abastecimento de água potável; rede de energia elétrica; vias de circulação pavimentadas. E o art. 78º estabelece, previamente, os critérios que devem ser considerados para aprovação de um parcelamento pela Prefeitura Municipal.

Art. 79 - Na elaboração e aprovação dos projetos de parcelamento serão obedecidas as seguintes proporções entre a área dos lotes e a declividade:

I - entre 0% e 10% de declividade - lotes com área mínima de 200 m<sup>2</sup> e testada mínima de 10 m na Macrozona Urbana e lotes com área mínima de 250 m<sup>2</sup> e testada mínima de 12 m na Macrozona de Expansão Urbana;

II - entre 10% e 20% de declividade - lotes com área mínima de 250 m<sup>2</sup> e testada mínima de 12 m na Macrozona Urbana e lotes com área mínima de 360 m<sup>2</sup> e testada mínima de 15 m na Macrozona de Expansão Urbana;

III – entre 20% e 30% de declividade - lotes com área mínima de 450 m<sup>2</sup> e testada mínima de 15 m na Macrozona Urbana e lotes com área mínima de 500 m<sup>2</sup> e testada mínima de 20 m na Macrozona de Expansão Urbana;

IV - de 30% a 35% de declividade - lotes com dimensão mínima de 750 m<sup>2</sup>, desde que a área construída chegue no máximo a 20% da área do lote na Macrozona Urbana e lotes com área mínima de 1000 m<sup>2</sup> e testada mínima de 25 m na Macrozona de Expansão Urbana.

Art. 80 - Para ocupação para fins sociais, em projetos implantados pelo Poder Público nas Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), serão permitidos lotes com área mínima de 150 m<sup>2</sup>.

Por fim, o Título IV trata dos instrumentos da política urbana, estando regulamentado no art. 88º que, quando for o caso, serão identificados os imóveis ou áreas sujeitos à utilização, edificação e parcelamento compulsórios nos termos do art. 182, § 4º da Constituição Federal e dos arts. 5º e 6º da Lei Federal nº 10.257/01, de 10 de julho de 2001.

Segundo o art. 90º o Poder Executivo poderá aplicar o Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) progressivo no tempo nos casos em que a obrigação de parcelar, edificar ou utilizar não estejam em conformidade com a legislação em vigor. Decorridos cinco anos de cobrança do IPTU progressivo sem que o proprietário tenha cumprido a obrigação de

parcelamento, edificação ou utilização, o Município poderá proceder à desapropriação do imóvel, com pagamento em títulos da dívida pública.

O Capítulo IV trata da transferência do direito de construir, de forma que, o Poder Executivo Municipal poderá autorizar, a partir de Lei Municipal Específica, proprietário do imóvel urbano, privado ou público, a exercer em outro local, ou alienar, mediante escritura pública, o direito básico de construir previsto neste Plano Diretor ou em legislação urbanística dele decorrente, quando se tratar de imóvel: de interesse do patrimônio histórico cultural; lindinho ou defrontante às zonas especiais de interesse ambiental; que exerce função ambiental essencial, tecnicamente comprovada pelo órgão municipal competente; ou que sirva a programas de regularização fundiária, urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda e HIS.

O Capítulo VI regulamenta o consórcio imobiliário, por meio do qual o Poder Executivo Municipal poderá aplicar o instrumento, além das situações previstas no artigo 46 do Estatuto da Cidade, para viabilizar empreendimentos de HIS.

§ 1º - Considera-se Consórcio Imobiliário a forma de viabilização de planos de urbanização ou edificação que facilita ao proprietário transferir seu imóvel ao Poder Público municipal, recebendo deste, como pagamento, após a realização das obras, unidades imobiliárias devidamente urbanizadas ou edificadas.

Por fim, o Capítulo VII trata do instrumento urbanístico denominado como Direito de Preferência, que confere ao Poder Público Municipal preferência para aquisição de imóvel urbano objeto de alienação onerosa entre particulares. Esse instrumento poderá ser utilizado caso o município necessite de área para: regularização fundiária; ordenamento e direcionamento da expansão urbana; implantação de equipamentos urbanos e comunitários; criação de espaços públicos de lazer e áreas verdes; criação de unidades de conservação ou proteção de outras áreas de interesse ambiental; proteção de áreas de interesse histórico, cultural ou paisagístico.

#### 6.4.3.3.2 Código de Obras e de Edificações Municipal – Lei Municipal nº 1488/1998

A Lei Municipal nº 1.488 de maio de 1998 institui o Código de Obras e Edificações do Município de Afonso Cláudio e determina em seu art. 1º que, as construções ou reformas, de iniciativa pública ou privada somente poderão ser executadas após exame, a aprovação do projeto, que concessão de licença de construção pela Prefeitura Municipal, de acordo com as exigências contidas neste código e de mediante a responsabilidade de profissional legalmente habilitado a de cadastrado na Prefeitura Municipal de Afonso Cláudio.

O Capítulo II trata das condições relativas à apresentação do projeto e o Capítulo III trata da aprovação do Projeto. O Capítulo V trata da conclusão e entrega das obras informando que, uma obra será considerada concluída quando tiver condições de habitabilidade, estando em funcionamento as instalações hidro-sanitárias e elétricas.

Art. 19 Concluída a obra, o proprietário deverá solicitar à Prefeitura Municipal a vistoria da edificação.

Art. 20 Procedida a vistoria e constatada que a obra foi realizada em consonância com o projeto aprovado obriga-se a Prefeitura a expedir o "Habite-se" no prazo de 15 (quinze) dias, a partir da data de entrega do requerimento.

O Capítulo X trata das construções irregulares e determina que, qualquer obra, em qualquer fase sem a respectiva licença estará sujeita a multa, embargo, interdição de demolição.

Art. 73 A fiscalização, no âmbito de sua competência expedir a notificações e autos de infração para cumprimento das disposições deste código,

endereçados ao proprietário da obra ou responsável técnico.

(...)

Art. 76 A obra em andamento, seja ela reparo, reconstrução, reforma ou construção será embargada, sem prejuízo das multas e outras penalidades quando:

I - estiver sendo executada sem a licença ou o alvará da prefeitura municipal, nos casos em que o mesmo for necessário conforme previsto na presente lei;

II - for desrespeitado o respectivo projeto;

III - o proprietário ou responsável pela obra recusar-se-á atender o com quer notificação da Prefeitura Municipal referente as disposições deste código;

IV - não forem observados o alinhamento e nivelamento;

V - estiver em risco sua estabilidade.

#### 6.4.3.3.3 Código de Meio Ambiente – Lei Municipal nº 1511/1999

A Lei Municipal nº 1.511 de janeiro de 1999 institui o Código Municipal de Meio Ambiente no Município de Afonso Cláudio e dá outras providencias.

Art. 1º Esta Lei, fundamentada no interesse local, regula a ação do Poder Público Municipal e sua relação com os cidadãos e instituições públicas e privadas, na preservação, conservação, defesa,

melhoria, recuperação e controle do meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem como de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida.

Art. 2º A Política Municipal de Meio Ambiente é orientada pelos seguintes princípios:

I - aprovação do desenvolvimento integral do ser humano;

II - a racionalização do uso dos recursos ambientais, naturais;

III - a proteção de áreas ameaçadas de degradação;

IV - o direito de todos ao meio ambiente e ecologicamente equilibrado e a obrigação de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e futuras gerações;

V - a função social e ambiental da propriedade;

VI - a obrigação de recuperar áreas degradadas e indenizar pelos danos causados ao meio ambiente;

VII - garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente.

O Título III desta legislação trata dos instrumentos da Política Municipal de Meio Ambiente, instituindo em seu Capítulo II o Zoneamento Ambiental. Segundo o art. 25º, o zoneamento ambiental consiste na definição de áreas do território do município, de modo a regular atividades bem como definir ações para a proteção e melhoria da qualidade do ambiente, considerando as características ou atributos das áreas.

Art. 26 As zonas ambientais do município de Afonso Cláudio são:

I - Zonas de Unidades de Conservação - ZUC: áreas sob regulamento das diversas categorias de manejo;

II - Zonas de Proteção Ambiental - ZPA: áreas protegidas por instrumentos legais diversos devido à existência de remanescentes de mata atlântica e ambientes associados e de suscetibilidade do meio a riscos relevantes;

III - Zonas de Proteção paisagístico - ZPP: áreas de proteção de paisagem com características excepcionais de qualidade e fragilidade visual;

IV - Zonas de Recuperação Ambiental - ZRA: áreas em estágio significativo de degradação, onde é exercida proteção temporária e desenvolvidas ações visando a recuperação induzida ou natural do meio ambiente, com o objetivo de integrá-la às zonas de proteção;

V - Zonas de Controle Especial - ZCE: demais áreas do município submetidas a normas próprias de controle de monitoramento ambiental, em função das suas características peculiares.

Segundo esta Lei o Zoneamento Ambiental será definido por Lei e incorporado ao Plano Diretor Urbano.

O Capítulo VI trata do Licenciamento Ambiental e determina, em seu art. 50º, que a execução de planos, programas, obras, a localização, a instalação, alteração de ampliação de atividade e uso e exploração de recursos ambientais de qualquer espécie, de iniciativa privada ou do Poder Público Federal, Estadual ou Municipal, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou capazes, de qualquer forma, de causar degradação ambiental, deverão de prévia licenciamento municipal, com anuência do Diretoria Municipal de Meio Ambiente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

Destaca-se o art. 105º, que trata da proteção do solo no município, instituindo que deve-se: garantir o uso racional do solo urbano, através dos instrumentos de gestão competentes, observadas as diretrizes ambientais contidas no Plano Diretor Urbano; priorizar o controle da erosão, a contenção de encostas e o reflorestamento das áreas degradadas; entre outros.

Por fim, o art. 126º regulamenta que a fiscalização do cumprimento das disposições desta lei e das normas dela decorrentes será realizada pelos agentes de proteção ambiental, pelos demais servidores públicos para tal fim designados e pelas entidades não governamentais nos limites da lei.

#### **6.4.4 Posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais**

Esse capítulo analisa as posturas legais mais impactantes e os gargalos identificados na estrutura administrativa e na legislação instituída no Município de Afonso Cláudio. Portanto estão destacados os pontos mais importantes e que tem maior impacto para esses Planos e quais as legislações devem ser revisadas, a fim de atender as expectativas relativas a uma política de habitação, risco geológico e drenagem pluvial.

Em relação à Lei Municipal nº 1.437 de março de 1997, dispõe sobre a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal de Afonso Cláudio destacam-se as competências da Secretaria Municipal de Ação Social; da Secretaria Municipal de Meio Ambiente; e da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos.

Em relação à Secretaria Municipal de Ação Social, torna-se importante sua atuação por gerenciar, coordenar e instituir programas de assistência social para familiar em vulnerabilidade social, o que passa pela garantia de acesso à moradia digna e acesso a cidade. Destaca-se uma falha nas competências desta Secretaria que, apesar de atuar no suprimento das necessidades relacionadas à melhoria de habitabilidade, intervindo na adequação,

urbanização, regularização fundiária e assistência social, essa ação não está bem delimitada e não é tratada como prioridade nos objetivos a serem alcançados com o trabalho de assistência social. Também não foram identificados entre as competências desta secretaria a coordenação e orientação da população na organização social com vistas ao enfrentamento das vulnerabilidades sociais.

A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos tem sua importância na gestão do risco geológico por estar responsável pela coordenação e controle das obras públicas, pela política de limpeza urbana e pela fiscalização da aplicação dos Código de Posturas e Plano Diretor Municipal. Torna-se importante uma ação conjunta da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos e da Secretaria Municipal de Ação Social nos programas habitacionais, devendo ser competência da Secretaria Municipal de Ação Social a coordenação e a realização das ações de participação, mobilização e organização comunitária para programas habitacionais para população de baixa renda, ficando a cargo da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos a coordenação e execução de obras como construção de novas unidades habitacionais, melhorias habitacionais, obras de pavimentação, drenagem e as demais benfeitorias.

A Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos tornar-se importante por ser responsável pela gestão dos resíduos sólidos, desde a limpeza pública, até a coleta e disposição final do lixo gerado pela comunidade, portanto ela é responsável por manter a cidade sempre limpa e sem pontos de acúmulo de lixo e entulho, um dos fatores que dificultam o escoamento de águas pluviais, provocando muitas vezes alagamento e inundação. Essa secretaria também é responsável pela educação pública quanto a destinação e tratamento do lixo.

Em relação às competências da Secretaria Municipal de Meio Ambiente destacam-se as obrigações em acompanhar, avaliar e fiscalizar os empreendimentos potencialmente poluidores a serem instalados no município e que podem gerar impactos ambientais negativos. É importante estabelecer como prática municipal o licenciamento ambiental, que consta como atribuição

desta Secretaria no Código Municipal de Meio Ambiente do município mas, segundo os técnicos municipais, não é realizado.

Entre as diversas competências das Secretarias Municipais, não se identifica nenhuma responsável pela política de Planejamento e Controle do Uso e Ocupação do Solo Urbano. Portanto, deve-se criar um novo setor, dentro da administração pública, que será responsável por essas questões, extremamente importante para garantir o crescimento adequado e equilibrado da cidade.

Em relação às competências da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, faz-se necessário fortalecer as ações desta, principalmente de conscientização e trabalho com a comunidade, de forma que ela esteja preparada para atuar em conjunto com o Poder Executivo Municipal na prevenção da formação de novas áreas de risco e no atendimento em caso de emergência.

A Lei Municipal nº 036 de dezembro de 2008, que institui o Plano Diretor de Afonso Cláudio encontra-se em desacordo com a realidade do município e está passando por uma revisão. Entretanto, esta legislação não deixa de ser um importante instrumento de controle urbanístico, devendo ser seguida até a aprovação de sua revisão. Destaca-se a importância do Plano Diretor ao instituir o Macrozoneamento e Zonas Urbanas, regulamentar o parcelamento, uso e ocupação do solo urbano, além de regulamentar os instrumentos da política urbana.

A apropriação dessa legislação, de forma veemente e vigorosa pelo poder público municipal, colocando em prática as medidas e diretrizes por essas instituídas e fazendo-se respeitar os critérios para apropriação do espaço urbano, contribuirão de forma positiva para organizar a expansão do território, mitigar os problemas existentes, e melhorar a qualidade e expectativas dos espaços públicos.

A partir de informações dos técnicos municipais, percebe-se que é prática atuar sobre aprovação de projetos de edificações e parcelamentos, entretanto ainda possuem deficiência na fiscalização da execução desses, visto que o corpo técnico municipal é reduzido não conseguindo atuar de forma eficaz. Destaca-

se que a prefeitura municipal possui um único Engenheiro Civil em seu corpo técnico.

A partir de análise feita a partir de reunião dos técnicos da prefeitura municipal sobre programas e projetos em andamento, conclui-se que são poucas as iniciativas do Poder Público Municipal no sentido de minimizar os problemas de infraestrutura, principalmente relacionados à drenagem urbana, estabilização de encostas e demais problemas relacionados à infraestrutura urbana. Já, em relação à programas habitacionais, pode-se dizer que o município tem trabalhado no sentido de diminuir o déficit habitacional, apesar de não existir um estudo que contabiliza este déficit.

A aprovação desses dois planos – Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais e Plano de Risco Geológico –, além do Plano Diretor já existente, devem ser utilizados para embasar poder público municipal na criação de metas de ação no município e captação de recurso na esfera federal e estadual, para urbanização de assentamentos precários, melhoria na infraestrutura urbana, regularização fundiária, entre outros, que venham a colaborar com os problemas identificados nesse diagnóstico.

## 6.5 INUNDAÇÃO NA BACIA DOS RIOS GUANDU E DO PEIXE E DO RIBEIRÃO ARREPENDIDO

### 6.5.1 Contextualização

O núcleo urbano de Afonso Cláudio se desenvolveu no fundo dos vales formados pelo Rio Guandu, pelo Rio do Peixe e pelo Ribeirão Arrepentido. O Rio do Peixe corta os seguintes bairros de Afonso Cláudio: João Valim e Leni Alves de Lima. Já o Rio Guandu, por sua vez, corta os bairros Itapuã, Campo Vinte, São Vicente, Chácara Providência, Centro, São Tarcísio, Custódio

Ribeiro Leite, João Soares, Boa Fé e Constantino Delpupo. Por fim, o Ribeirão Arrependido corta o bairro Gramá (**Figura 6-2**).

A bacia do Rio Guandu possui área de drenagem, até sua foz, de 1.677 Km<sup>2</sup>. A área urbana de Afonso Cláudio, por sua vez, drena uma área de 474 Km<sup>2</sup>, considerando o conjunto dos Rios Guandu, do Peixe do Ribeirão Arrependido, correspondendo a 28,26% da área total da bacia hidrográfica.

O Rio Guandu nasce na comunidade conhecida como Alto Guandu e possui uma área de drenagem a montante de Afonso Cláudio de 181 Km<sup>2</sup>. Observa-se que, na bacia do Rio Guandu, existe um intenso uso do solo, principalmente para o plantio de café, seguido de pastagem e eucalipto. A cobertura florestal está bem conservada nas cabeceiras da bacia; porém, de modo geral, esta representa apenas 28% de sua área total.

O Rio do Peixe possui área de drenagem de 258 Km<sup>2</sup>, com nascente localizado na comunidade Alto Rio do Peixe. O uso do solo se dá de forma intensa, com uma má conservação de fragmentos florestais, correspondendo a 22% da bacia hidrográfica, concentrando-se, principalmente, nos topos dos morros. O principal uso do solo da bacia hidrográfica é pastagem, seguido de café e eucalipto.

O Ribeirão Arrependido possui área de drenagem de 35 Km<sup>2</sup>, com nascente localizado na comunidade Alto Três Pontões. O uso do solo se dá de forma intensa, com conservação moderada de fragmentos florestais, correspondendo a 34% da bacia hidrográfica. O principal uso do solo da bacia hidrográfica é pastagem, seguido do café.

Os Rios Guandu e do Peixe e o Ribeirão Arrependido, a montante da sede municipal de Afonso Cláudio, apresentam trechos de declividade elevada, conjugado com trechos de baixas declividades, onde é comum desenvolver planícies aluviais. Alguns destes trechos de baixa declividade ocorrem dentro da sede municipal de Afonso Cláudio, nos bairros João Valim (Rio do Peixe), Centro e Boa Fé (Rio Guandu) e Gramá (Ribeirão Arrependido).

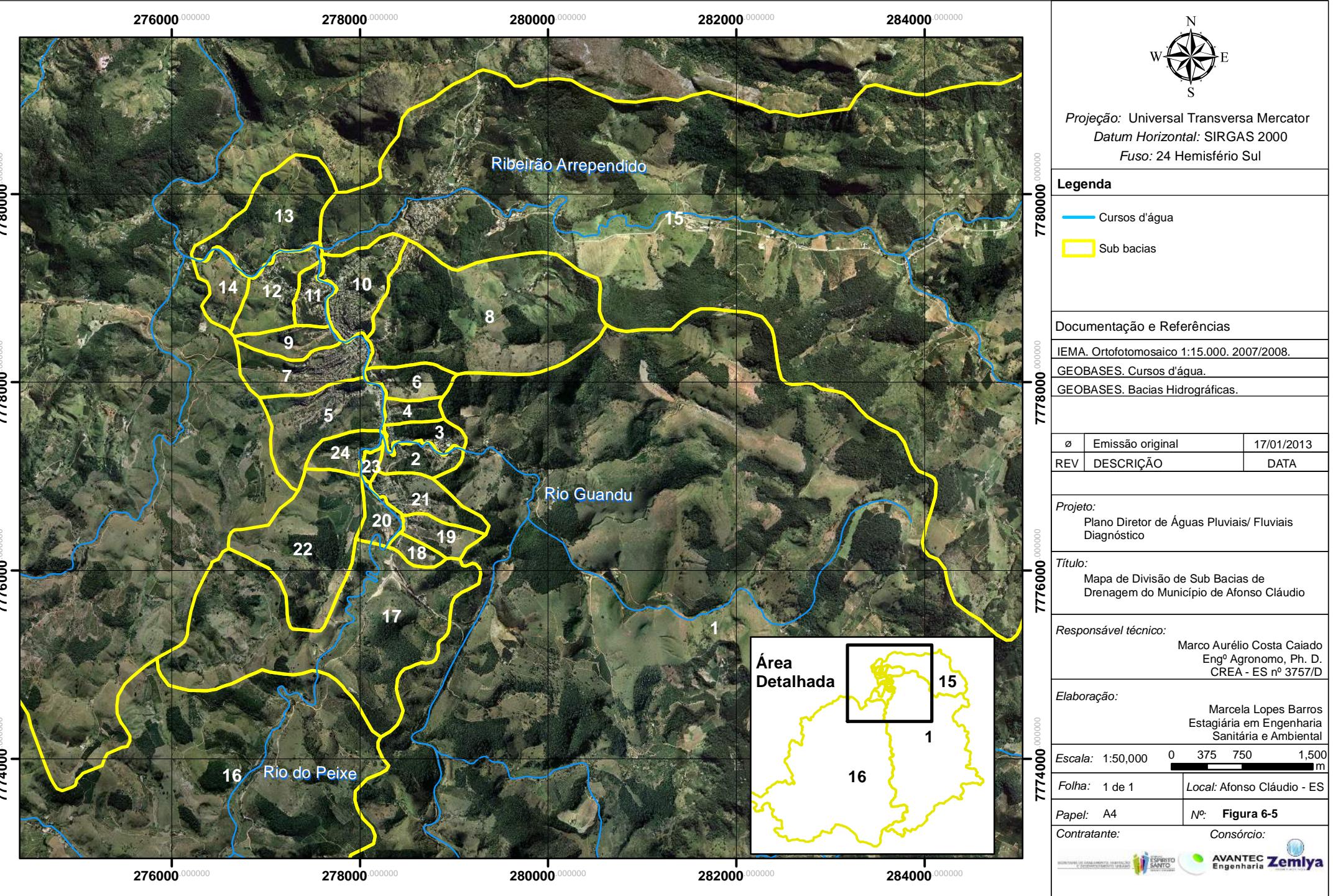
No presente estudo, as bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido foram divididas em 13 bacias urbanas, denominadas bacias 2, 3,

4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 19, 21, 23 e 24, e 11 bacias rurais e periurbanas, denominadas bacias 1, 6, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20 e 22 (**Figura 6-5**). As vazões provenientes de cada uma das sub bacias do Rio Guandu, Rio do Peixe e do Ribeirão Arrependido foram apropriadas utilizando o modelo HEC-HMS.

As cheias do Rio Guandu, Rio do Peixe e do Ribeirão Arrependido vêm se tornando frequentes, se agravando devido ao avanço da urbanização de suas bacias, incluindo a construção de residências muito próximas à calha do rio ou em seu leito maior.

Dentre as cheias, destacam-se as ocorridas em dezembro de 2010, quando enxurradas atingiram o município, causando estragos nos bairros ribeirinhos. A **Figura 6-6**, a **Figura 6-7**, a **Figura 6-8** e a **Figura 6-9** apresentam o registro fotográfico da inundação ocorrida em dezembro de 2010.

Nas chuvas que ocorreram no estado do Espírito Santo no mês de dezembro de 2013 também foi possível observar os efeitos da inundação dos Rios Guandu e do Peixe na sede municipal de Afonso Cláudio. A **Figura 6-10** apresenta a ocorrência de inundação da Av. Roberto Holunder. A **Figura 6-11**, por sua vez, apresenta o nível d'água na estação fluviométrica da ANA – Agência Nacional das Águas. Por fim, a **Figura 6-12** apresenta detalhe do escoamento do Rio Guandu durante o evento no bairro Centro.





**Figura 6-6:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.



**Figura 6-7:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro centro.



**Figura 6-8:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES no bairro Centro.



**Figura 6-9:** Inundação ocorrida em dezembro de 2010 em Afonso Cláudio-ES.



**Figura 6-10:** Inundação da Av. Roberto Holunder, na enchente de dezembro de 2013. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio)



**Figura 6-11:** Nível d'água na estação fluviométrica na enchente de dezembro de 2013, com 4 metros e 90 cm de altura. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio)



**Figura 6-12:** Escoamento do Rio Guandu no trecho em que o mesmo corta o bairro Centro. (Fonte: Defesa Civil de Afonso Cláudio)

Segundo informações da Defesa Civil Municipal, ocorreram poucos trechos de inundação, sendo que na maioria dos trechos, observou-se o escoamento apenas na eminência de inundar as ruas da sede municipal de Afonso Cláudio.

Os principais problemas de macrodrenagem de Afonso Cláudio são relacionados às baixas declividades de alguns trechos dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido, provocando problemas, principalmente, nos bairros João Valim (Rio do Peixe), Itapuã, Centro, Boa Fé (Rio Guandu) e Gramá (Ribeirão Arrependido).

A **Figura 6-13** apresenta o registro fotográfico de uma marca d'água em uma residência ribeirinha ao Rio Guandu localizada no bairro Itapuã, próximo à ponte da Rodovia Sebastião Alves de Lima sobre o Rio Guandu. Verifica-se que o nível d'água chega à cota da janela que é próximo à cota superior da OAE da Rodovia Sebastião Alves.



**Figura 6-13:** Marca d'água em residência ribeirinha ao Rio Guandu localizada no bairro Itapuã.

A **Figura 6-14** apresenta a seção hidráulica da OAE da Rua Otílio Ronceti, sobre o Rio Guandu. Verifica-se que a seção hidráulica da OAE supracitada é reduzida pela passagem de um coletor de esgoto de Afonso Cláudio, o que pode causar o acúmulo de materiais arrastados pelo escoamento durante as cheias, além de colocar em risco o próprio sistema de esgotamento, já que o trecho pode atingir altas velocidades de escoamento, provocando a ruptura do coletor.



**Figura 6-14:** Seção hidráulica da OAE da Rua Otílio Ronceti sobre o Rio Guandu.

A **Figura 6-15** apresenta a seção hidráulica da OAE da Rua Marechal Deodoro sobre o Rio Guandu, com seção reduzida quando comparado aos trechos a montante da mesma.



**Figura 6-15:** Seção hidráulica da OAE da Rua Marechal Deodoro sobre o Rio Guandu.

A **Figura 6-16** apresenta o registro fotográfico de uma barragem do Rio Guandu, localizada imediatamente a jusante do Bairro Centro. Esta barragem foi construída na década de 80 com o objetivo de elevar o nível d'água no Centro de Afonso Cláudio durante o período seco, para melhorar as condições de recebimento do esgoto sanitário que era lançado *in natura*, em épocas de

baixas vazões. Atualmente, a barragem está com um defeito na comporta e já não é operada há alguns anos.



**Figura 6-16:** Barragem no Rio Guandu localizada imediatamente a jusante do Bairro Centro.

Outro trecho crítico do Rio Guandu ocorre no bairro Boa Fé, onde a declividade de escoamento é muito pequena, causando problemas de inundação frequentes. A **Figura 6-22** apresenta o registro fotográfico das marcas d'água em residências do bairro Boa Fé, na Rua Maria Pádua Soares.



**Figura 6-17:** Marca d'água em residência do bairro Boa Fé.

### 6.5.2 Apropriação dos valores de vazões máximas

As vazões dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido foram apropriadas por meio do método chuva x vazão, o qual calcula a vazão no exutório de uma bacia com área, tipo de solo e uso de solo conhecidos, a partir de dados de chuva. Para o cálculo de vazão, foi utilizado o programa HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System*), como ferramenta de simulação, sendo o mesmo ajustado para calcular a chuva excedente pelo método do número da curva e a formação do hidrograma de cheia e cálculo do valor da vazão de pico pelo método do hidrograma unitário SCS, os quais estão discutidos em seguida. HEC-HMS tem sido utilizado largamente em muitos países do mundo, principalmente nos EUA e seu uso tem se popularizado no Brasil dada a boa consistência de resposta e estabilidade para simulação de pequenas e grandes bacias hidrográficas. Seu uso para o cálculo da vazão de projeto das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido foi considerado apropriado dado a possibilidade de se transformar as características da bacia em variáveis de entrada do modelo.

A partir da equação de chuvas intensas desenvolvida para Afonso Cláudio, foram calculadas as intensidades de chuva com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos e duração igual a duas vezes o tempo de concentração da bacia. Para o cálculo do Tempo de Concentração, foram utilizados três métodos (*Kirpitch*, *Ven te Chow* e *NRCS TR 55*) e o valor utilizado foi a média aritmética das três valores obtidos.

É relevante observar que foram calculados os tempos de concentração para cada uma das sub bacias. A **Tabela 6-5** apresenta o resultado dos cálculos do tempo de concentração das sub bacias nas quais as bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido foram divididas.

**Tabela 6-5:** Tempo de concentração para as sub bacias na qual as bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido foram divididas.

Sub bacia	Método (min)			Tc médio
	Ven Te Chow	Kirpich	SCS	
<b>1</b>	362,92	314,19	365	347,37
<b>2</b>	7,35	2,88	-	5,12
<b>3</b>	7,47	2,94	-	5,21
<b>4</b>	10,32	4,34	-	7,33
<b>5</b>	25,81	13,06	-	19,43
<b>6</b>	11,07	4,72	-	7,90
<b>7</b>	30,78	16,15	-	23,46
<b>8</b>	38,50	21,13	33	30,88
<b>9</b>	16,36	7,55	-	11,95
<b>10</b>	20,47	9,88	-	15,18
<b>11</b>	13,70	6,10	-	9,90
<b>12</b>	19,04	9,06	-	14,05
<b>13</b>	20,99	10,18	-	15,58
<b>14</b>	15,68	7,17	-	11,42
<b>15</b>	146,12	105,16	121	124,09
<b>16</b>	317,02	267,01	597	393,68
<b>17</b>	36,14	19,59	28	27,91
<b>18</b>	10,38	4,37	-	7,37
<b>19</b>	15,76	7,22	-	11,49
<b>20</b>	9,20	3,77	-	6,49
<b>21</b>	21,38	10,41	-	15,90
<b>22</b>	39,54	21,82	26	29,12
<b>23</b>	6,43	2,45	-	4,44
<b>24</b>	11,90	5,15	-	8,53
<b>RIO GUANDU</b>	<b>503,01</b>	<b>465,32</b>	<b>677</b>	<b>548,45</b>

Conforme comentado, o método do número da curva foi escolhido para o cálculo da chuva excedente (parte da chuva que se transforma em escoamento superficial) no modelo HEC-HMS. Este método foi desenvolvido pelo *Soil*

*Conservation Service*, ligado ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a partir de dados de chuva e escoamento superficial de um grande número de bacias hidrográficas, aliados a dados de infiltrômetros que datam da década de 1930 e que resultaram na classificação dos solos americanos por Musgrave (1955), em tipos hidrológicos A, B, C e D, com os solos arenosos classificados como A e argilosos como D. Mockus (1949) sugeriu que o escoamento superficial poderia ser estimado a partir dos fatores área, tipo de solo, localização, uso do solo, chuva antecedente, duração e intensidade da chuva, temperatura média anual e data da chuva.

Após a promulgação do *Watershed Protection and Flood Prevention Act*, de 1954, as relações chuva-vazão desenvolvidas anteriormente foram generalizadas e podem ser expressas da seguinte maneira: quando o escoamento natural acumulado é plotado com a chuva acumulada, o escoamento se inicia depois de alguma chuva ter acumulado e a curva resultante da relação chuva x vazão se torna assintótica à linha 1:1. Desta forma, a seguinte relação foi desenvolvida:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

$Q$  = escoamento superficial.

$P$  = Precipitação acumulada.

$S$  = Retenção máxima potencial no início da chuva.

Com isto,  $S$  ficou sendo o único parâmetro relacionado às características da bacia hidrográfica. Este se relaciona com o número da curva através da seguinte relação:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Equação 11}$$

Sendo que  $CN$  é um valor tabelado e relacionado ao uso do solo e ao tipo hidrológico do solo.

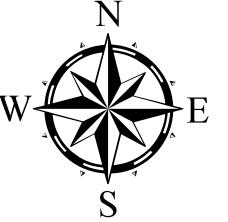
A partir do cruzamento do Mapa de Uso do Solo e do Mapa Pedológico das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido, foram apropriados os valores de CN médio para cada uma das sub bacias. O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado em três etapas:

- a) Classificação do uso e ocupação do solo por meio de sistema de informação geográfica utilizando-se imagens do Ortofotomosaico do Espírito Santo (IEMA, 2007/2008);
- b) Amostragem e confirmação de usos e ocupação do solo na bacia mapeada durante visitas de campo; e
- c) Refinamento e elaboração do mapa final.

O mapa de Uso e Ocupação do Solo das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido estão apresentados na **Figura 6-18** e na **Figura 6-19**.

Para a elaboração do mapa pedológico da área, primeiramente foi feita revisão de um conjunto de trabalhos correlatos já publicados e dos mapas de solos existentes. A região foi contemplada em dois estudos pedológicos oficiais, os quais resultaram nas cartas de solos em escala 1:400.000 (EMBRAPA-SNLCS, 1978) e 1:1.000.000 (RADAMBRASIL, 1983). Este último foi tomado como base cartográfica para este estudo por ser um trabalho mais recente e por ter sido elaborado em escala de 1: 250.000 (depois impresso em 1:1.000.000), mais preciso, portanto, que o de escala 1:400.000. Além disso, suas informações se ajustam melhor às obtidas durante as visitas de campo.

Informações cartográficas e da literatura consultada foram complementadas por campanhas de campo realizadas para este trabalho. Durante as campanhas de campo, os solos da área foram estudados em termos de sua distribuição em função das condições do relevo e geologia e através de observações de perfis em taludes de estradas. As informações foram consolidadas em escritório e complementadas com imagens do Ortofotomosaico do Espírito Santo (IEMA, 2007/2008) em ambiente computacional, possibilitando a elaboração do Mapa Pedológico das bacias dos Rios Guando e do Peixe e do Ribeirão Arrependido o qual está apresentado na **Figura 6-20**.



Projeção: Universal Transversa Mercator.  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.  
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

#### Legenda

##### Limite de Bacia

- Bacia do Ribeirão Arrepido (Red)
- Bacia do Rio Guandu (Yellow)
- Bacia do Rio do Peixe (Blue)

##### Pedologia

- Afloramento rochoso e Neossolo Litólico (Dark Gray)
- Cambissolo (Light Brown)
- Latossolo Vermelho-Amarelo (Orange)
- Neossolo Litólico (Medium Gray)
- Podzólico Vermelho-Escuro (Red)

#### Documentação e Referências

- IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.
- EMBRAPA. Mapeamento de Solos. 1978.
- RADAMBRASIL. Pedologia. Folha SF 23/24. 1983.
- GEOBASES. Bacias Hidrográficas.

Ø	Emissão original	16/01/2013
REV	Descrição	Data

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título:  
Mapa Pedológico das bacias dos Rios Guandu  
e do Peixe e do Ribeirão Arrepido.

Responsável técnico:

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

Elaboração:

Marcela Lopes Barros  
Estagiária em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

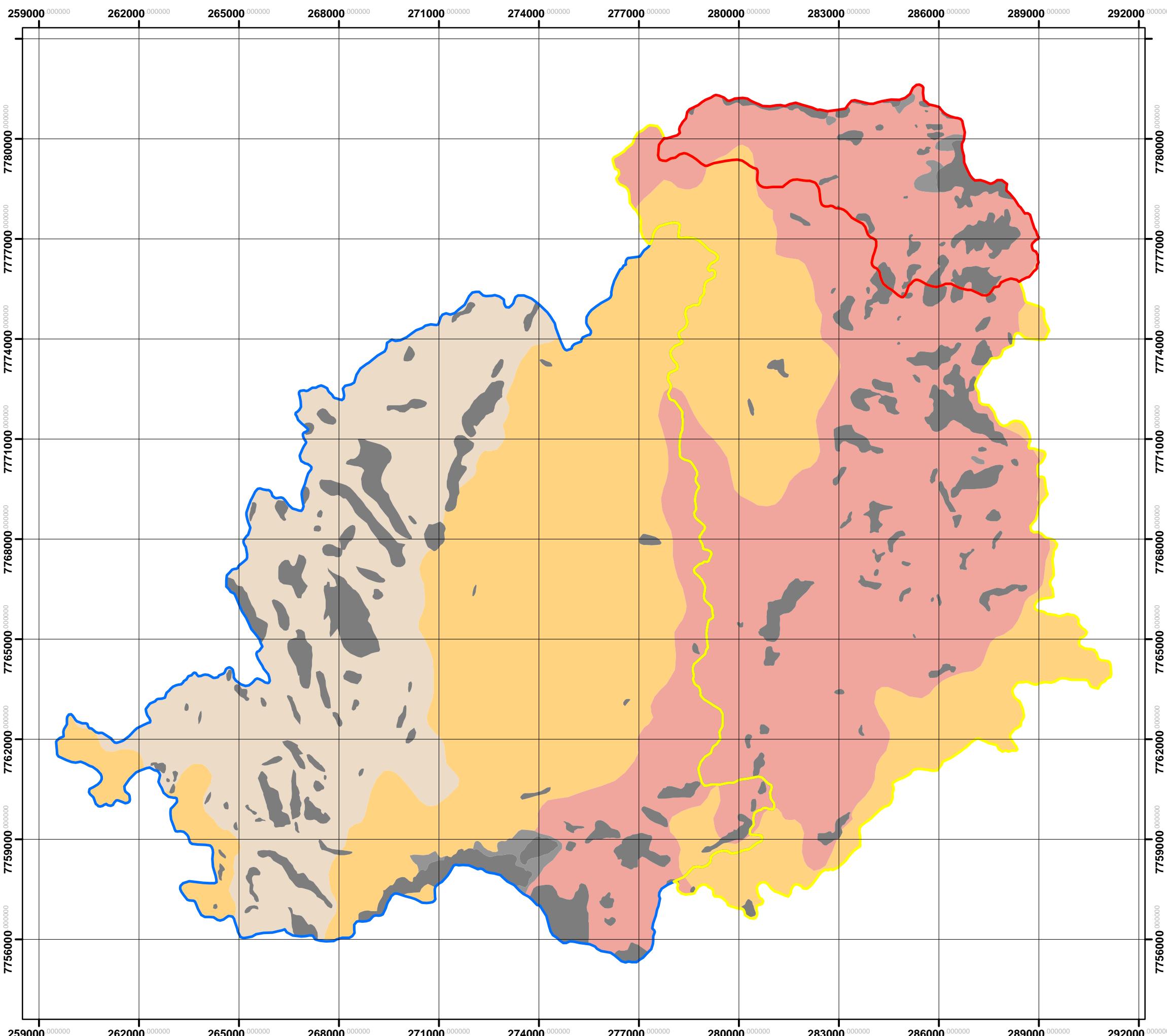
Escala: 1:115.000 0 1.25 2.5 5 Km

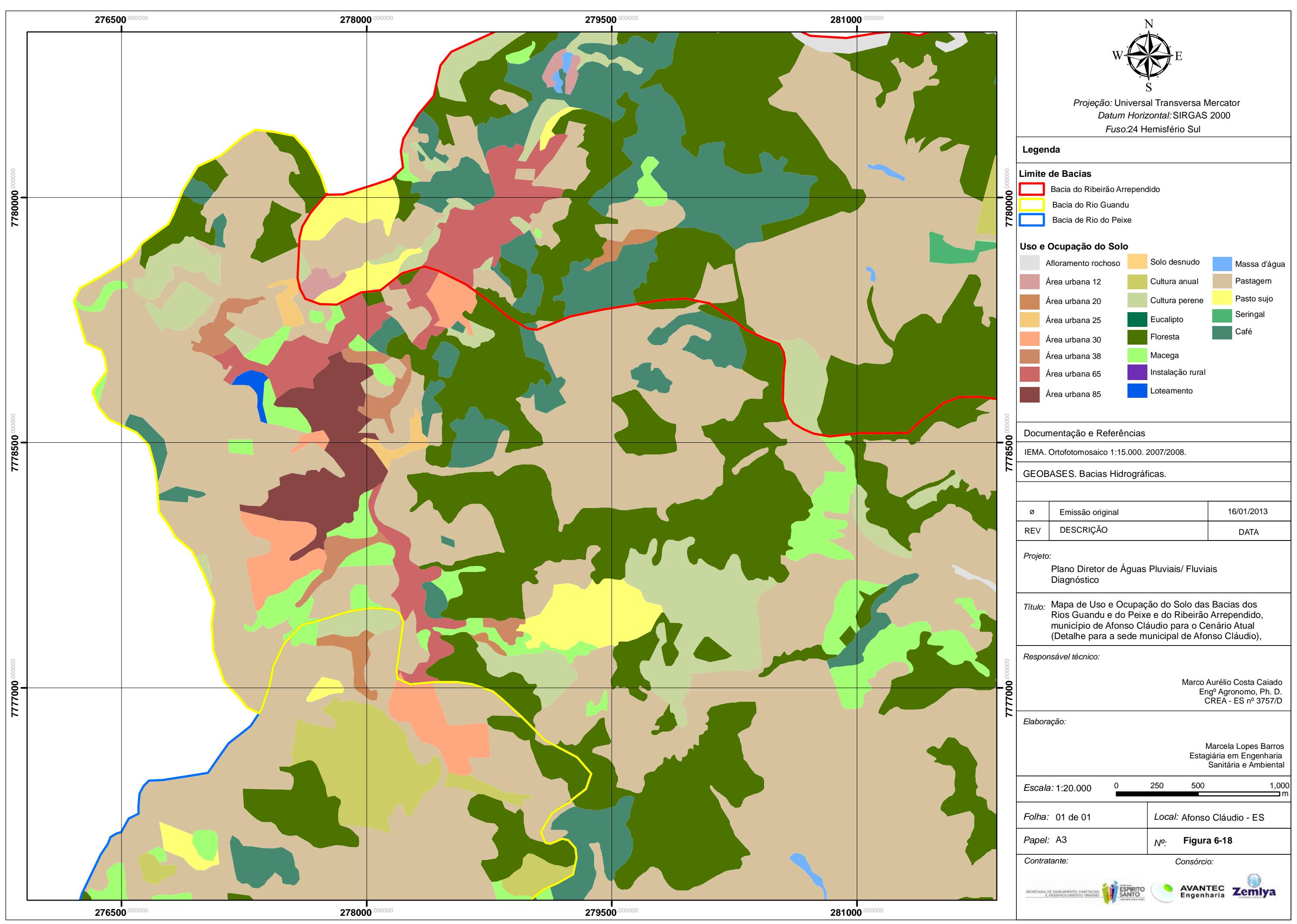
Folha: 01 de 01 Local: Afonso Cláudio - ES

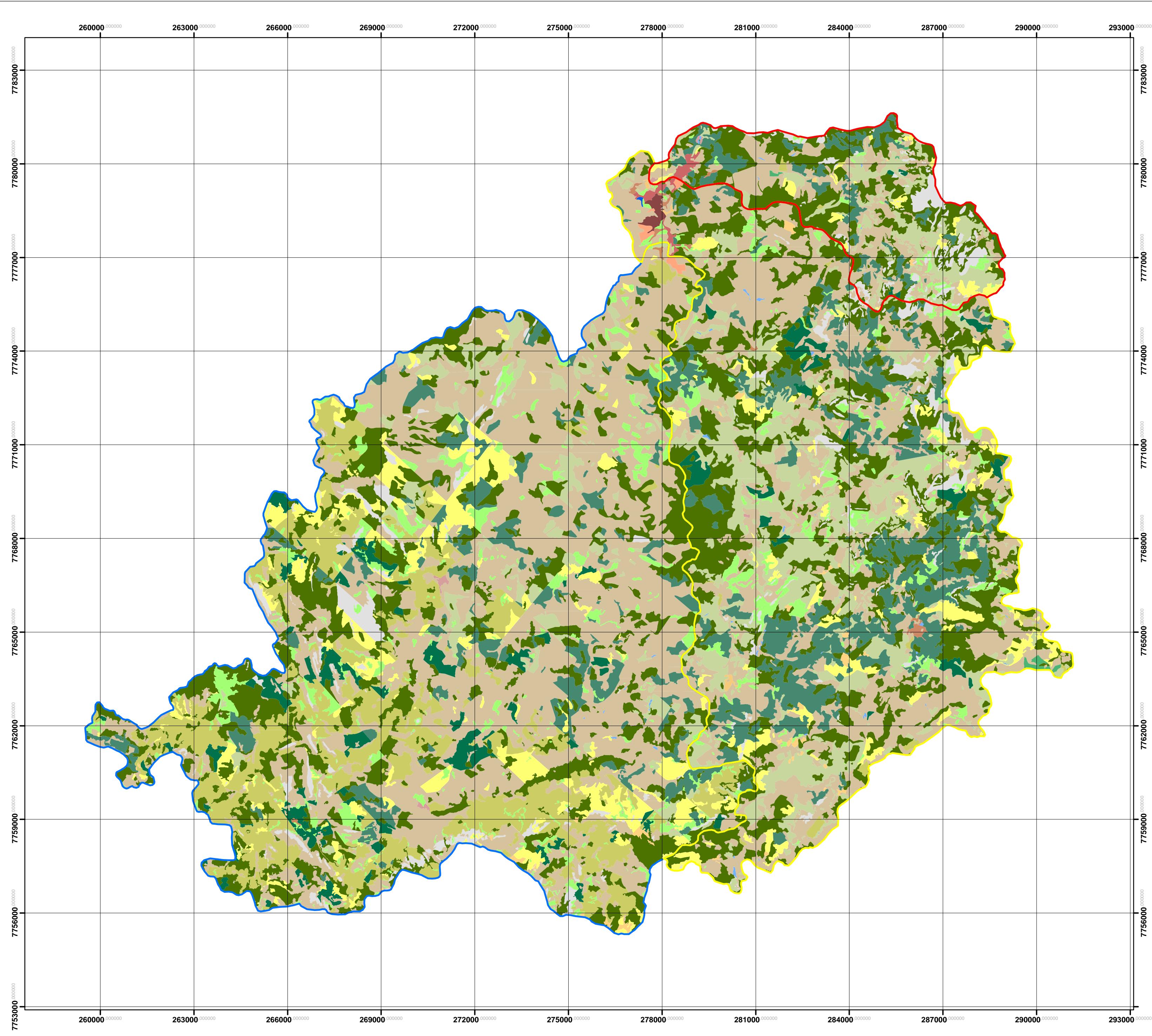
Papel: A3 Nº: Figura 6-20

Contratante: Consórcio:

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO  
E DESENVOLVIMENTO URBANO  
**ESPIRITO SANTO**  
Crescer e Com a gente







A **Tabela 6-6**, por sua vez, apresenta os valores de CN médio para as sub bacias nas quais as bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido foram divididas.

**Tabela 6-6:** Valores de CN médio para as sub bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido.

Sub bacia	CN médio	Área (Km <sup>2</sup> )
1	58,75	173,79
2	46,71	0,25
3	47,50	0,21
4	45,39	0,15
5	51,62	0,81
6	44,99	0,28
7	69,73	0,58
8	48,82	2,68
9	61,68	0,26
10	76,12	0,60
11	73,97	0,21
12	70,13	0,48
13	64,52	0,97
14	68,43	0,31
15	67,12	35,05
16	54,63	252,03
17	47,78	3,42
18	46,85	0,12
19	51,89	0,23
20	66,01	0,20
21	49,42	0,39
22	50,09	1,37
23	50,44	0,05
24	48,15	0,25

Para a caracterização do total de chuva que foi transformado em vazão, foi escolhido o método do hidrograma unitário. Conceitualmente, o Hidrograma Unitário (HU) é o hidrograma do escoamento direto, causado por uma chuva efetiva unitária (por exemplo, uma chuva de 1 mm, 1 cm, 1 polegada ou outra medida). A teoria considera que a precipitação efetiva e unitária tem intensidade constante ao longo de sua duração e distribui-se uniformemente sobre toda a área de drenagem (COLLISCHONN; TASSI, 2008).

Segundo Paço (2008), o modelo do Hidrograma Unitário (HU), desenvolvido por Sherman em 1932, impôs um importante avanço no nível da análise de cheias. Conforme Naghettini (1999), além das considerações citadas acima (chuva de intensidade constante e uniformemente distribuída sobre a bacia), o método baseia-se na hipótese de que, uma vez que as características físicas da bacia não se alterem, precipitações semelhantes produzirão hidrogramas semelhantes.

Chow, Maidment e Mays (1988), *apud* Paço (2008) afirmam que o modelo foi inicialmente desenvolvido para a aplicação em bacias hidrográficas de grandes dimensões, variando entre 1300 e 8000 km<sup>2</sup>, tendo-se, posteriormente, demonstrada a sua aplicabilidade em bacias de área mais reduzidas, entre 0,005 Km<sup>2</sup> e 25 km<sup>2</sup>.

Existem muitas técnicas sintéticas de Hidrogramas Unitários abordadas pelos mais diversos autores: Método de Nash, Clark, de Santa Bárbara, da Convolução Contínua, Snyder, SCS (*Soil Conservation Service*) e, CUHP (*Colorado Urban Hydrograph Procedure*). O método do hidrograma unitário SCS é nativo no HEC-HMS e foi escolhido para a transformação dos dados de chuva em vazão. O único parâmetro requerido pelo modelo é o Tempo de Retardo (*Lag time*), que representa o tempo decorrente entre o centroide da precipitação e o pico de vazão a ela associada.

A intensidade da chuva de projeto foi estabelecida a partir da equação IDF para a bacia (**Equação 2**) com tempo de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. Segundo IPH-UFGRS (2005) o tempo total da simulação deve ser de, pelo menos, duas vezes o tempo de concentração, permitindo que toda a

precipitação atue sobre o hidrograma de saída, enquanto *Placer County* (1990) apud *Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center* (2000) recomenda uma duração de chuva igual a três ou quatro vezes o tempo de concentração. No presente trabalho, a duração da chuva foi estabelecida para um tempo igual a duas, três ou quatro vezes o tempo de concentração, em função, principalmente do tamanho da bacia e de seu próprio tempo de concentração. A construção do hietograma foi realizada pelo método dos blocos alternados, através do qual, a intensidade da precipitação de projeto é maior no meio, sendo mais branda no início e no final da mesma.

Para a simulação do Cenário Atual, o modelo HEC-HMS foi aplicado às bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido utilizando duas abordagens: 1) precipitação com duração referente a três ou quatro vezes o tempo de concentração de cada sub bacia (24 sub bacias) e; 2) precipitação com duração referente a duas vezes o tempo de concentração de toda a Bacia do Rio Guandu. Os resultados da primeira abordagem são apresentados no **item 7.4.**

Conforme apresentado na **Tabela 6-5**, os cálculos do tempo de concentração da Bacia do Rio Guandu, até no fim de seu trecho urbano, resultou em um valor médio de 548,45 minutos.

A precipitação de cada sub bacia foi calculada por meio do método dos blocos alternados, que consiste na construção do hietograma de projeto a partir da curva IDF. A equação IDF é calculada para uma estação pluviométrica e a precipitação máxima nesta não ocorre sobre toda a bacia ao mesmo tempo, existindo uma variabilidade espacial natural, com tendência à redução da precipitação da bacia com relação ao máximo valor observado na estação.

O uso do coeficiente de abatimento  $K_A$  possibilita corrigir, pela área da bacia, a altura ou intensidade média da precipitação dada por uma IDF válida para a sub bacia.

Os coeficientes utilizados neste trabalho são provenientes do estudo realizado por Silveira (1996) apud IPH-UFGRS (2005), que estimou a estrutura de correlação espacial para Porto Alegre. O autor obteve uma expressão para o

coeficiente de abatimento (redução) radial da precipitação, em função da área ao redor do ponto de maior intensidade. A expressão obtida é dada por:

$$K_A = 1 - 0,25 \frac{\sqrt{A}}{\beta}$$

**Equação 12**

Onde:

$K_A$ : Coeficiente de abatimento, que varia entre 0 e 1;

A: Área em  $\text{km}^2$ ;

$\beta$ : Distância teórica onde a correlação espacial se anula (variável com a duração do evento). Para Porto Alegre, a equação empírica recomendada para  $\beta$  é:

$$\beta = 0,054t + 12,9$$

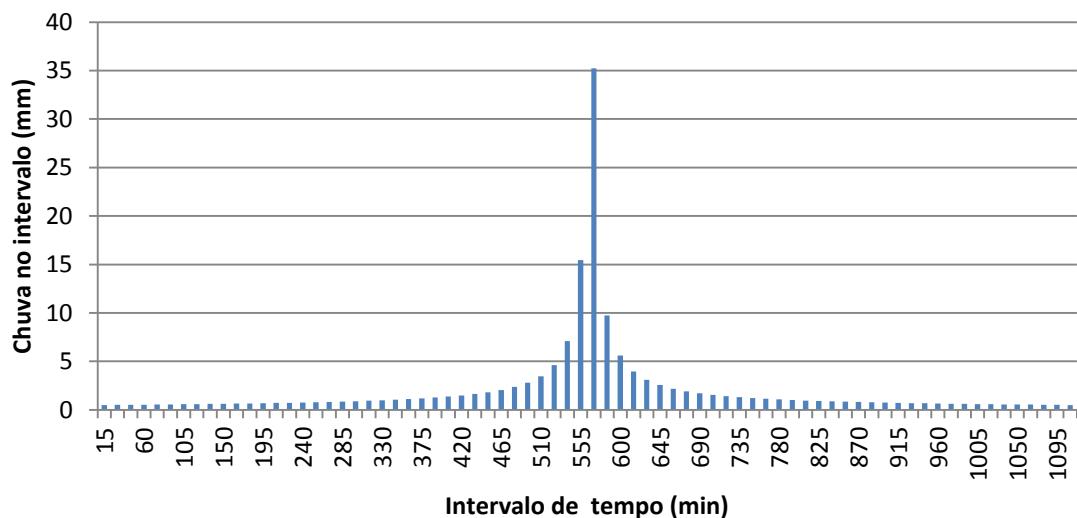
**Equação 13**

Sendo  $t$  a duração do evento em minutos e  $\beta$  obtido em quilômetros.

Para a bacia de drenagem do Rio Guandu, o cálculo do coeficiente de abatimento resultou no valor de 0,87.

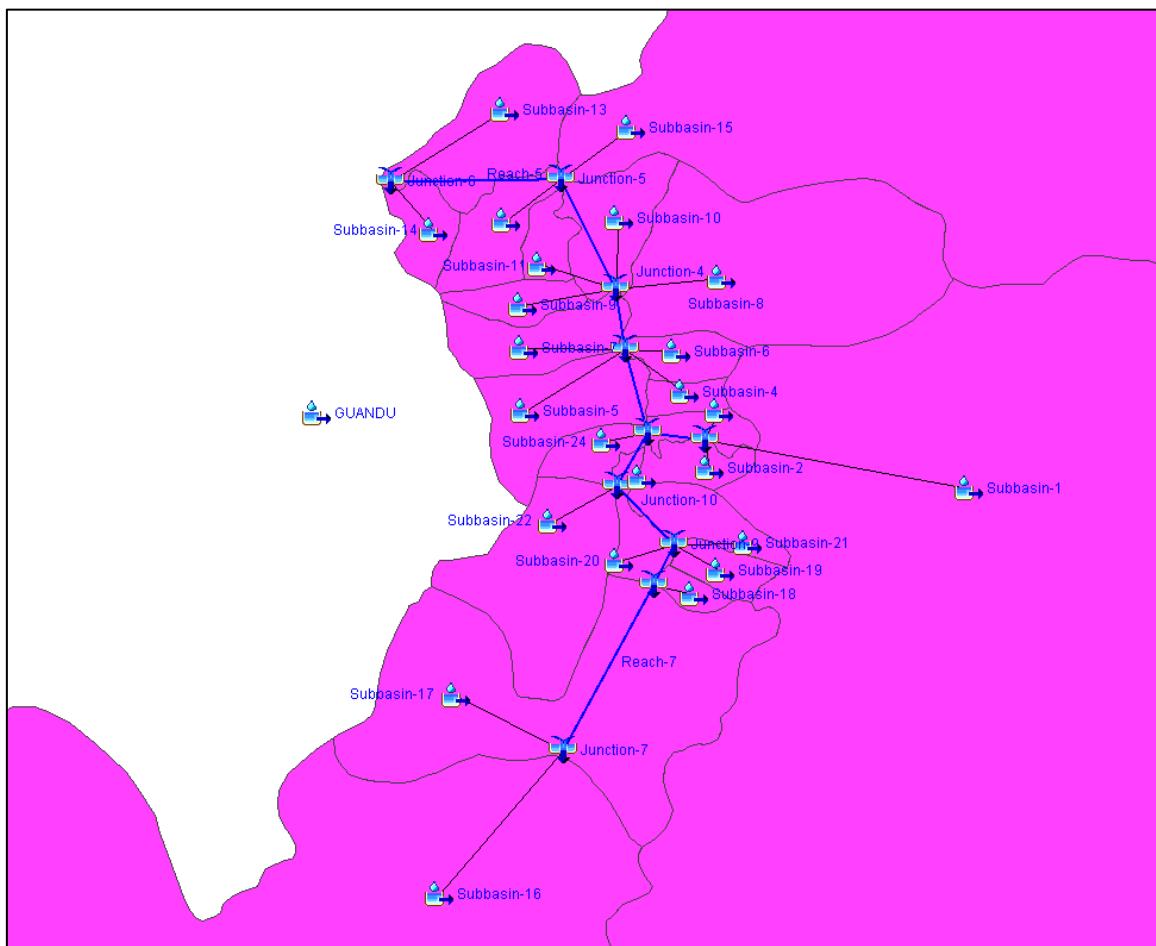
Segundo IPH-UFGRS (2005) o tempo total da simulação deve ser de, pelo menos, duas vezes o tempo de concentração, permitindo que toda a precipitação atue sobre o hidrograma de saída. Placer Country (1990) *apud* US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (2000) por sua vez, recomenda uma duração de chuva igual a duas ou três vezes o tempo de concentração.

Foram calculadas as chuvas intensas para durações iguais a duas vezes o tempo de concentração e intervalos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos e apropriados os respectivos hietogramas por meio do método dos blocos alternados. A **Figura 6-21** apresenta o hietograma da chuva de 25 anos utilizado na simulação, com discretização temporal de 15 minutos.



**Figura 6-21:** Hietograma da chuva com recorrência de 25 anos e duração igual duas vezes o tempo de concentração da bacia.

A tela principal do programa HEC-HMS preparado para a modelagem das bacias do Rio Guandu, Rio do Peixe e Ribeirão Arrependido está apresentada na **Figura 6-22**.



**Figura 6-22:** Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido modelada pelo programa HEC-HMS.

A **Tabela 6-7**, a **Tabela 6-8**, a **Tabela 6-9**, a **Tabela 6-10**, a **Tabela 6-11**, a **Tabela 6-12**, a **Tabela 6-13** apresentam os resultados da aplicação do HEC-HMS nas bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuvas de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente.

**Tabela 6-7:** Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 5 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	174.24	105.03	<b>Subbacia-12</b>	0.48	4.42
<b>Junção-10</b>	257.81	78.37	<b>Subbacia-13</b>	0.97	6.13
<b>Junção-2</b>	432.3	161.33	<b>Subbacia-14</b>	0.31	2.77
<b>Junção-3</b>	434.12	161.7	<b>Subbacia-15</b>	35.04	82.04
<b>Junção-4</b>	437.87	162.44	<b>Subbacia-16</b>	252.03	77.74
<b>Junção-5</b>	473.39	176.93	<b>Subbacia-17</b>	3.42	1.67
<b>Junção-6</b>	474.67	177.3	<b>Subbacia-18</b>	0.12	0.06
<b>Junção-7</b>	255.45	78.08	<b>Subbacia-19</b>	0.23	0.4
<b>Junção-8</b>	255.57	78.09	<b>Subbacia-2</b>	0.25	0.13
<b>Junção-9</b>	256.39	78.21	<b>Subbacia-20</b>	0.2	1.75
<b>Trecho-1</b>	174.24	105.03	<b>Subbacia-21</b>	0.39	0.32
<b>Trecho-10</b>	257.81	78.37	<b>Subbacia-22</b>	1.37	1.11
<b>Trecho-2</b>	432.3	161.33	<b>Subbacia-23</b>	0.05	0.09
<b>Trecho-3</b>	434.12	161.7	<b>Subbacia-24</b>	0.25	0.18
<b>Trecho-4</b>	437.87	162.44	<b>Subbacia-3</b>	0.2	1.13
<b>Trecho-5</b>	473.39	176.93	<b>Subbacia-4</b>	0.15	0.05
<b>Trecho-7</b>	255.45	78.08	<b>Subbacia-5</b>	0.81	1.03
<b>Trecho-8</b>	255.57	78.09	<b>Subbacia-6</b>	0.28	0.08
<b>Trecho-9</b>	256.39	78.21	<b>Subbacia-7</b>	0.58	4.27
<b>Subbacia-1</b>	173.79	104.94	<b>Subbacia-8</b>	2.68	1.62
<b>Subbacia-10</b>	0.6	7.21	<b>Subbacia-9</b>	0.26	1.46
<b>Subbacia-11</b>	0.21	2.55	-	-	-

**Tabela 6-8:** Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido para chuva com tempo de retorno de 10 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
Junção-1	174.24	140.09	Subbacia-12	0.48	5.44
Junção-10	257.81	107.35	Subbacia-13	0.97	7.88
Junção-2	432.3	218.65	Subbacia-14	0.31	3.43
Junção-3	434.12	219.11	Subbacia-15	35.04	104.07
Junção-4	437.87	220.04	Subbacia-16	252.03	106.5
Junção-5	473.39	237.61	Subbacia-17	3.42	3.25
Junção-6	474.67	238.07	Subbacia-18	0.12	0.16
Junção-7	255.45	106.96	Subbacia-19	0.23	0.67
Junção-8	255.57	106.98	Subbacia-2	0.25	0.37
Junção-9	256.39	107.13	Subbacia-20	0.2	2.19
Trecho-1	174.24	140.09	Subbacia-21	0.39	0.64
Trecho-10	257.81	107.35	Subbacia-22	1.37	1.94
Trecho-2	432.3	218.65	Subbacia-23	0.05	0.16
Trecho-3	434.12	219.11	Subbacia-24	0.25	0.42
Trecho-4	437.87	220.04	Subbacia-3	0.2	0.35
Trecho-5	473.39	237.61	Subbacia-4	0.15	0.12
Trecho-7	255.45	106.96	Subbacia-5	0.81	1.76
Trecho-8	255.57	106.98	Subbacia-6	0.28	0.18
Trecho-9	256.39	107.13	Subbacia-7	0.58	5.3
Subbacia-1	173.79	140.01	Subbacia-8	2.68	2.98
Subbacia-10	0.6	8.6	Subbacia-9	0.26	1.92
Subbacia-11	0.21	3.07	-	-	-

**Tabela 6-9:** Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 20 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	174.24	182.74	<b>Subbacia-12</b>	0.48	6.61
<b>Junção-10</b>	257.81	143.2	<b>Subbacia-13</b>	0.97	9.92
<b>Junção-2</b>	432.3	288.86	<b>Subbacia-14</b>	0.31	4.19
<b>Junção-3</b>	434.12	289.43	<b>Subbacia-15</b>	35.04	129.77
<b>Junção-4</b>	437.87	290.57	<b>Subbacia-16</b>	252.03	142.11
<b>Junção-5</b>	473.39	311.83	<b>Subbacia-17</b>	3.42	5.63
<b>Junção-6</b>	474.67	312.37	<b>Subbacia-18</b>	0.12	0.31
<b>Junção-7</b>	255.45	142.72	<b>Subbacia-19</b>	0.23	1.02
<b>Junção-8</b>	255.57	142.73	<b>Subbacia-2</b>	0.25	0.71
<b>Junção-9</b>	256.39	142.92	<b>Subbacia-20</b>	0.2	2.7
<b>Trecho-1</b>	174.24	182.74	<b>Subbacia-21</b>	0.39	1.09
<b>Trecho-10</b>	257.81	143.2	<b>Subbacia-22</b>	1.37	3.11
<b>Trecho-2</b>	432.3	288.86	<b>Subbacia-23</b>	0.05	0.25
<b>Trecho-3</b>	434.12	289.42	<b>Subbacia-24</b>	0.25	0.76
<b>Trecho-4</b>	437.87	290.57	<b>Subbacia-3</b>	0.2	0.64
<b>Trecho-5</b>	473.39	311.83	<b>Subbacia-4</b>	0.15	0.28
<b>Trecho-7</b>	255.45	142.72	<b>Subbacia-5</b>	0.81	2.74
<b>Trecho-8</b>	255.57	142.73	<b>Subbacia-6</b>	0.28	0.46
<b>Trecho-9</b>	256.39	142.92	<b>Subbacia-7</b>	0.58	6.48
<b>Subbacia-1</b>	173.79	182.64	<b>Subbacia-8</b>	2.68	4.95
<b>Subbacia-10</b>	0.6	10.17	<b>Subbacia-9</b>	0.26	2.47
<b>Subbacia-11</b>	0.21	3.65	-	-	-

**Tabela 6-10:** Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 25 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	174.24	198.35	<b>Subbacia-12</b>	0.48	7.02
<b>Junção-10</b>	257.81	156.41	<b>Subbacia-13</b>	0.97	10.65
<b>Junção-2</b>	432.3	314.64	<b>Subbacia-14</b>	0.31	4.46
<b>Junção-3</b>	434.12	315.24	<b>Subbacia-15</b>	35.04	138.93
<b>Junção-4</b>	437.87	316.46	<b>Subbacia-16</b>	252.03	155.23
<b>Junção-5</b>	473.39	338.95	<b>Subbacia-17</b>	3.42	6.61
<b>Junção-6</b>	474.67	339.52	<b>Subbacia-18</b>	0.12	0.37
<b>Junção-7</b>	255.45	155.88	<b>Subbacia-19</b>	0.23	1.15
<b>Junção-8</b>	255.57	155.91	<b>Subbacia-2</b>	0.25	0.84
<b>Junção-9</b>	256.39	156.11	<b>Subbacia-20</b>	0.2	2.88
<b>Trecho-1</b>	174.24	198.35	<b>Subbacia-21</b>	0.39	1.26
<b>Trecho-10</b>	257.81	156.41	<b>Subbacia-22</b>	1.37	3.56
<b>Trecho-2</b>	432.3	314.63	<b>Subbacia-23</b>	0.05	0.28
<b>Trecho-3</b>	434.12	315.24	<b>Subbacia-24</b>	0.25	0.88
<b>Trecho-4</b>	437.87	316.46	<b>Subbacia-3</b>	0.2	0.74
<b>Trecho-5</b>	473.39	338.95	<b>Subbacia-4</b>	0.15	0.35
<b>Trecho-7</b>	255.45	155.88	<b>Subbacia-5</b>	0.81	3.1
<b>Trecho-8</b>	255.57	155.9	<b>Subbacia-6</b>	0.28	0.58
<b>Trecho-9</b>	256.39	156.11	<b>Subbacia-7</b>	0.58	6.89
<b>Subbacia-1</b>	173.79	198.24	<b>Subbacia-8</b>	2.68	5.73
<b>Subbacia-10</b>	0.6	10.71	<b>Subbacia-9</b>	0.26	2.67
<b>Subbacia-11</b>	0.21	3.85	-	-	-

**Tabela 6-11:** Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido para chuva com tempo de retorno de 30 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
Junção-1	174.24	211.98	Subbacia-12	0.48	7.37
Junção-10	257.81	168.03	Subbacia-13	0.97	11.27
Junção-2	432.3	337.18	Subbacia-14	0.31	4.69
Junção-3	434.12	337.82	Subbacia-15	35.04	146.83
Junção-4	437.87	339.1	Subbacia-16	252.03	166.78
Junção-5	473.39	362.73	Subbacia-17	3.42	7.48
Junção-6	474.67	363.33	Subbacia-18	0.12	0.42
Junção-7	255.45	167.47	Subbacia-19	0.23	1.26
Junção-8	255.57	167.5	Subbacia-2	0.25	0.95
Junção-9	256.39	167.71	Subbacia-20	0.2	3.03
Trecho-1	174.24	211.98	Subbacia-21	0.39	1.41
Trecho-10	257.81	168.03	Subbacia-22	1.37	3.97
Trecho-2	432.3	337.18	Subbacia-23	0.05	0.3
Trecho-3	434.12	337.82	Subbacia-24	0.25	1
Trecho-4	437.87	339.1	Subbacia-3	0.2	0.84
Trecho-5	473.39	362.73	Subbacia-4	0.15	0.41
Trecho-7	255.45	167.47	Subbacia-5	0.81	3.43
Trecho-8	255.57	167.49	Subbacia-6	0.28	0.69
Trecho-9	256.39	167.71	Subbacia-7	0.58	7.25
Subbacia-1	173.79	211.85	Subbacia-8	2.68	6.44
Subbacia-10	0.6	11.18	Subbacia-9	0.26	2.84
Subbacia-11	0.21	4.02	-	-	-

**Tabela 6-12:** Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 50 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	174.24	253.43	<b>Subbacia-12</b>	0.48	7.37
<b>Junção-10</b>	257.81	203.55	<b>Subbacia-13</b>	0.97	13.14
<b>Junção-2</b>	432.3	405.94	<b>Subbacia-14</b>	0.31	5.38
<b>Junção-3</b>	434.12	406.67	<b>Subbacia-15</b>	35.04	170.51
<b>Junção-4</b>	437.87	408.15	<b>Subbacia-16</b>	252.03	202.07
<b>Junção-5</b>	473.39	435.01	<b>Subbacia-17</b>	3.42	10.31
<b>Junção-6</b>	474.67	435.68	<b>Subbacia-18</b>	0.12	0.58
<b>Junção-7</b>	255.45	202.91	<b>Subbacia-19</b>	0.23	1.6
<b>Junção-8</b>	255.57	202.93	<b>Subbacia-2</b>	0.25	1.31
<b>Junção-9</b>	256.39	203.18	<b>Subbacia-20</b>	0.2	3.49
<b>Trecho-1</b>	174.24	253.42	<b>Subbacia-21</b>	0.39	1.89
<b>Trecho-10</b>	257.81	203.55	<b>Subbacia-22</b>	1.37	5.25
<b>Trecho-2</b>	432.3	405.94	<b>Subbacia-23</b>	0.05	0.38
<b>Trecho-3</b>	434.12	406.67	<b>Subbacia-24</b>	0.25	1.34
<b>Trecho-4</b>	437.87	408.15	<b>Subbacia-3</b>	0.2	1.13
<b>Trecho-5</b>	473.39	435.01	<b>Subbacia-4</b>	0.15	0.6
<b>Trecho-7</b>	255.45	202.9	<b>Subbacia-5</b>	0.81	4.44
<b>Trecho-8</b>	255.57	202.93	<b>Subbacia-6</b>	0.28	1.02
<b>Trecho-9</b>	256.39	203.18	<b>Subbacia-7</b>	0.58	8.31
<b>Subbacia-1</b>	173.79	253.28	<b>Subbacia-8</b>	2.68	8.68
<b>Subbacia-10</b>	0.6	12.55	<b>Subbacia-9</b>	0.26	3.35
<b>Subbacia-11</b>	0.21	4.53	-	-	-

**Tabela 6-13:** Resposta hidrológica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com tempo de retorno de 100 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico	Elemento hidrológico	Área drenada	Vazão de pico
	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
<b>Junção-1</b>	174.24	319.21	<b>Subbacia-12</b>	0.48	9.99
<b>Junção-10</b>	257.81	260.67	<b>Subbacia-13</b>	0.97	16
<b>Junção-2</b>	432.3	515.68	<b>Subbacia-14</b>	0.31	6.43
<b>Junção-3</b>	434.12	516.57	<b>Subbacia-15</b>	35.04	206.95
<b>Junção-4</b>	437.87	518.37	<b>Subbacia-16</b>	252.03	258.82
<b>Junção-5</b>	473.39	550.18	<b>Subbacia-17</b>	3.42	15.12
<b>Junção-6</b>	474.67	550.97	<b>Subbacia-18</b>	0.12	0.84
<b>Junção-7</b>	255.45	259.87	<b>Subbacia-19</b>	0.23	2.16
<b>Junção-8</b>	255.57	259.9	<b>Subbacia-2</b>	0.25	1.88
<b>Junção-9</b>	256.39	260.2	<b>Subbacia-20</b>	0.2	4.19
<b>Trecho-1</b>	174.24	319.21	<b>Subbacia-21</b>	0.39	2.67
<b>Trecho-10</b>	257.81	260.67	<b>Subbacia-22</b>	1.37	7.37
<b>Trecho-2</b>	432.3	515.67	<b>Subbacia-23</b>	0.05	0.51
<b>Trecho-3</b>	434.12	516.56	<b>Subbacia-24</b>	0.25	1.9
<b>Trecho-4</b>	437.87	518.37	<b>Subbacia-3</b>	0.2	1.6
<b>Trecho-5</b>	473.39	550.17	<b>Subbacia-4</b>	0.15	0.91
<b>Trecho-7</b>	255.45	259.87	<b>Subbacia-5</b>	0.81	6.05
<b>Trecho-8</b>	255.57	259.9	<b>Subbacia-6</b>	0.28	1.58
<b>Trecho-9</b>	256.39	260.2	<b>Subbacia-7</b>	0.58	9.93
<b>Subbacia-1</b>	173.79	319.03	<b>Subbacia-8</b>	2.68	12.44
<b>Subbacia-10</b>	0.6	14.61	<b>Subbacia-9</b>	0.26	4.13
<b>Subbacia-11</b>	0.21	5.3	-	-	-

Cabe ressaltar que os elementos Trecho 1 representa o trecho do Rio Guandu a montante da junção com o Rio do Peixe. Os Trechos 7, 8, 9 e 10, por sua vez, correspondem os trechos do Rio do Peixe a montante de sua junção com

o Rio Guandu. Os Trechos 2, 3, 4 e 5 representam os trechos do Rio Guandu a jusante da junção com o Rio do Peixe. Por fim, a subbacia 15 representa a contribuição do Ribeirão Arrepentido.

### **6.5.3 Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido no Cenário Atual**

#### *6.5.3.1 Introdução*

Para a simulação hidráulica da vazão de projeto nos Rios Guandu e do Peixe e no Ribeirão Arrepentido, foi utilizado o modelo matemático HEC-RAS 4.1 (*River Analysis System*), o qual foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano. Este modelo foi concebido para efetuar cálculos hidráulicos em sistemas de canais naturais ou construídos (HEC, 2010) e é amplamente utilizado em estudos de: (a) determinação da área de inundação de rios e de proteção contra enchentes; (b) efeitos de obstáculos hidráulicos, como pontes, bueiros, vertedores de barragens, diques e outras estruturas hidráulicas; (c) análise das alterações dos perfis de superfície d'água devido às modificações na geometria do canal; (d) múltiplos perfis de superfície d'água (modelagem de cenários para diferentes condições hidráulicas e hidrológicas), erosão em pontes e operação de barragens em sequência.

O procedimento básico de computação é baseado na solução da equação de energia unidimensional (*Bernoulli*), sendo avaliadas as perdas de energia por fricção (equação de *Manning*) e contração ou expansão das seções transversais (coeficiente multiplicado pela velocidade principal). A equação do momento, por sua vez, é utilizada nas situações de cálculo de escoamento em regime misto em ressaltos hidráulicos, pontes e na determinação dos níveis d'água nas confluências dos rios.

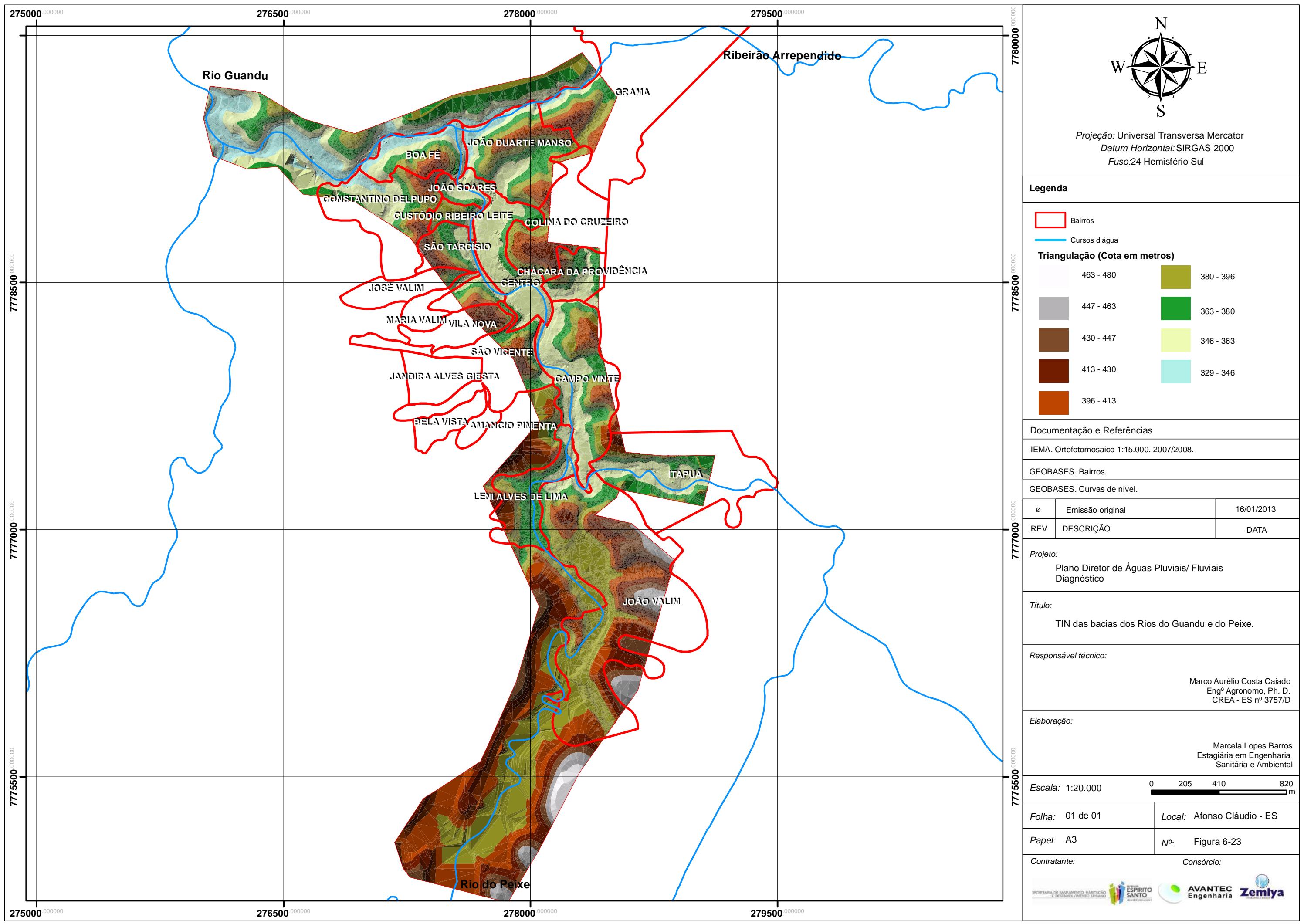
O coeficiente  $n$  de *Manning* é um dos principais parâmetros do modelo, sendo altamente variável e depende de vários fatores: aspereza da superfície do leito, vegetação, irregularidades no canal, alinhamento do canal, erosão ou deposição de sedimento, obstruções, tamanho e forma do canal, vazões, temperatura e concentração de sólidos em suspensão. Chow (1959) traz uma quantidade satisfatória de valores de referência para o coeficiente  $n$  de *Manning*. Somado a isto, HEC (2010) traz uma coletânea de valores do citado parâmetro para as mais diversas situações, sendo mais indicado para uso na modelagem hidráulica com o modelo HEC-RAS. No caso da modelagem hidráulica de bueiros e pontes, outros dois coeficientes ganham importância: os coeficientes de expansão e contração. Estes tem a função de representar matematicamente o efeito de contração/expansão do escoamento que ocorre a montante/jusante das estruturas. A seguir, é descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo hidráulico, bem com os dados de entrada e os coeficientes mais relevantes utilizados no presente estudo.

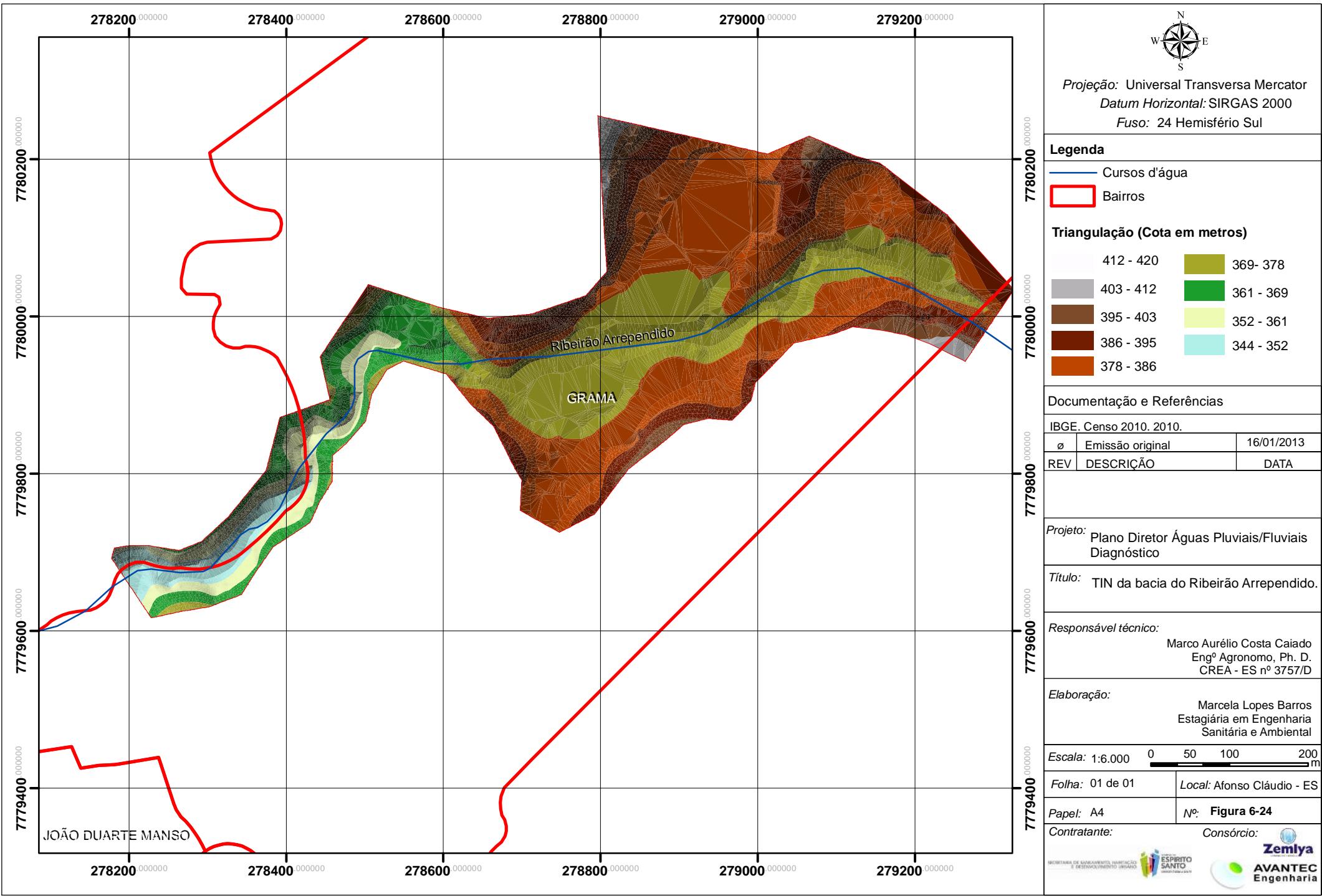
#### 6.5.3.2 Domínio do modelo

Foi definido como domínio do modelo o trecho urbano dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido, contemplando os bairros João Valim, Leni Alves de Lima, Itapuã, Campo Vinte, São Vicente, Chácara da Providência, Centro, São Tarcísio, Custódio Ribeiro Leite, João Soares, Boa Fé, Constantino Delpudo e Gramá, totalizando uma extensão total de 8,6 Km.

### 6.5.3.3 Geometria do modelo

Para o desenvolvimento do modelo hidráulico, foram utilizadas as seções levantadas nos Rios Guandu e do Peixe e no Ribeirão Arrependido no âmbito do estudo de minimização de cheias no município de Afonso Cláudio – ES, desenvolvido pelo INPH e pelo DER-ES, sendo complementadas por levantamento topográfico realizado especificamente para o presente trabalho, a fim de detalhar dispositivos hidráulicos localizados na área de estudo. Também foram utilizadas as curvas de nível com equidistância vertical de 2 metros disponibilizados pelo contratante. A partir dos dados de topografia, foi construído um TIN – *Triangulated Irregular Network* da área modelada, que foi a base de entrada de dados do modelo HEC-RAS. A **Figura 6-23** apresenta o TIN da geometrias dos Rios Guandu e do Peixe.





#### 6.5.3.4 Calibração do modelo

Durante as visitas de campo, foram identificadas cotas da última enchente significativa, cujas alturas máximas puderam ser identificadas pelas marcas d'água ainda presentes em muros, residências e outros elementos construídos, as quais foram registradas durante as visitas em campo. A partir do que foi observado em campo, foi realizada a calibração do número de manning a fim de aproximar o modelo da realidade.

#### 6.5.3.5 Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual

O **ANEXO I** apresenta o Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Afonso Cláudio - ES, como resultado da modelagem hidráulica. O mapa apresenta as áreas previstas de serem inundadas por cheias com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. O **ANEXO II**, por sua vez, apresenta o Mapa de Risco de Inundação, sendo delimitadas as áreas com risco: Muito Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno iguais ou menores que 5 anos), Alto (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 5 e menores ou iguais a 10 anos), Médio (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 10 e menores ou iguais a 30 anos) e Baixo (áreas abrangidas por cheias com períodos de retorno maiores que 30 e menores ou iguais a 100 anos). Deve-se observar que as áreas atingidas por cheias com menores períodos de retorno também são atingidas por aquelas com maiores períodos de retorno, o que faz com que as áreas atingidas por cheias com período de retorno de 5 anos sejam consideradas de maior risco que aquelas atingidas apenas por cheias com menores períodos de recorrência.

Cabe ressaltar que, no presente trabalho, foram consideradas áreas de risco de inundação aquelas atingidas por cheias e que apresentam potenciais

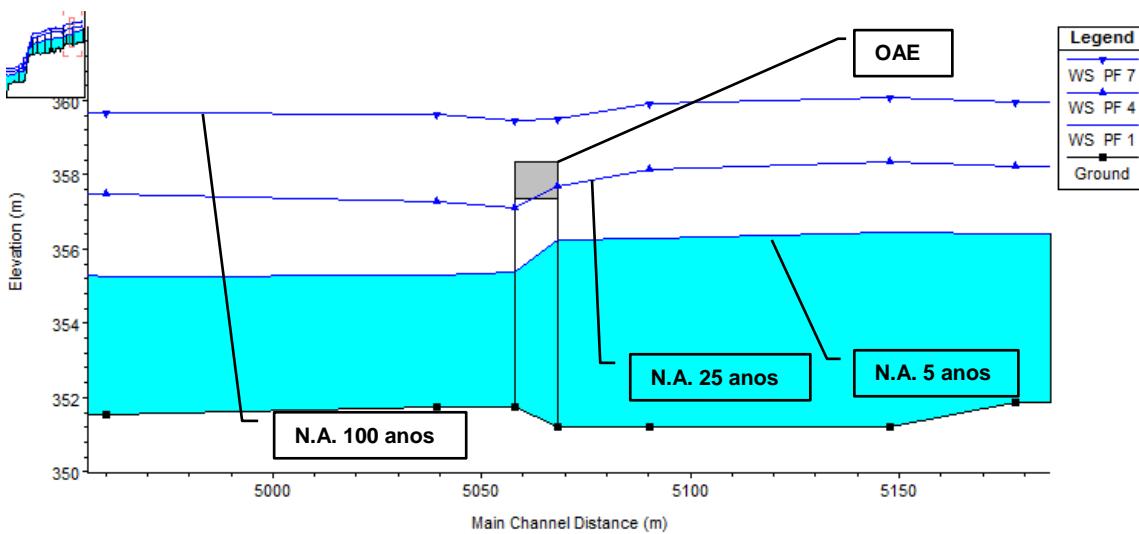
prejuízos de ordem econômica ou de segurança pessoal, ou seja, áreas habitadas ou que tenham elementos construídos. Desta forma, o critério de classificação de risco utilizou somente a variável temporal de recorrência de inundaçāo, que foi simulada pelos modelos matemáticos a partir de dados medidos em campo e utilizados no presente relatório.

Observa-se uma quantidade razoável de domicílios encontram-se na área de risco muito alto (R4), principalmente aqueles mais próximos aos Rios Guandu e do Peixe e ao Ribeirão Arrependido. Verificou-se que, no total, 110 domicílios encontram-se na área de risco muito alto (R4), equivalente à área de inundaçāo com recorrência de 5 anos. Quando se trata da inundaçāo com recorrência de 25 anos, o número de domicílios atingidos cresce para 398, quase quadruplicando o número de pessoas expostas ao risco da inundaçāo.

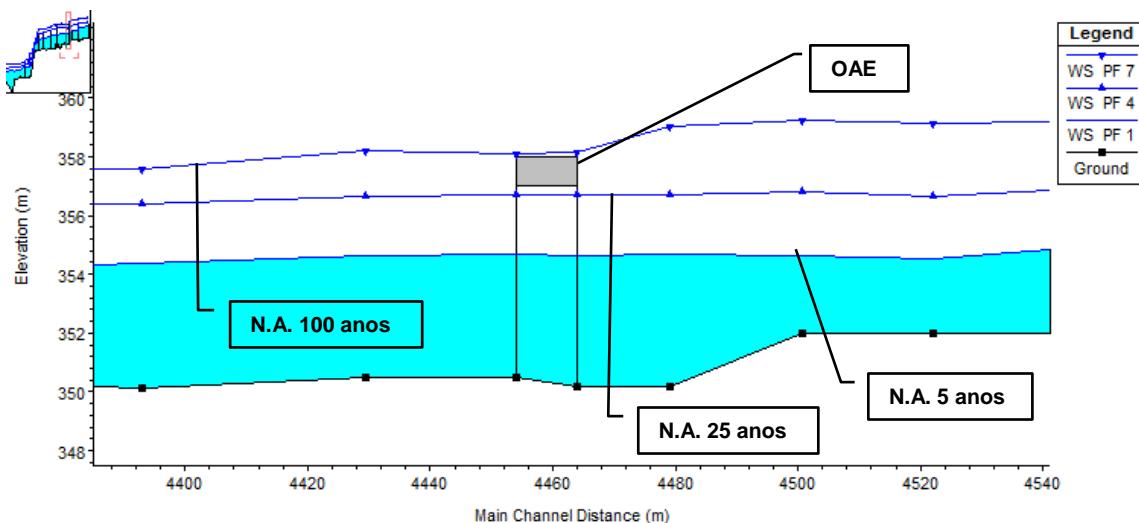
Verificou-se que a maior parte das obras de arte especiais (OAEs) sobre os Rios Guandu e do Peixe e o Ribeirão Arrependido apresentam dimensionamento hidráulico inadequado para as vazões com recorrência de 100 anos.

A OAE da Rodovia Sebastião Alves de Lima foi uma delas. Verificou-se que a OAE apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência menor ou igual a 25 anos. A **Figura 6-25** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.

A OAE da Av. Getúlio Vargas também apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência menor que 25 anos. A **Figura 6-26** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.



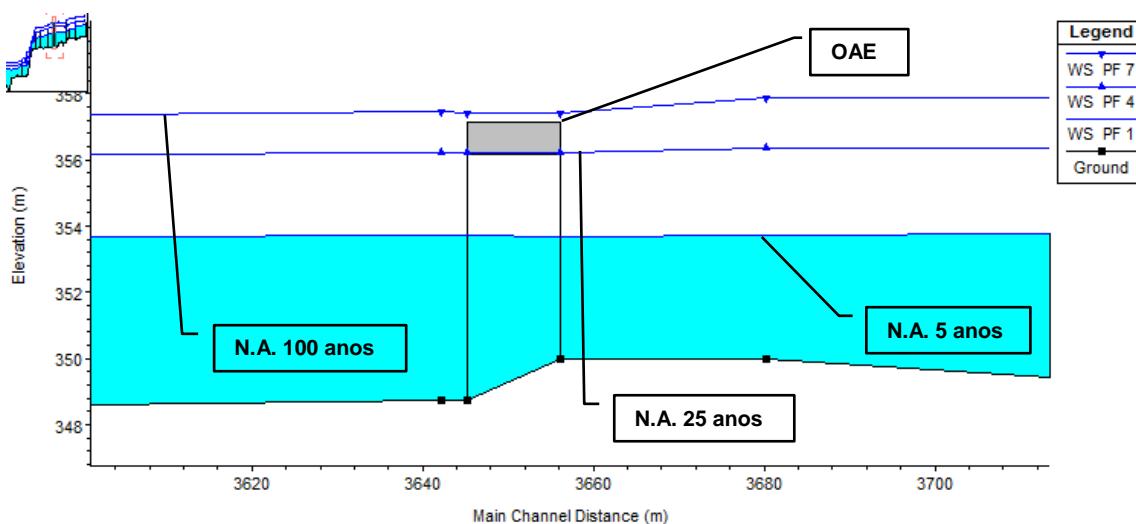
**Figura 6-25:** Simulação hidráulica da OAE da Rodovia Sebastião Alves de Lima sobre o Rio Guandu.



**Figura 6-26:** Simulação hidráulica da OAE da Rua Otílio Ronceti sobre o Rio Guandu.

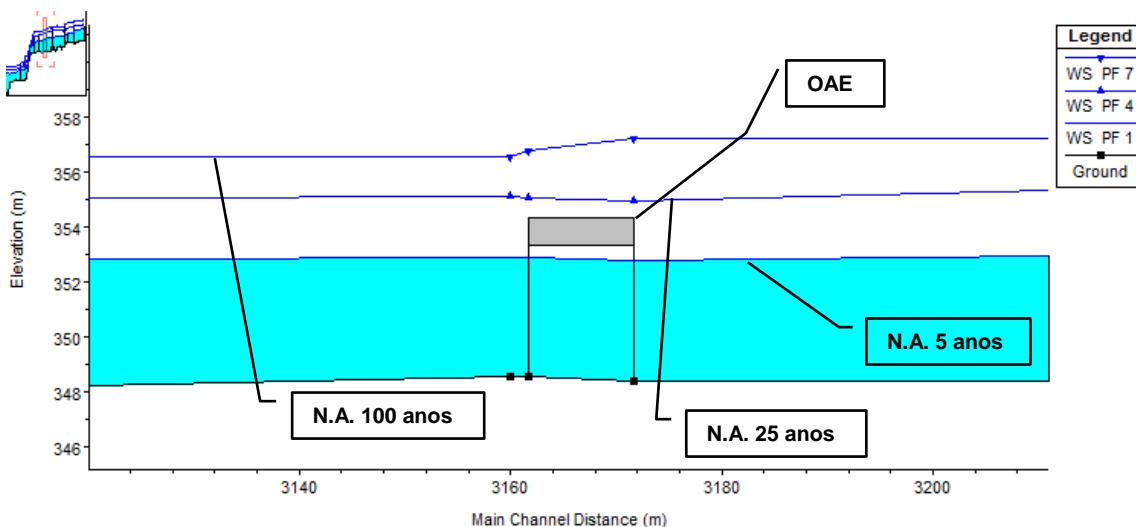
A OAE que liga a Av. Presidente Vargas à Av. Roberto Holunder apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência menores que 25 anos. A

**Figura 6-27** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.



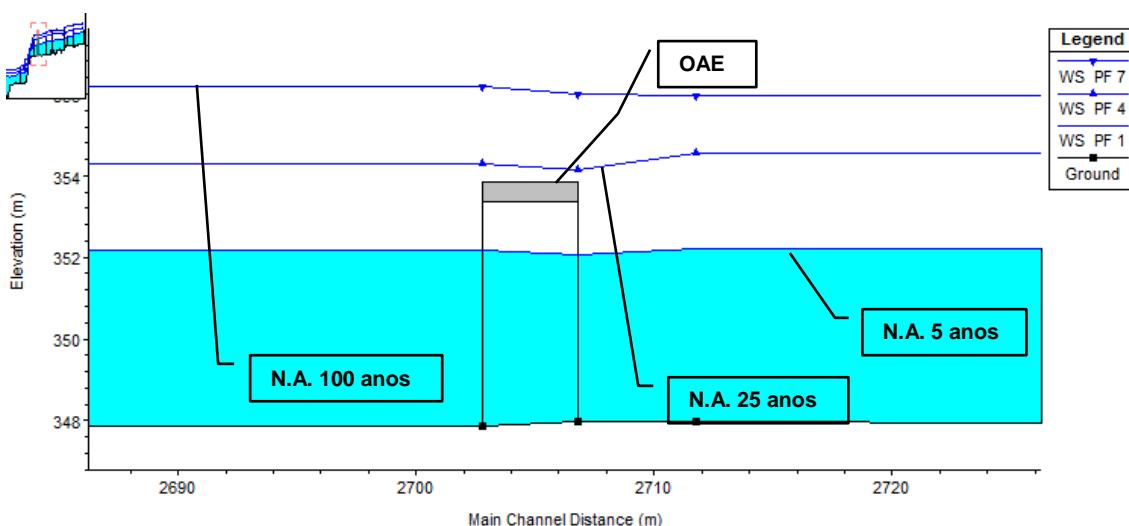
**Figura 6-27:** Simulação hidráulica da OAE que liga a Av. Presidente Vargas à Av. Roberto Holunder sobre o Rio Guandu.

A OAE que liga a Av. Otávio Satter à Av. Presidente Vargas apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrências menores ou iguais a 20 anos. A **Figura 6-28** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.



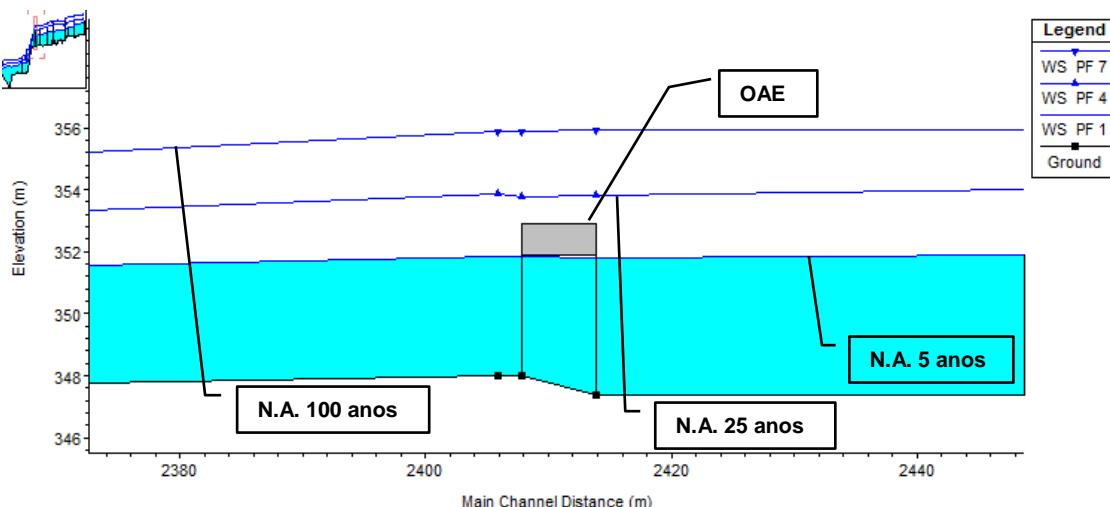
**Figura 6-28:** Simulação hidráulica da OAE que liga a Av. Otávio Satter à Av. Presidente Vargas sobre o Rio Guandu.

A passarela Plínio Escopel Gomes apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrências menores ou iguais a 20 anos. A **Figura 6-29** apresenta a simulação hidráulica da passarela supracitada.



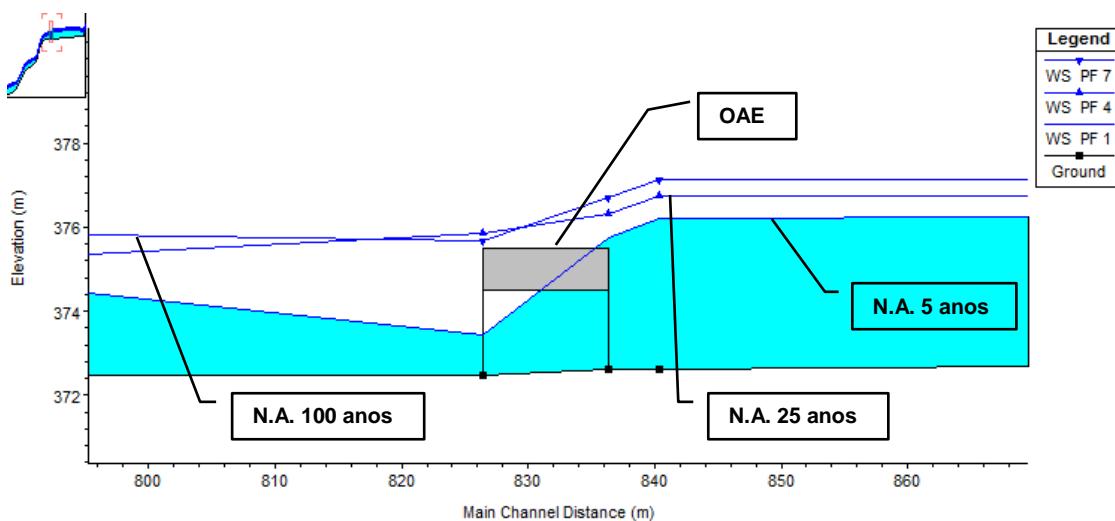
**Figura 6-29:** Simulação hidráulica da passarela Plínio Escopel Gomes sobre o Rio Guandu.

A OAE da Av. Eliezer Lacerda Fafa apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência menores ou iguais a 10 anos. A **Figura 6-30** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.



**Figura 6-30:** Simulação hidráulica da OAE da Av. Eliezer Lacerda Fafa sobre o Rio Guandu.

A OAE da Rua Paulo Saleme, no Ribeirão Arrependido, apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência menores que 5 anos. A **Figura 6-31** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.



**Figura 6-31:** Simulação hidráulica da OAE da Rua Paulo Saleme sobre o Ribeirão Arrependido.

## 7 PROGNÓSTICO

### 7.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, estão discutidos cenários futuros das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido em seus trechos urbanos com e sem as obras estruturais que estão sendo sugeridas no presente trabalho. Desta forma, primeiramente se discute o crescimento do município de Afonso Cláudio e a projeção de sua população para 5, 10, 15, 20 e 50 anos após o último recenseamento populacional. Em seguida, é apresentado o uso do solo das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido, em seus trechos urbanos, para um horizonte de 20 anos, ao que chamamos de cenário futuro. Para este cenário, foram realizadas simulações hidrológicas e hidráulicas das inundações para vazões com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 anos e 100 anos. Por fim, são apresentados os cenários com a implementação das ações estruturais aqui propostas, para vazões com período de retorno de 25 anos na condição de uso do solo atual (cenário atual).

### 7.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES

Este item trata do levantamento de dados e informações dos setores censitários, a partir do Censo do IBGE 2010, para formulação de Cenários, Diagnóstico e Prognósticos do Plano Diretor de Águas Pluviais / Fluviais do Município de Afonso Cláudio - ES.

Pesquisaram-se alguns dados pertinentes no site eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao Censo de 2010, tais como: população total do município de Afonso Cláudio; população urbana e população rural; total de domicílios particulares permanentes; domicílios

particulares permanentes na área urbana e rural; área territorial total; área territorial urbana e área territorial rural; densidade por setor censitário; população total por setor censitário; e área total de cada setor censitário. Esses dados foram trabalhados juntamente com as informações dos Mapas Censitário entregues pela SEDURB, mapas esses em base GIS e que foram elaborados no último Censo. Utilizou-se também como fonte de informação o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e o Google Earth.

Através dos dados gerados pela pesquisa, foram feitos mapas temáticos e tabelas, a fim de analisar a ocupação do territorial, com foco especial nas ocupações situadas nas Bacias Hidrográficas do Rio Guandu, do Rio do Peixe e do Ribeirão Arrependido. A partir desses dados será possível criar os cenários futuros de expansão da população ao longo do território.

Os dados referentes à densidade demográfica e os dados por setor censitário do município de Afonso Cláudio – ES estão apresentados na **Tabela 7-1**.

A **Figura 7-1**, a **Figura 7-2**, a **Figura 7-3** e a **Figura 7-4** apresentam, respectivamente, os mapas dos setores censitários por macrozona, dos setores censitários na macrozona urbana, de densidade demográfica por setor censitário e de densidade demográfica no setor censitário na macrozona urbana.

**Tabela 7-1:** Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.

DENSIDADE DEMOGRÁFICA POR SETOR CENSITÁRIO - AFONSO CLÁUDIO/ES					
DADOS GERAIS					
População*	População Urbana*	População Rural*	Domicílios Particulares*	Domicílios Particulares Permanentes Urbanos*	Domicílios Particulares Permanentes Rural*
31091	15855	15236	9830	5293	4537
Num. Habitantes / Domicílio**	Área Territorial (Km <sup>2</sup> )*		Área Territorial Rural (Km <sup>2</sup> )**		Área Territorial Urbana (Km <sup>2</sup> )**
3,16	951,419		936,322		12,097
REFERÊNCIA PARA CÁLCULO DE DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/Km <sup>2</sup> )					
Padrão 1	Padrão 2	Padrão 3	Padrão 4	Padrão 5	Padrão 6
ate 100	110 a 1.000	1.010 a 2.000	2.010 a 5.000	5.000 a 7.000	7.010 a 10.000
Padrão 7					
10.010 a 15.000					
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO					
Identificação Setor Censitario*	Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )*	População por Setor (hab)*	Área	Bairros / Comunidades	Bacia Hidrográfica
20	6886.36	247	urbana	Sede	Rio Guandú
21	1368.47	576	urbana	Sede	Rio Guandú
22	2316.78	1220	urbana	Sede	Rio Guandú
23	2012.13	694	urbana	Sede	Rio Guandú
24	6366.14	605	urbana	Sede	Rio Guandú
25	652.42	577	urbana	Sede	Rio Guandú
26	784.66	415	urbana	Sede	Rio Guandú
27	6454.15	476	urbana	Sede	Rio Guandú
28	9415.67	738	urbana	Sede	Rio Guandú
29	1901.35	557	urbana	Sede	Ribeirão Arrependido -
30	1016.11	911	urbana	Sede	Ribeirão Arrependido
31	2195.08	646	urbana	Sede	Ribeirão Arrependido -
38	661.62	739	urbana	Sede	Rio Guandú - Rio do
39	576.63	503	urbana	Sede	Rio Guandú - Rio do
40	6029.8	592	urbana	Sede	Rio Guandú
42	942.72	258	urbana	Sede	Rio Guandú
43	11448.14	214	urbana	Sede	Rio Guandú
44	3755.83	597	urbana	Sede	Rio Guandú
					total

**Tabela 7-1 (Continuação):** Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.

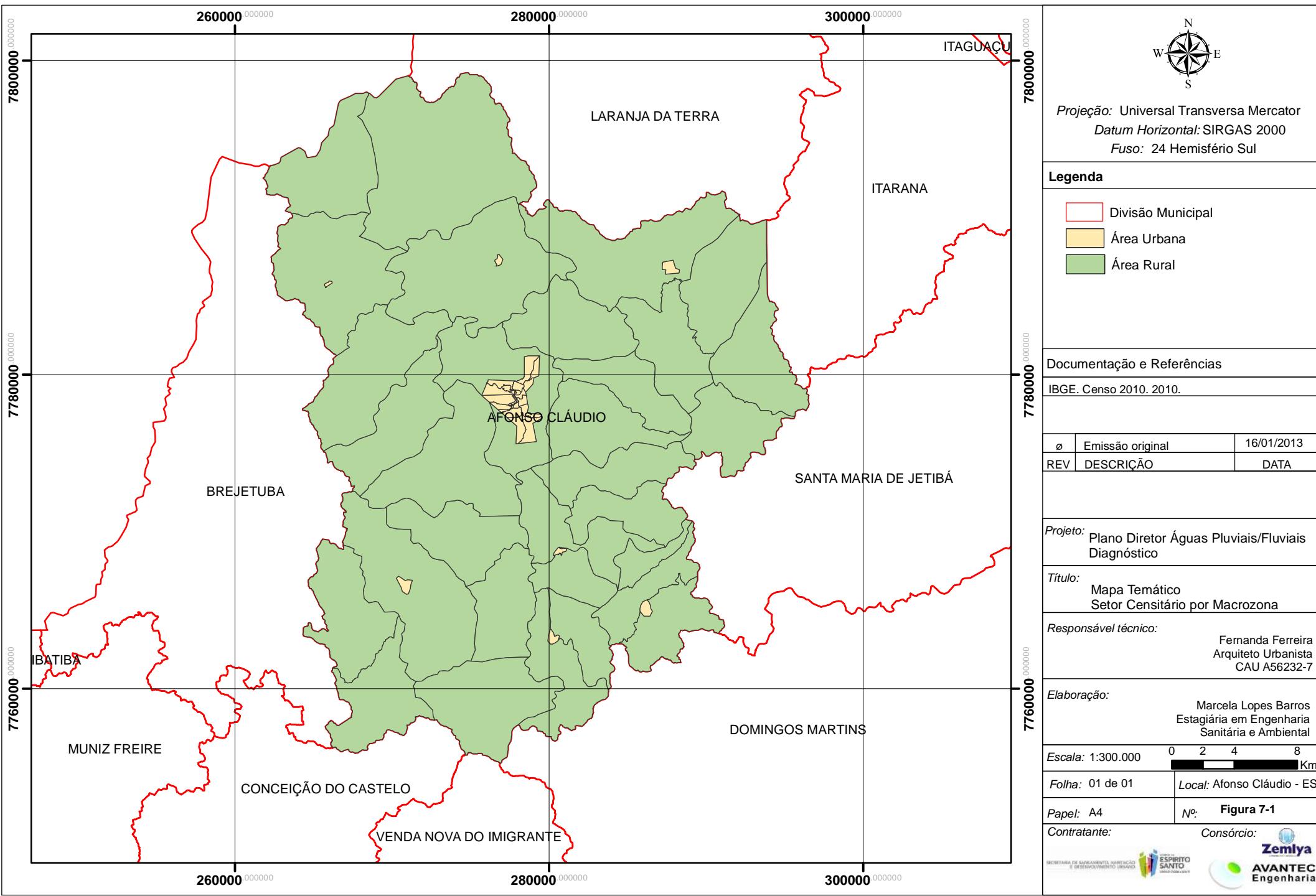
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )*	População por Setor (hab)*	Área	Bairros / Comunidades	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
45	492.64	373	urbana	Sede	Rio Guardú	parcial
46	12350.95	405	urbana	Sede	Rio Guardú	total
47	13477.61	416	urbana	Sede	Rio Guardú	total
48	3699.77	739	urbana	Sede	Rio Guardú	total
49	1452.39	630	urbana	Sede	Ribeirão Arrependido	total
50	1976.68	696	urbana	Sede	Rio Guardú	total
53	925.14	74	urbana	Ibicaba		
59	366.97	194	urbana	Piracema	Rio do Peixe	total
66	1481.23	763	urbana	Pontões	Rio Guardú	total
70	601.09	118	urbana	São Francisco Xavier do Guandu		
72	426.32	88	urbana	São Luis de Boa Sorte	Rio Guardú	total
77	1361	794	urbana	Serra Pelada		
32	17.94	419	rural		Ribeirão Arrependido	total
33	16.71	653	rural		Rio do Peixe	parcial
34	20.61	539	rural			
35	9.88	266	rural			
36	19.44	615	rural		Ribeirão Arrependido - Rio Guardú - Rio do	parcial - parcial - parcial
37	9.57	345	rural			
41	29.78	520	rural		Ribeirão Arrependido	parcial
51	45.21	570	rural	Fazenda Guandu	Rio Guardú	total
52	25.41	493	rural	Fazenda Guandu	Rio Guardú	total
54	9.11	384	rural	Ibicaba		
55	6.5	493	rural	Ibicaba		
56	8.55	250	rural	Ibicaba		
57	36.26	890	rural	Mata Fria		
58	26.68	525	rural	Mata Fria		
60	10.69	497	rural	Piracema	Rio do Peixe	total

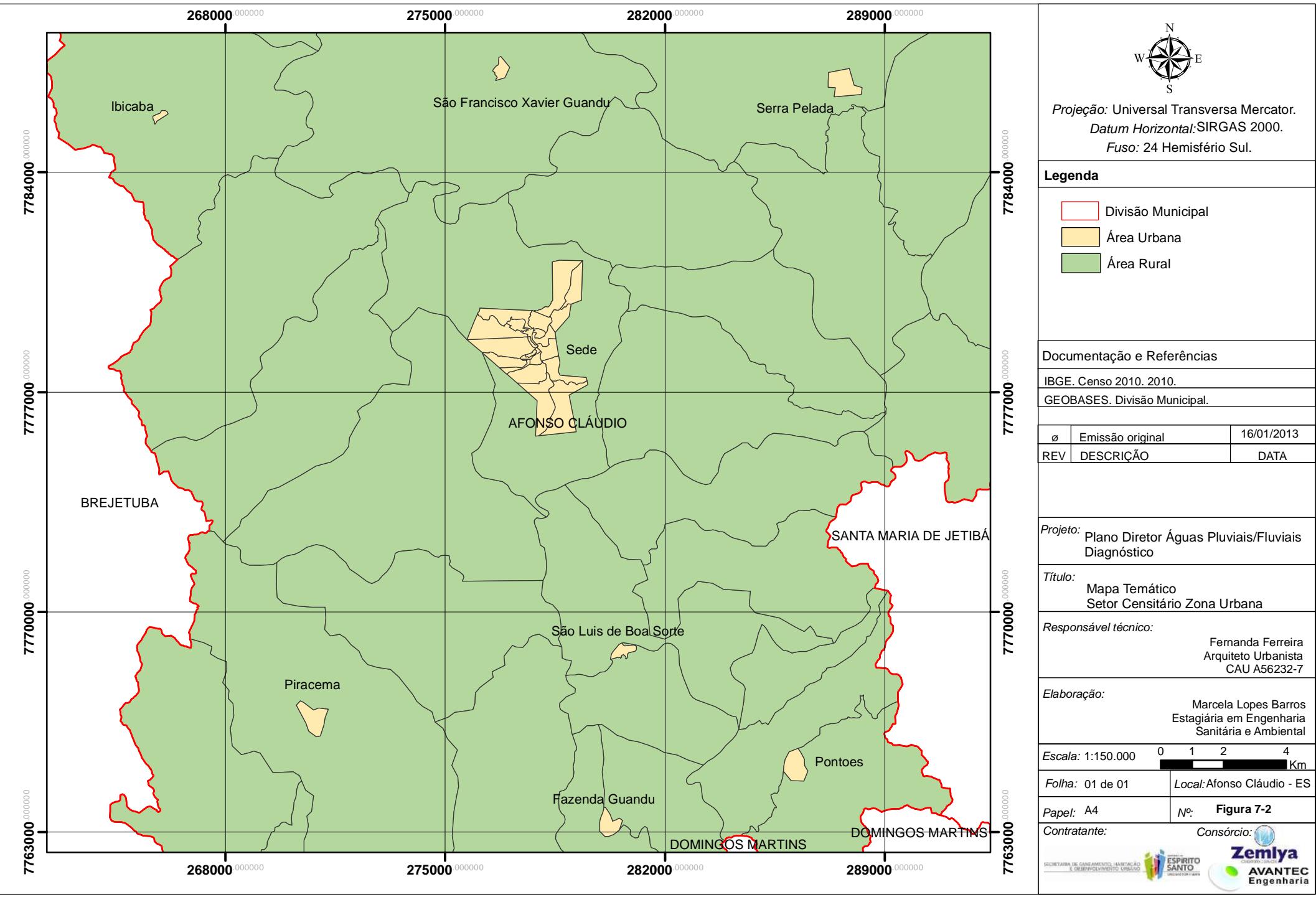
**Tabela 7-1 (Continuação):** Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.

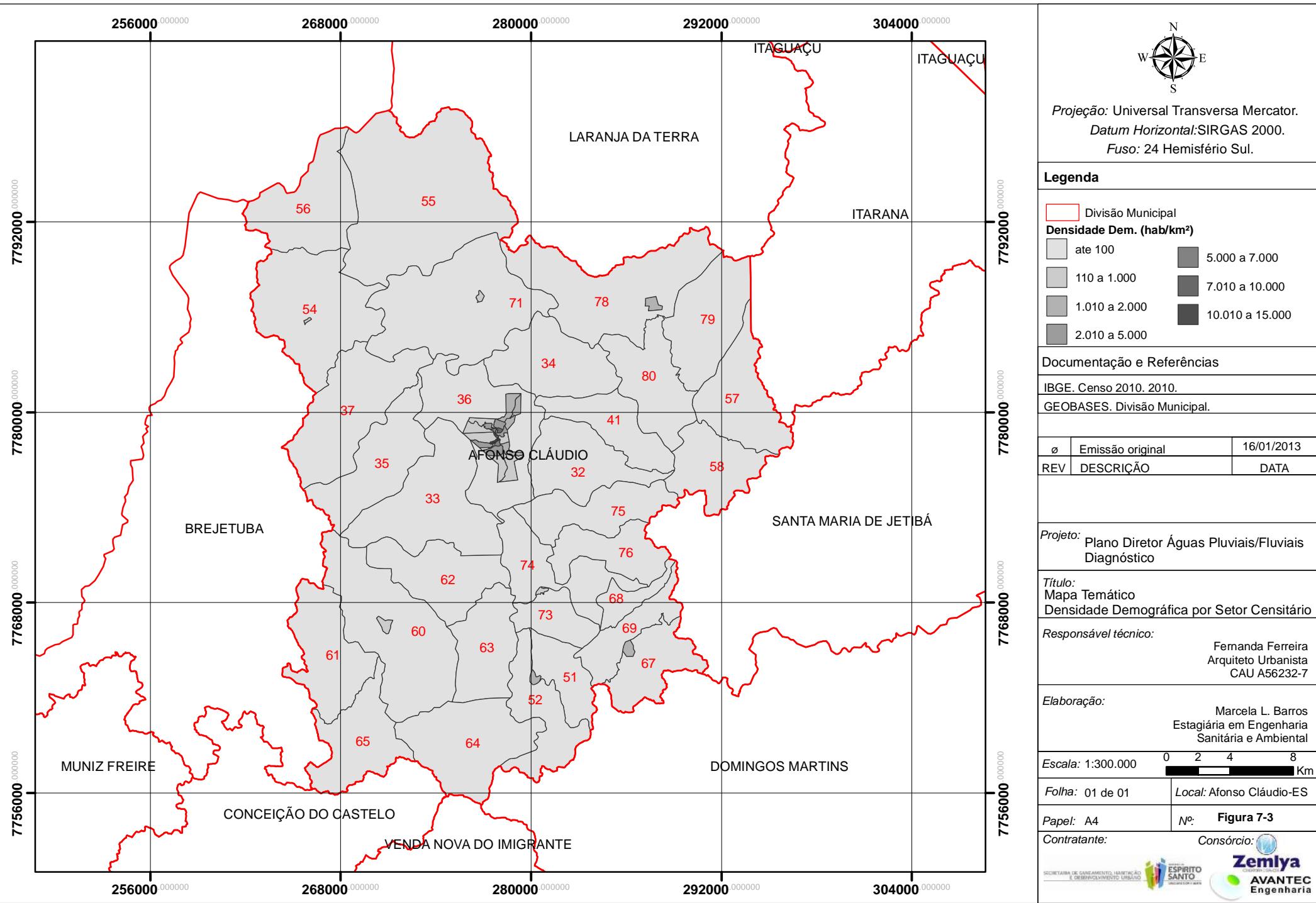
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )*	População por Setor (hab)*	Área	Bairros / Comunidades	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
61	17.15	442	rural	Piracema	Rio do Peixe	total
62	11.48	274	rural	Piracema	Rio do Peixe	total
63	15.1	317	rural	Piracema	Rio do Peixe	total
64	23.78	781	rural	Piracema	Rio do Peixe	total
65	22.86	533	rural	Piracema	Rio do Peixe	total
67	21.58	369	rural	Pontões	Rio Guandú	total
68	39.76	245	rural	Pontões	Rio Guandú	total
69	37.63	487	rural	Pontões	Rio Guandú	total
71	12.32	639	rural	São Francisco Xavier do Guandu		
73	22.86	249	rural	São Luis de Boa Sorte	Rio Guandú	total
74	30.16	638	rural	São Luis de Boa Sorte	Rio Guandú	total
75	22.79	462	rural	São Luis de Boa Sorte	Rio Guandú	total
76	26.83	449	rural	São Luis de Boa Sorte	Rio Guandú	total
78	15.89	708	rural	Serra Pelada		
79	20.39	548	rural	Serra Pelada		
80	27.71	636	rural	Serra Pelada		

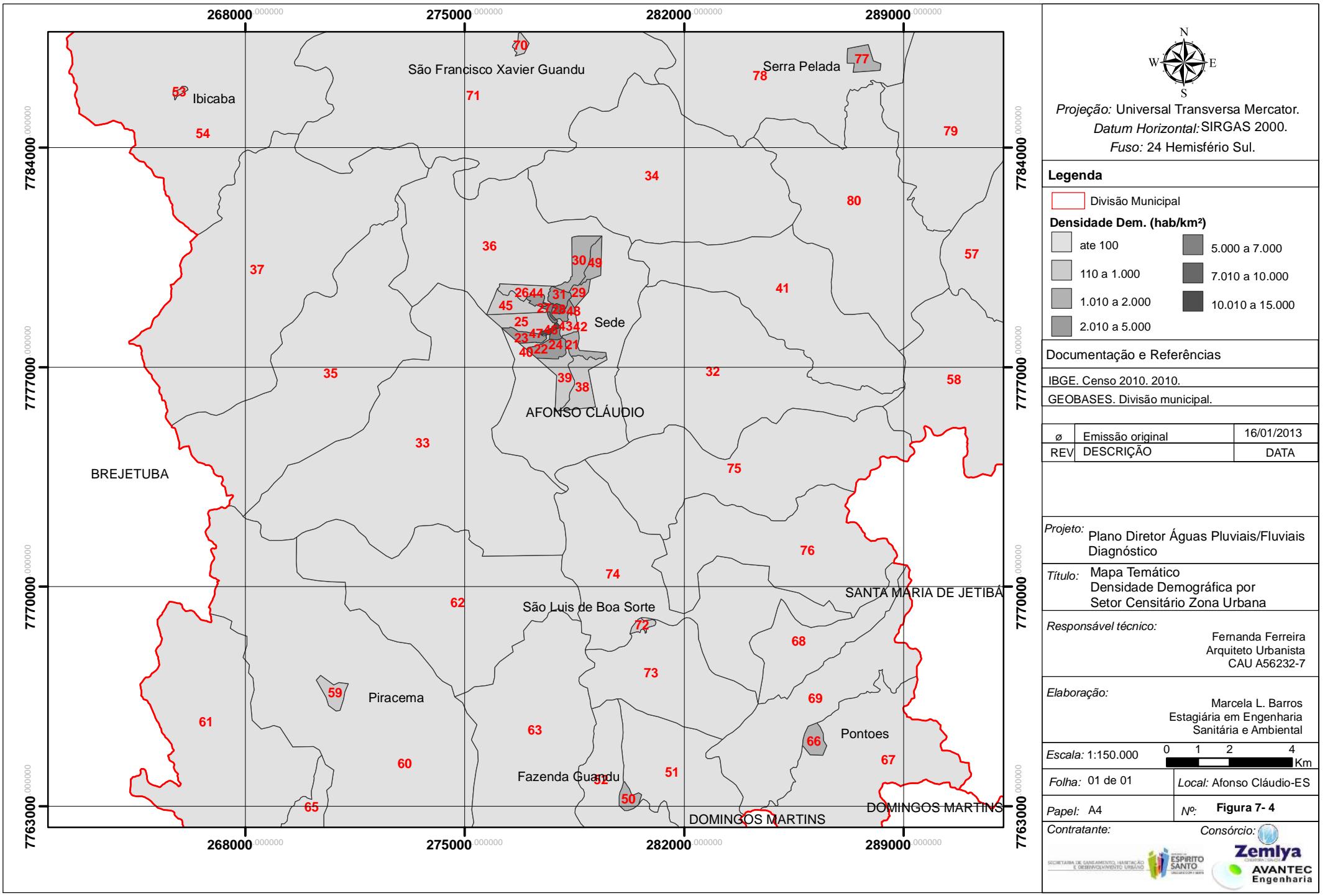
\* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

\*\* Dados estimados a partir dos dados consultados no IBGE, Censo 2010.



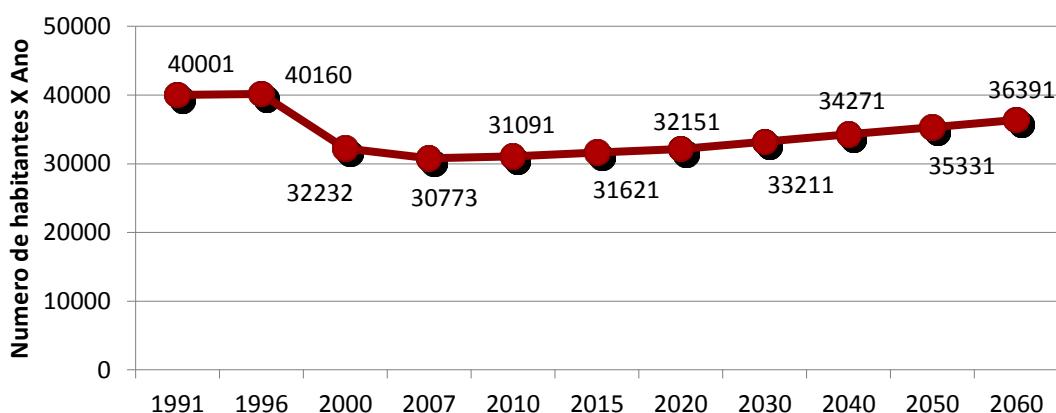






A partir do número total da população no ano de 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010, obtidos no Censo 2010 do IBGE, calculou-se a média de crescimento populacional por ano. Dessa forma, foi possível projetar o número total da população para o ano de 2015, 2020, 2030 até 2060 (**Figura 7-5**). Considerando-se os dados coletados nos Censos, calculou-se uma Taxa de Crescimento Populacional de 0,34% ao ano.

A média de crescimento populacional também orientou o cálculo desse crescimento e da densidade demográfica por setor censitário, em horizontes de 5 anos, 10 anos, 15 anos, 20 anos e 50 anos a partir de 2010 (**Tabela 7-2**).



**Figura 7-5:** Evolução da população de Afonso Cláudio - ES.

**Tabela 7-2:** Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO													
Identificação Setor Censitario		Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )**	População Estimada**		Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )**	População Estimada**		Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )**	População Estimada**		Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )**	População Estimada**	
20	H	6326,57	251	H	6432,61	255	H	6538,65	260	H	6644,69	264	H
21	O	1297,75	605	O	1359,35	633	O	1420,94	662	O	1482,54	691	O
22	R	2197,03	1281	R	2301,31	1342	R	2405,58	1402	R	2509,86	1463	R
23	I	1908,13	729	I	1998,70	763	I	2089,27	798	I	2179,83	832	I
24	Z	6037,17	635	Z	6323,71	665	Z	6610,25	695	Z	6896,79	726	Z
25	O	618,70	606	O	648,06	635	O	677,43	663	O	706,79	692	O
26	N	744,13	436	N	779,44	456	N	814,76	477	N	850,08	498	N
27	T	6120,72	500	T	6411,23	523	T	6701,73	547	T	6992,24	571	T
28	E	8929,30	775	E	9353,11	812	E	9776,92	848	E	10200,73	885	E
29	-	1803,17	585	-	1888,75	613	-	1974,34	640	-	2059,92	668	-
30	-	963,66	956	-	1009,40	1002	-	1055,14	1047	-	1100,88	1093	-
31	5	2081,71	678	5	2180,51	710	5	2279,32	743	5	2378,12	775	5
38	0	627,42	776	0	657,20	813	0	686,98	849	0	716,76	886	0
39	A	546,82	528	A	572,77	553	A	598,72	578	A	624,68	603	A
40	N	5718,16	621	N	5989,56	651	N	6260,96	680	N	6532,36	710	N
42	O	894,01	271	O	936,44	284	O	978,87	297	O	1021,31	309	O
43	S	10856,75	225	S	11372,04	235	S	11887,33	246	S	12402,62	257	S
44	-	3561,80	627	-	3730,85	656	-	3899,91	686	-	4068,96	716	-
45	5	467,19	392	5	489,36	410	5	511,53	429	5	533,71	447	5
46	0	11712,75	425	0	12268,67	445	0	12824,59	466	0	13380,51	486	0
47	1	12781,18	437	1	13387,81	457	1	13994,45	478	1	14601,08	499	1
48	2	3508,65	776	2	3675,18	813	2	3841,71	849	2	4008,25	886	2
49	0	1377,42	661	0	1442,79	693	0	1508,17	724	0	1573,55	756	0
50	1	1874,01	731	1	1962,95	765	1	2051,90	800	1	2140,85	835	1
53	5	877,36	78	5	919,00	81	5	960,64	85	5	1002,28	89	5
59	-	347,90	204	-	364,41	213	-	380,92	223	-	397,43	233	-
66	2	1404,44	801	2	1471,09	839	2	1537,75	877	2	1604,41	915	2
70	0	570,14	124	0	597,20	130	0	624,26	136	0	651,32	142	0
72	1	404,22	92	1	423,41	97	1	442,59	101	1	461,78	106	1
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0			0			0			0			0
	6			6			6			6			6
	0</td												

**Tabela 7-2 (Continuação):** Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO														
Identificação Setor Censitário	Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )**	População Estimada**	Densidade (hab/Km <sup>2</sup> )**											
77	1291,04	834	1352,32	873	1413,59	913	1474,87	952	1842,53	1190	16,20	419	22,61	978
32	16,20	419	16,20	419	16,20	419	16,20	419	16,20	419	16,20	419	16,20	419
33	15,84	686	H	16,59	718	H	17,34	751	H	18,10	783	H	22,33	808
34	19,55	566	O	20,48	593	O	21,40	620	O	22,33	646	O	27,90	808
35	9,37	279	R	9,81	293	R	10,26	306	R	10,70	319	R	13,37	399
36	18,44	646	I	19,31	676	I	20,19	707	I	21,06	738	I	26,31	921
37	9,07	362	Z	9,50	379	Z	9,93	397	Z	10,36	414	Z	12,95	517
41	28,24	546	O	29,58	572	O	30,92	598	O	32,26	624	O	40,30	779
51	42,86	598	N	44,89	627	N	46,93	655	N	48,96	684	N	61,17	854
52	24,09	518	T	25,23	542	T	26,37	567	T	27,51	591	T	34,37	739
54	8,64	403	E	9,05	422	E	9,46	441	E	9,87	461	E	12,33	575
55	6,17	518	-	6,46	542	-	6,76	567	-	7,05	591	-	8,81	739
56	8,11	262	-	8,50	275	-	8,88	287	-	9,27	300	-	11,58	375
57	34,39	934	-	36,03	979	-	37,66	1023	-	39,29	1067	-	49,09	1333
58	25,31	551	1	26,51	577	1	27,71	603	2	28,91	630	5	36,11	787
60	10,13	522	0	10,62	547	5	11,10	571	0	11,58	596	0	14,46	745
61	16,26	464	A	17,03	486	A	17,80	508	A	18,58	530	A	23,21	662
62	10,89	288	N	11,40	301	N	11,92	315	N	12,44	329	N	15,54	411
63	14,32	333	O	15,00	349	O	15,68	364	O	16,36	380	O	20,43	475
64	22,55	820	S	23,62	859	S	24,69	898	S	25,76	937	S	32,18	1170
65	21,67	560	-	22,70	586	-	23,72	613	-	24,75	639	-	30,92	799
67	20,46	387	-	21,43	406	-	22,40	424	-	23,38	443	-	29,20	553
68	37,70	257	-	39,49	269	-	41,27	282	-	43,06	294	-	53,80	367
69	35,68	511	2	37,38	536	2	39,07	560	2	40,76	584	2	50,93	730
71	11,68	671	0	12,24	703	0	12,79	735	0	13,35	766	0	16,67	957
73	21,68	261	1	22,71	274	2	23,74	286	3	24,76	299	6	30,94	373
74	28,60	670	5	29,96	702	5	31,32	733	0	32,67	765	0	40,82	956
75	21,61	485	-	22,64	508	-	23,66	531	-	24,69	554	-	30,84	692
76	25,45	471	-	26,65	494	-	27,86	516	-	29,07	538	-	36,31	673
78	15,08	743	-	15,79	779	-	16,51	814	-	17,22	849	-	21,52	1061
79	19,35	575	-	20,26	603	-	21,18	630	-	22,10	657	-	27,61	821
80	26,28	668	-	27,53	699	-	28,77	731	-	30,02	763	-	37,51	953

\* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

\*\* Dados estimados a partir dos dados consultados no IBGE, Censo 2010.

## 7.3 INUNDAÇÃO NAS BACIAS DOS RIOS GUANDU E DO PEIXE E DO RIBEIRÃO ARREPENDIDO NO CENÁRIO FUTURO

No Cenário Futuro, foram previstas alterações do uso do solo das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido e simuladas vazões do mesmo a partir das chuvas com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. As vazões foram simuladas utilizando a mesma metodologia utilizada para a simulação do Cenário Atual. Após o cálculo das vazões, estas foram usadas como dado de entrada para o modelo HEC-RAS para simulação dos níveis d'água e das áreas a serem inundadas pelas respectivas vazões.

As mudanças no uso do solo propostas, que geraram o mapa de uso de solo futuro da área simulada foram as seguintes:

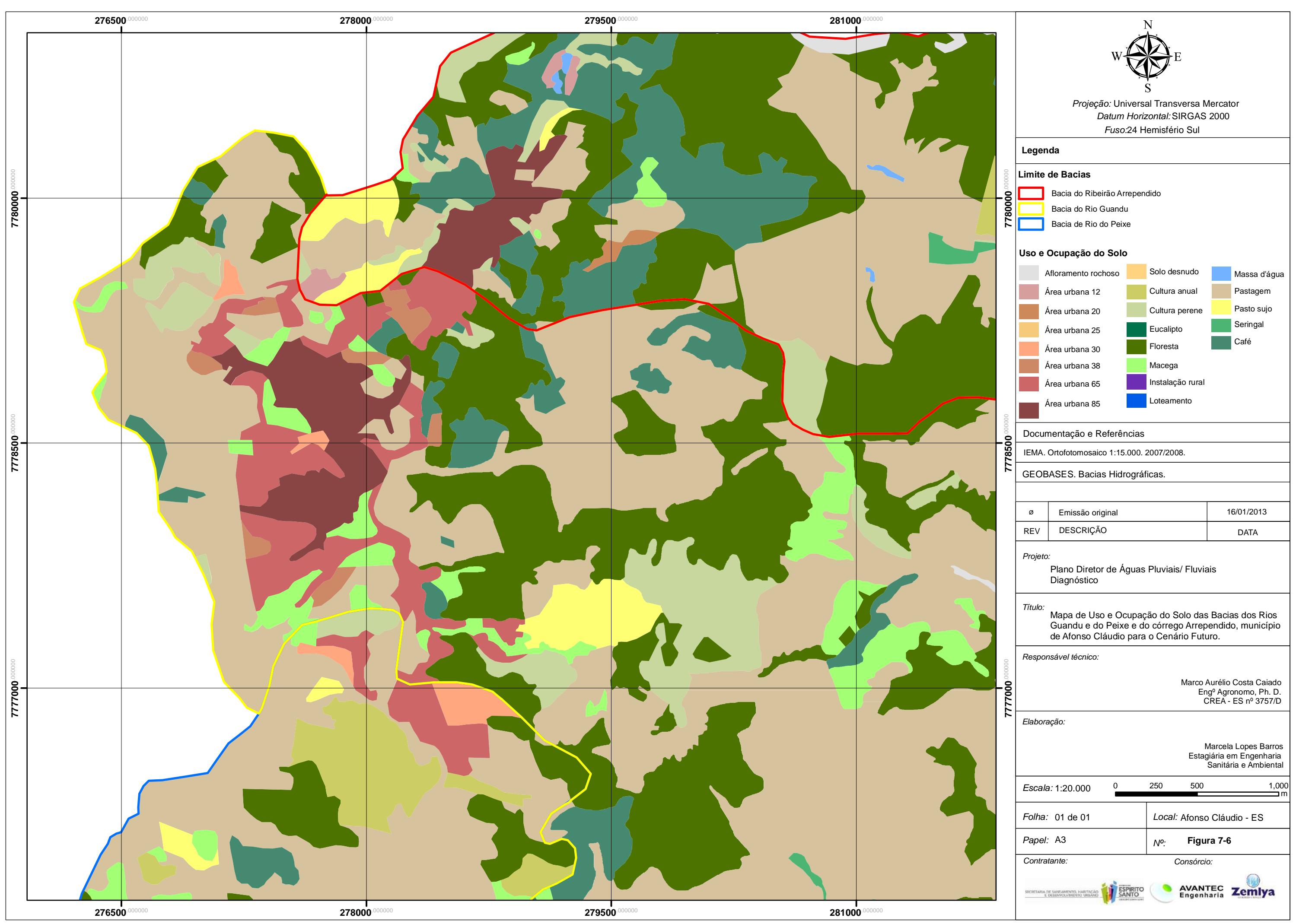
- no bairro João Valim, áreas urbanas com 30% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- ainda no bairro João Valim, crescimento urbano no sentido nordeste com área urbana com impermeabilização de 30%;
- no bairro Leni Alves de Lima, área urbanas com 20% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- ainda no bairro Leni Alves de Lima, crescimento ao longo da vertente do mesmo sentido leste-oeste com área urbana com 30% de impermeabilização;
- no bairro Itapuã, áreas urbanas com 20% e 38% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro São Vicente, áreas urbanas com 30% e 38% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro Amancio Pimenta, áreas urbanas com 38% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro Bela Vista, áreas urbanas com 30% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro Jandira Alves Giesta, áreas urbanas com 30% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;

- ainda no bairro Jandira Alves Giesta, áreas ocupadas por pastagem passam a área urbana com 38% de impermeabilização;
- no bairro Vila Nova, áreas ocupadas por pastagens passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro Maria Valim, áreas ocupadas por pastagens passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro São Tarcísio, áreas ocupadas por pastagens e/ou por processo de loteamento passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro José Valim, áreas ocupadas por pastagens passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro Chácara da Providência, áreas urbanas com 25% de impermeabilização passam a área urbana com 65% de impermeabilização;
- crescimento do bairro Chácara Providência, no sentido oeste-leste com área urbana com 38% de impermeabilização;
- na Colina do Cruzeiro, áreas urbanas com 38% de impermeabilização passam a área urbana com 85% de impermeabilização;
- crescimento da Colina do Cruzeiro no sentido noroeste-sudeste com área urbana com 65% de impermeabilização;
- no bairro Gramá, áreas urbanas com 65% de impermeabilização passam para área urbana com 85% de impermeabilização;
- no bairro Custódio Ribeiro Leite, áreas urbanas com 65% de impermeabilização passam para área urbana com 85% de impermeabilização;
- no bairro João Soares, áreas urbanas com 65% de impermeabilização passam para área urbana com 85% de impermeabilização;
- no bairro Boa Fé, áreas urbanas com 25% e 38% de impermeabilização passam para área urbana com 65% de impermeabilização;
- crescimento do bairro Boa Fé no sentido norte-sul com área urbana com 38% de impermeabilização;
- no bairro Constantino Delpudo, área urbana com 38% de impermeabilização e/ou áreas em processo de loteamento passam para área urbana com 65% de impermeabilização;

- no bairro Constantino Delpudo, área urbana com 65% de impermeabilização passam para área urbana com 85% de impermeabilização;
- crescimento do bairro Constantino Delpudo no sentido leste-oeste com área urbana com 38% de impermeabilização.

### 7.3.1 Uso do solo futuro e cálculo de vazões

A **Figura 7-6** apresenta o Mapa de Uso Futuro das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido. A **Tabela 7-3**, a **Tabela 7-4**, a **Tabela 7-5**, a **Tabela 7-6**, a **Tabela 7-7**, a **Tabela 7-8** e a **Tabela 7-9**, por sua vez, apresentam as vazões simuladas para as bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido, correspondentes a chuvas com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, respectivamente.



**Tabela 7-3:** Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 5 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m <sup>3</sup> /s	%		m <sup>3</sup> /s	%
Junção-1	105.05	0.02%	Subbacia-12	5.2	15.00%
Junção-10	78.4	0.04%	Subbacia-13	6.19	0.97%
Junção-2	161.4	0.04%	Subbacia-14	2.77	0.00%
Junção-3	161.83	0.08%	Subbacia-15	82.31	0.33%
Junção-4	162.64	0.12%	Subbacia-16	77.74	0.00%
Junção-5	177.17	0.14%	Subbacia-17	1.67	0.00%
Junção-6	177.55	0.14%	Subbacia-18	0.06	0.00%
Junção-7	78.08	0.00%	Subbacia-19	0.55	27.27%
Junção-8	78.09	0.00%	Subbacia-2	0.34	61.76%
Junção-9	78.24	0.04%	Subbacia-20	1.77	1.13%
Trecho-1	105.04	0.01%	Subbacia-21	1.46	78.08%
Trecho-10	78.4	0.04%	Subbacia-22	1.13	1.77%
Trecho-2	161.4	0.04%	Subbacia-23	0.1	10.00%
Trecho-3	161.83	0.08%	Subbacia-24	0.65	72.31%
Trecho-4	162.64	0.12%	Subbacia-3	1.36	16.91%
Trecho-5	177.17	0.14%	Subbacia-4	0.05	0.00%
Trecho-7	78.08	0.00%	Subbacia-5	2.08	50.48%
Trecho-8	78.09	0.00%	Subbacia-6	0.08	0.00%
Trecho-9	78.24	0.04%	Subbacia-7	5.39	20.78%
Subbacia-1	104.94	0.00%	Subbacia-8	1.88	13.83%
Subbacia-10	7.87	8.39%	Subbacia-9	2.85	48.77%
Subbacia-11	3.09	17.48%	-	-	-

**Tabela 7-4:** Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 10 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m <sup>3</sup> /s	%		m <sup>3</sup> /s	%
<b>Junção-1</b>	140.1	0.01%	<b>Subbacia-12</b>	6.28	13.38%
<b>Junção-10</b>	107.38	0.03%	<b>Subbacia-13</b>	7.96	1.01%
<b>Junção-2</b>	218.73	0.04%	<b>Subbacia-14</b>	3.43	0.00%
<b>Junção-3</b>	219.26	0.07%	<b>Subbacia-15</b>	104.37	0.29%
<b>Junção-4</b>	220.25	0.10%	<b>Subbacia-16</b>	106.5	0.00%
<b>Junção-5</b>	237.87	0.11%	<b>Subbacia-17</b>	3.25	0.00%
<b>Junção-6</b>	238.33	0.11%	<b>Subbacia-18</b>	0.16	0.00%
<b>Junção-7</b>	106.96	0.00%	<b>Subbacia-19</b>	0.85	21.18%
<b>Junção-8</b>	106.98	0.00%	<b>Subbacia-2</b>	0.66	43.94%
<b>Junção-9</b>	107.16	0.03%	<b>Subbacia-20</b>	2.21	0.90%
<b>Trecho-1</b>	140.1	0.01%	<b>Subbacia-21</b>	2.03	68.47%
<b>Trecho-10</b>	107.38	0.03%	<b>Subbacia-22</b>	1.97	1.52%
<b>Trecho-2</b>	218.72	0.03%	<b>Subbacia-23</b>	0.17	5.88%
<b>Trecho-3</b>	219.25	0.06%	<b>Subbacia-24</b>	1	58.00%
<b>Trecho-4</b>	220.25	0.10%	<b>Subbacia-3</b>	0.51	31.37%
<b>Trecho-5</b>	237.87	0.11%	<b>Subbacia-4</b>	0.12	0.00%
<b>Trecho-7</b>	106.96	0.00%	<b>Subbacia-5</b>	3.07	42.67%
<b>Trecho-8</b>	106.98	0.00%	<b>Subbacia-6</b>	0.18	0.00%
<b>Trecho-9</b>	107.16	0.03%	<b>Subbacia-7</b>	6.51	18.59%
<b>Subbacia-1</b>	140.01	0.00%	<b>Subbacia-8</b>	3.36	11.31%
<b>Subbacia-10</b>	9.3	7.53%	<b>Subbacia-9</b>	3.45	44.35%
<b>Subbacia-11</b>	3.63	15.43%	-	-	-

**Tabela 7-5:** Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 20 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m <sup>3</sup> /s	%		m <sup>3</sup> /s	%
<b>Junção-1</b>	182.76	0.01%	<b>Subbacia-12</b>	7.5	11.87%
<b>Junção-10</b>	143.24	0.03%	<b>Subbacia-13</b>	10	0.80%
<b>Junção-2</b>	288.94	0.03%	<b>Subbacia-14</b>	4.19	0.00%
<b>Junção-3</b>	289.58	0.05%	<b>Subbacia-15</b>	130.1	0.25%
<b>Junção-4</b>	290.8	0.08%	<b>Subbacia-16</b>	142.11	0.00%
<b>Junção-5</b>	312.11	0.09%	<b>Subbacia-17</b>	5.63	0.00%
<b>Junção-6</b>	312.65	0.09%	<b>Subbacia-18</b>	0.31	0.00%
<b>Junção-7</b>	142.72	0.00%	<b>Subbacia-19</b>	1.23	17.07%
<b>Junção-8</b>	142.73	0.00%	<b>Subbacia-2</b>	1.06	33.02%
<b>Junção-9</b>	142.96	0.03%	<b>Subbacia-20</b>	2.72	0.74%
<b>Trecho-1</b>	182.75	0.01%	<b>Subbacia-21</b>	2.72	59.93%
<b>Trecho-10</b>	143.24	0.03%	<b>Subbacia-22</b>	3.15	1.27%
<b>Trecho-2</b>	288.94	0.03%	<b>Subbacia-23</b>	0.26	3.85%
<b>Trecho-3</b>	289.58	0.06%	<b>Subbacia-24</b>	1.43	46.85%
<b>Trecho-4</b>	290.8	0.08%	<b>Subbacia-3</b>	0.83	22.89%
<b>Trecho-5</b>	312.11	0.09%	<b>Subbacia-4</b>	0.28	0.00%
<b>Trecho-7</b>	142.72	0.00%	<b>Subbacia-5</b>	4.29	36.13%
<b>Trecho-8</b>	142.73	0.00%	<b>Subbacia-6</b>	0.46	0.00%
<b>Trecho-9</b>	142.96	0.03%	<b>Subbacia-7</b>	7.79	16.82%
<b>Subbacia-1</b>	182.64	0.00%	<b>Subbacia-8</b>	5.45	9.17%
<b>Subbacia-10</b>	10.9	6.70%	<b>Subbacia-9</b>	4.13	40.19%
<b>Subbacia-11</b>	4.24	13.92%	-	-	-

**Tabela 7-6:** Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 25 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m <sup>3</sup> /s	%		m <sup>3</sup> /s	%
<b>Junção-1</b>	198.37	0.01%	<b>Subbacia-12</b>	7.93	11.48%
<b>Junção-10</b>	156.45	0.03%	<b>Subbacia-13</b>	10.73	0.75%
<b>Junção-2</b>	314.72	0.03%	<b>Subbacia-14</b>	4.46	0.00%
<b>Junção-3</b>	315.4	0.05%	<b>Subbacia-15</b>	139.28	0.25%
<b>Junção-4</b>	316.7	0.08%	<b>Subbacia-16</b>	155.23	0.00%
<b>Junção-5</b>	339.24	0.09%	<b>Subbacia-17</b>	6.61	0.00%
<b>Junção-6</b>	339.81	0.09%	<b>Subbacia-18</b>	0.37	0.00%
<b>Junção-7</b>	155.88	0.00%	<b>Subbacia-19</b>	1.37	16.06%
<b>Junção-8</b>	155.91	0.00%	<b>Subbacia-2</b>	1.2	30.00%
<b>Junção-9</b>	156.14	0.02%	<b>Subbacia-20</b>	2.9	0.69%
<b>Trecho-1</b>	198.37	0.01%	<b>Subbacia-21</b>	2.97	57.58%
<b>Trecho-10</b>	156.45	0.03%	<b>Subbacia-22</b>	3.6	1.11%
<b>Trecho-2</b>	314.72	0.03%	<b>Subbacia-23</b>	0.29	3.45%
<b>Trecho-3</b>	315.4	0.05%	<b>Subbacia-24</b>	1.59	44.65%
<b>Trecho-4</b>	316.69	0.07%	<b>Subbacia-3</b>	0.95	22.11%
<b>Trecho-5</b>	339.23	0.08%	<b>Subbacia-4</b>	0.35	0.00%
<b>Trecho-7</b>	155.88	0.00%	<b>Subbacia-5</b>	4.73	34.46%
<b>Trecho-8</b>	155.9	0.00%	<b>Subbacia-6</b>	0.58	0.00%
<b>Trecho-9</b>	156.14	0.02%	<b>Subbacia-7</b>	8.23	16.28%
<b>Subbacia-1</b>	198.24	0.00%	<b>Subbacia-8</b>	6.28	8.76%
<b>Subbacia-10</b>	11.46	6.54%	<b>Subbacia-9</b>	4.37	38.90%
<b>Subbacia-11</b>	4.45	13.48%	-	-	-

**Tabela 7-7:** Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 30 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m <sup>3</sup> /s	%		m <sup>3</sup> /s	%
Junção-1	211.99	0.00%	Subbacia-12	8.29	11.10%
Junção-10	168.07	0.02%	Subbacia-13	11.35	0.70%
Junção-2	337.27	0.03%	Subbacia-14	4.69	0.00%
Junção-3	337.98	0.05%	Subbacia-15	147.18	0.24%
Junção-4	339.34	0.07%	Subbacia-16	166.78	0.00%
Junção-5	363.02	0.08%	Subbacia-17	7.48	0.00%
Junção-6	363.62	0.08%	Subbacia-18	0.42	0.00%
Junção-7	167.47	0.00%	Subbacia-19	1.49	15.44%
Junção-8	167.5	0.00%	Subbacia-2	1.33	28.57%
Junção-9	167.75	0.02%	Subbacia-20	3.06	0.98%
Trecho-1	211.99	0.00%	Subbacia-21	3.19	55.80%
Trecho-10	168.07	0.02%	Subbacia-22	4.01	1.00%
Trecho-2	337.27	0.03%	Subbacia-23	0.32	6.25%
Trecho-3	337.98	0.05%	Subbacia-24	1.73	42.20%
Trecho-4	339.34	0.07%	Subbacia-3	1.05	20.00%
Trecho-5	363.02	0.08%	Subbacia-4	0.41	0.00%
Trecho-7	167.47	0.00%	Subbacia-5	5.12	33.01%
Trecho-8	167.49	0.00%	Subbacia-6	0.69	0.00%
Trecho-9	167.75	0.02%	Subbacia-7	8.61	15.80%
Subbacia-1	211.85	0.00%	Subbacia-8	7.01	8.13%
Subbacia-10	11.93	6.29%	Subbacia-9	4.57	37.86%
Subbacia-11	4.63	13.17%	-	-	-

**Tabela 7-8:** Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 50 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m <sup>3</sup> /s	%		m <sup>3</sup> /s	%
<b>Junção-1</b>	253.45	0.01%	<b>Subbacia-12</b>	8.29	11.10%
<b>Junção-10</b>	203.6	0.02%	<b>Subbacia-13</b>	13.22	0.61%
<b>Junção-2</b>	406.03	0.02%	<b>Subbacia-14</b>	5.38	0.00%
<b>Junção-3</b>	406.84	0.04%	<b>Subbacia-15</b>	170.89	0.22%
<b>Junção-4</b>	408.4	0.06%	<b>Subbacia-16</b>	202.07	0.00%
<b>Junção-5</b>	435.31	0.07%	<b>Subbacia-17</b>	10.31	0.00%
<b>Junção-6</b>	435.98	0.07%	<b>Subbacia-18</b>	0.58	0.00%
<b>Junção-7</b>	202.91	0.00%	<b>Subbacia-19</b>	1.85	13.51%
<b>Junção-8</b>	202.93	0.00%	<b>Subbacia-2</b>	1.72	23.84%
<b>Junção-9</b>	203.22	0.02%	<b>Subbacia-20</b>	3.52	0.85%
<b>Trecho-1</b>	253.44	0.01%	<b>Subbacia-21</b>	3.84	50.78%
<b>Trecho-10</b>	203.6	0.02%	<b>Subbacia-22</b>	5.3	0.94%
<b>Trecho-2</b>	406.03	0.02%	<b>Subbacia-23</b>	0.4	5.00%
<b>Trecho-3</b>	406.83	0.04%	<b>Subbacia-24</b>	2.15	37.67%
<b>Trecho-4</b>	408.4	0.06%	<b>Subbacia-3</b>	1.36	16.91%
<b>Trecho-5</b>	435.3	0.07%	<b>Subbacia-4</b>	0.6	0.00%
<b>Trecho-7</b>	202.9	0.00%	<b>Subbacia-5</b>	6.3	29.52%
<b>Trecho-8</b>	202.93	0.00%	<b>Subbacia-6</b>	1.02	0.00%
<b>Trecho-9</b>	203.22	0.02%	<b>Subbacia-7</b>	9.74	14.68%
<b>Subbacia-1</b>	253.28	0.00%	<b>Subbacia-8</b>	9.35	7.17%
<b>Subbacia-10</b>	13.33	5.85%	<b>Subbacia-9</b>	5.18	35.33%
<b>Subbacia-11</b>	5.16	12.21%	-	-	-

**Tabela 7-9:** Vazões das Bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido para chuva com período de retorno de 100 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão	Elemento hidrológico	Vazão de pico	Aumento da vazão
	m <sup>3</sup> /s	%		m <sup>3</sup> /s	%
<b>Junção-1</b>	319.23	0.01%	<b>Subbacia-12</b>	11.03	9.43%
<b>Junção-10</b>	260.72	0.02%	<b>Subbacia-13</b>	16.1	0.62%
<b>Junção-2</b>	515.78	0.02%	<b>Subbacia-14</b>	6.43	0.00%
<b>Junção-3</b>	516.75	0.03%	<b>Subbacia-15</b>	207.36	0.20%
<b>Junção-4</b>	518.63	0.05%	<b>Subbacia-16</b>	258.82	0.00%
<b>Junção-5</b>	550.5	0.06%	<b>Subbacia-17</b>	15.12	0.00%
<b>Junção-6</b>	551.29	0.06%	<b>Subbacia-18</b>	0.84	0.00%
<b>Junção-7</b>	259.87	0.00%	<b>Subbacia-19</b>	2.44	11.48%
<b>Junção-8</b>	259.9	0.00%	<b>Subbacia-2</b>	2.34	19.66%
<b>Junção-9</b>	260.25	0.02%	<b>Subbacia-20</b>	4.22	0.71%
<b>Trecho-1</b>	319.23	0.01%	<b>Subbacia-21</b>	4.86	45.06%
<b>Trecho-10</b>	260.72	0.02%	<b>Subbacia-22</b>	7.43	0.81%
<b>Trecho-2</b>	515.77	0.02%	<b>Subbacia-23</b>	0.53	3.77%
<b>Trecho-3</b>	516.74	0.03%	<b>Subbacia-24</b>	2.81	32.38%
<b>Trecho-4</b>	518.63	0.05%	<b>Subbacia-3</b>	1.86	13.98%
<b>Trecho-5</b>	550.49	0.06%	<b>Subbacia-4</b>	0.91	0.00%
<b>Trecho-7</b>	259.87	0.00%	<b>Subbacia-5</b>	8.16	25.86%
<b>Trecho-8</b>	259.9	0.00%	<b>Subbacia-6</b>	1.58	0.00%
<b>Trecho-9</b>	260.25	0.02%	<b>Subbacia-7</b>	11.45	13.28%
<b>Subbacia-1</b>	319.03	0.00%	<b>Subbacia-8</b>	13.26	6.18%
<b>Subbacia-10</b>	15.41	5.19%	<b>Subbacia-9</b>	6.09	32.18%
<b>Subbacia-11</b>	5.95	10.92%	-	-	-

Conforme informado anteriormente, os elementos Trecho 1 representa o trecho do Rio Guandu a montante da junção com o Rio do Peixe. Os Trechos 7, 8, 9 e 10, por sua vez, correspondem os trechos do Rio do Peixe a montante de sua junção com o Rio Guandu. Os Trechos 2, 3, 4 e 5 representam os trechos do Rio

Guandu a jusante da junção com o Rio do Peixe. Por fim, a subbacia 15 representa a contribuição do Ribeirão Arrepentido.

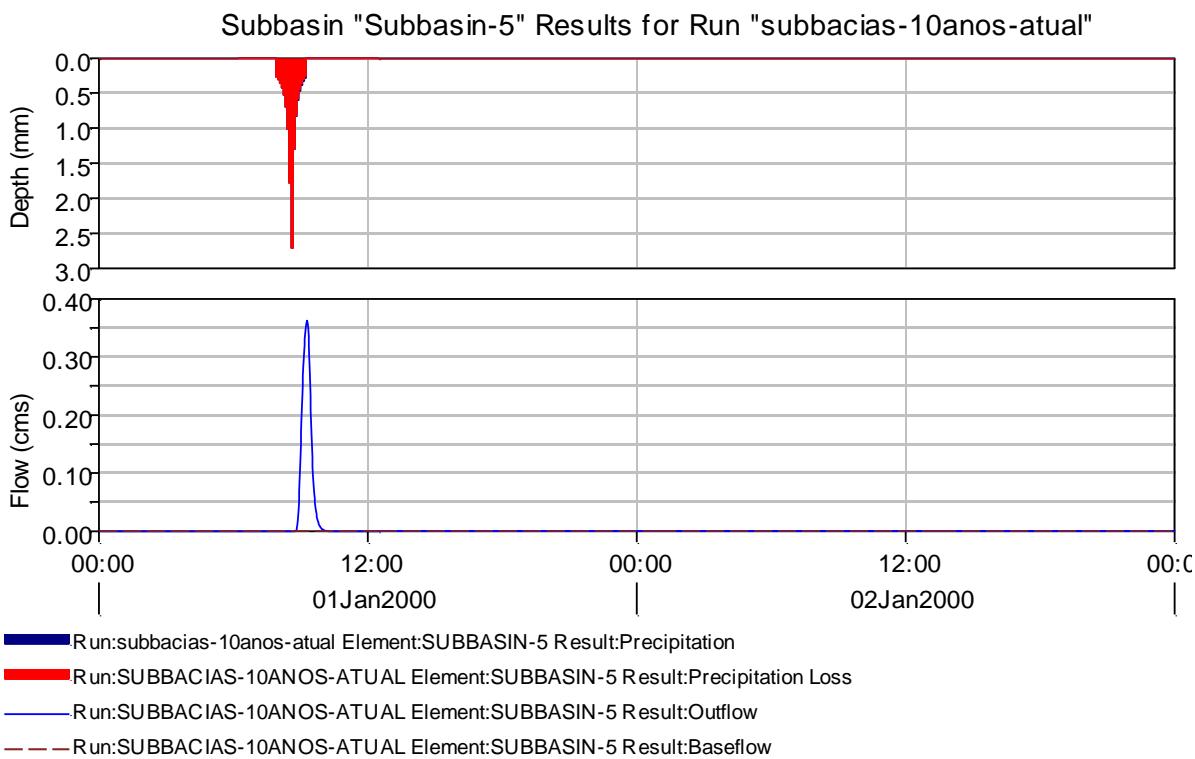
### **7.3.2 Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido no Cenário Futuro**

Não foi realizada a análise das vazões futuras para a hidráulica dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido, uma vez que, o crescimento urbano da sede municipal de Afonso Cláudio será insignificante para a vazão destes cursos d'água.

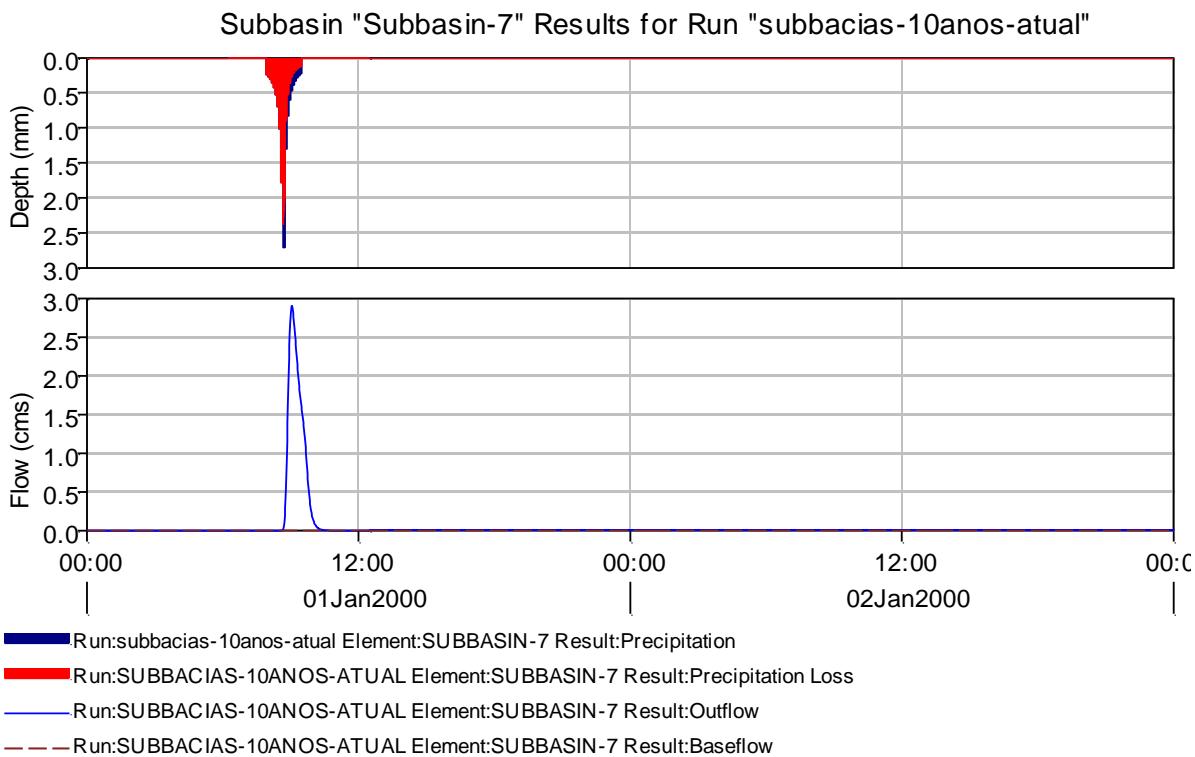
## **7.4 VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUBBACIAS**

As sub bacias urbanas das bacias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrepentido foram modeladas objetivando o dimensionamento das estruturas de drenagem das águas da mesma. A intensidade da chuva de projeto foi obtida para um período de retorno de 10 anos e com duração igual a três ou quatro vezes o tempo de concentração das mesmas, com hietograma definido a partir do método dos blocos alternados, conforme metodologia descrita nos itens **6.2**, **6.3** e **6.5.2**.

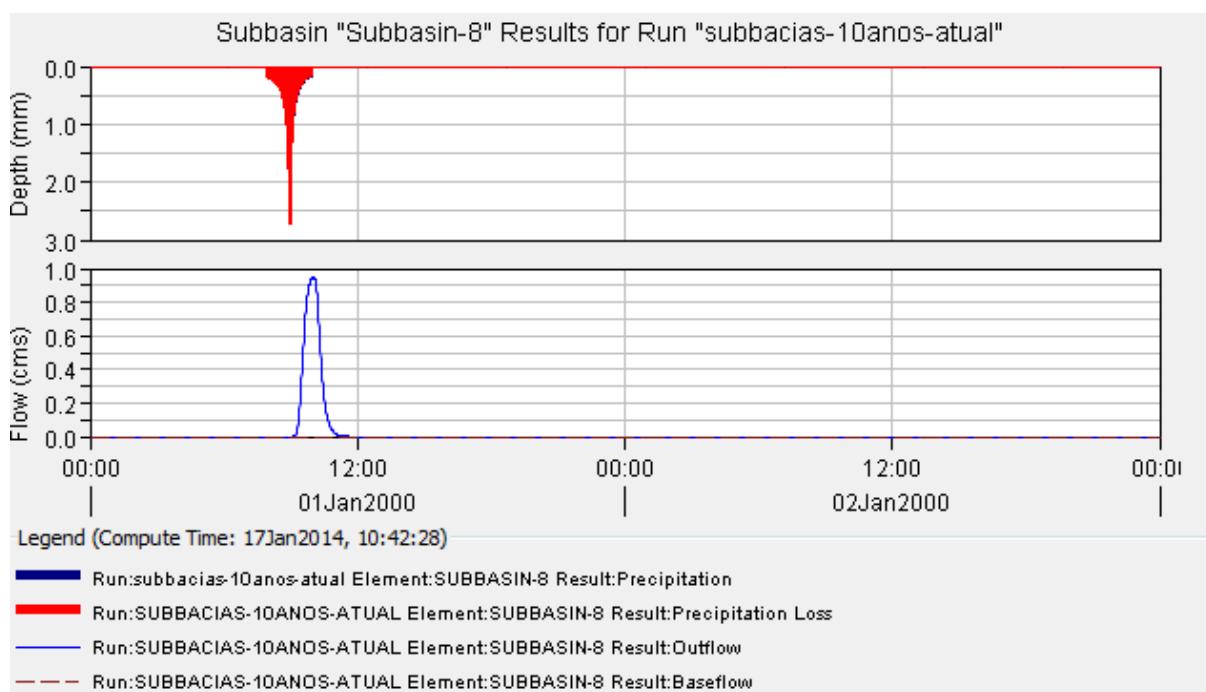
A **Figura 7-7**, **Figura 7-8**, **Figura 7-9**, **Figura 7-10**, **Figura 7-11**, **Figura 7-12**, **Figura 7-13** e a **Figura 7-14** apresenta o resultado da modelagem das sub bacias, com o hietograma e a vazão de projeto, enquanto a **Tabela 7-10** mostra o pico de vazões que as estruturas de drenagem a serem dimensionadas deverão suportar.



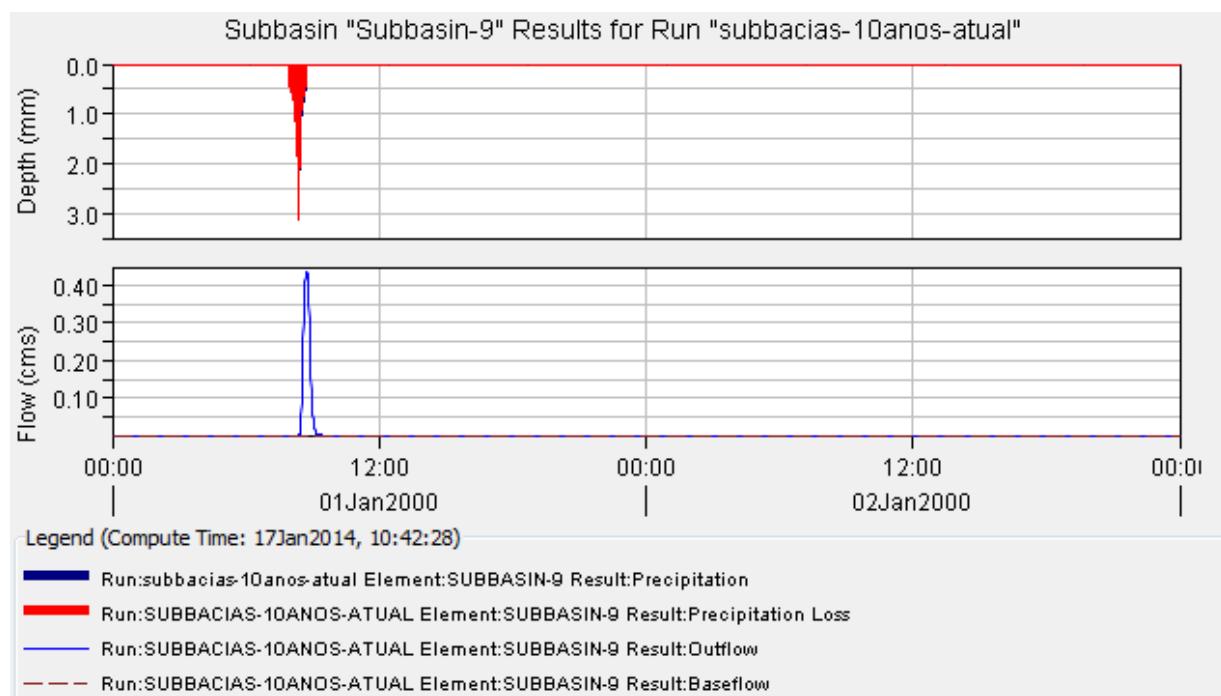
**Figura 7-7:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 5 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.



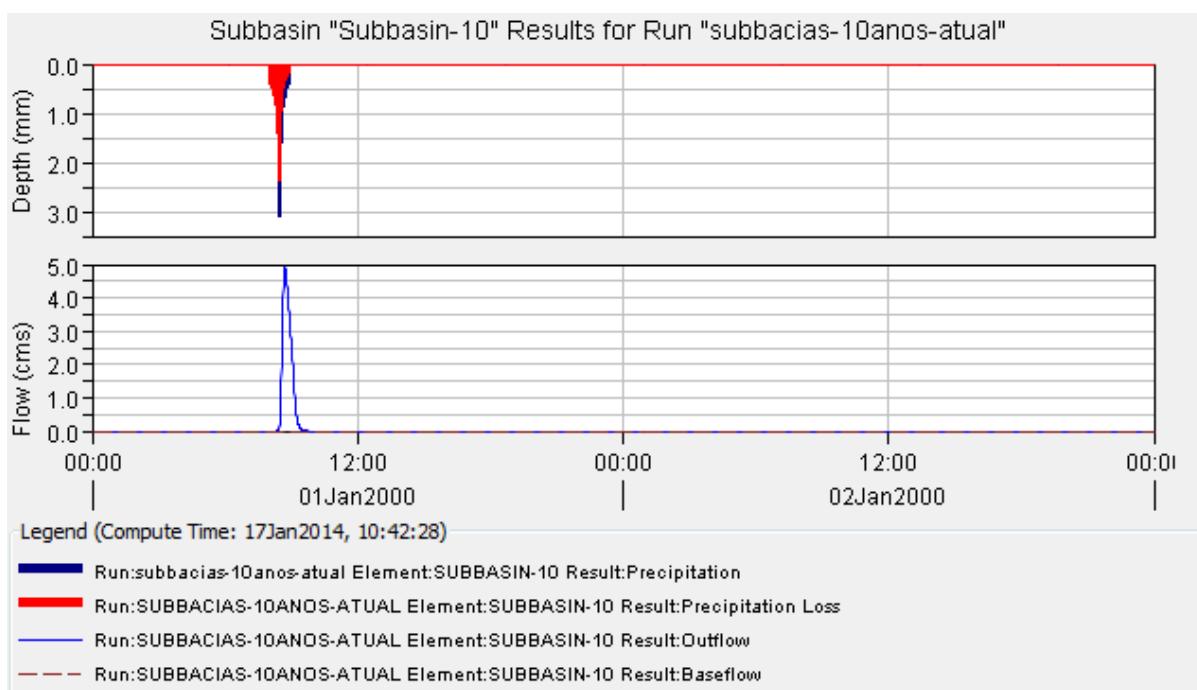
**Figura 7-8:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 7 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.



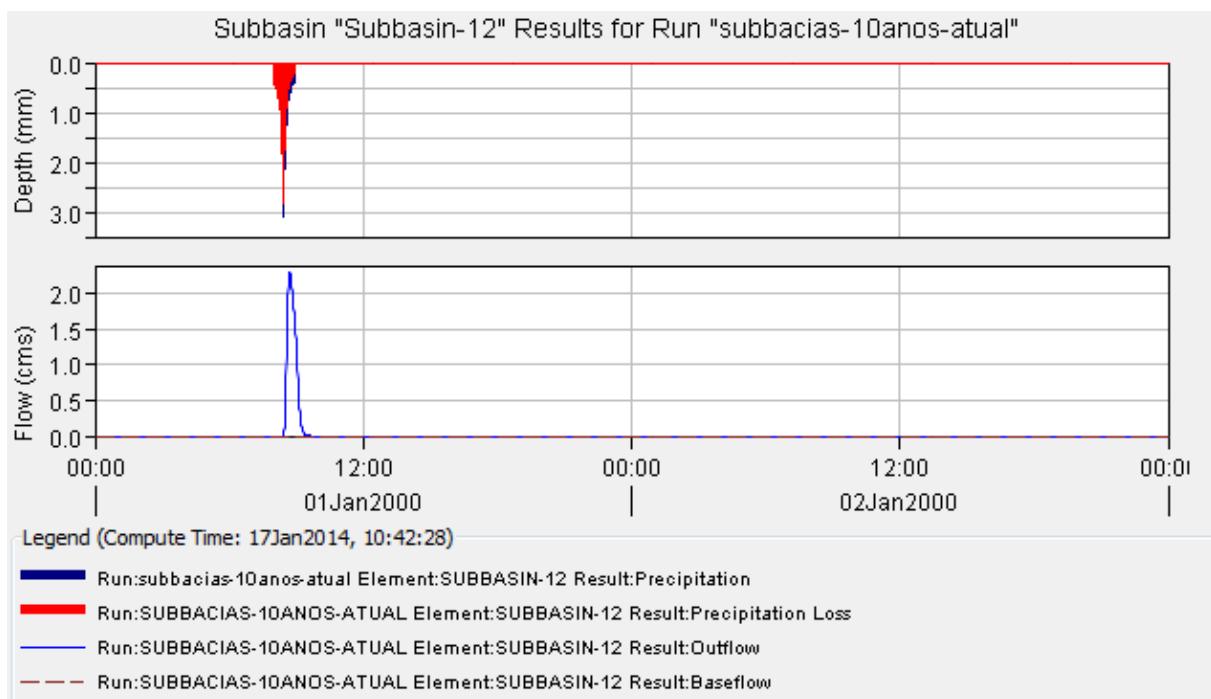
**Figura 7-9:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 8 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.



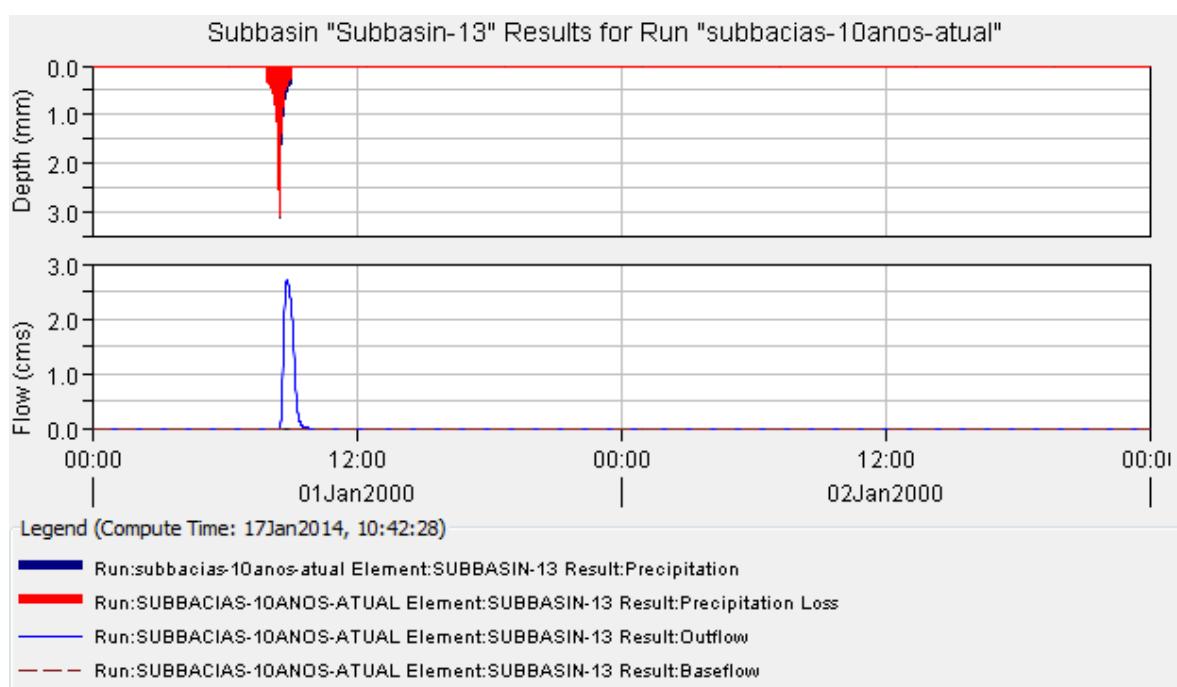
**Figura 7-10:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 9 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.



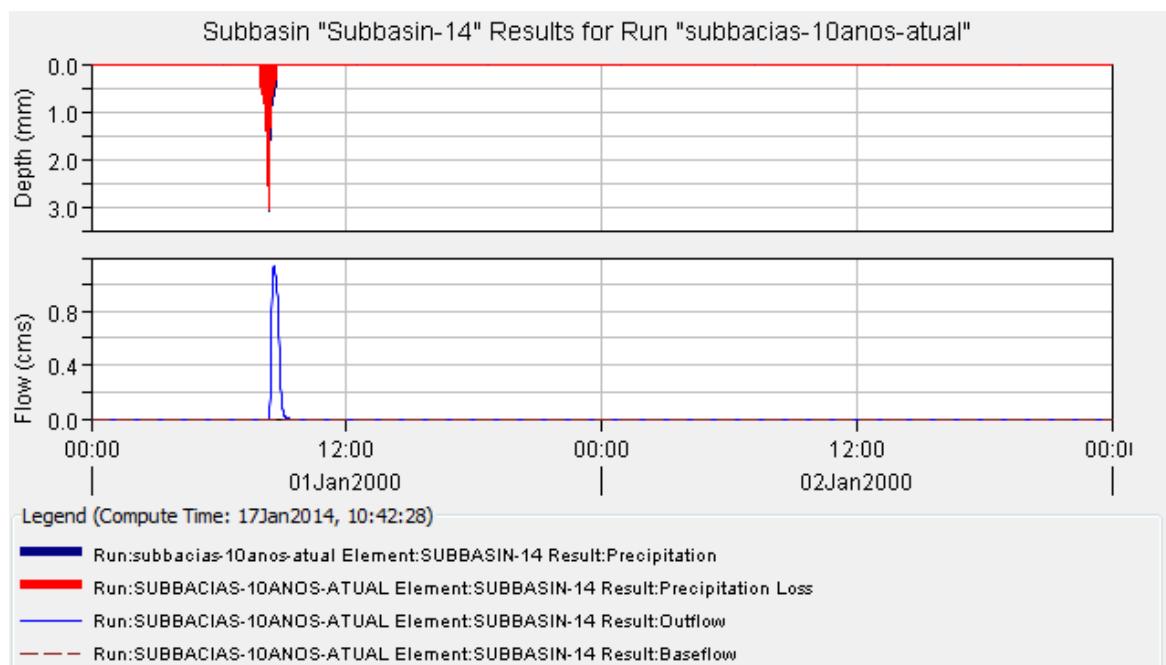
**Figura 7-11:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 10 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.



**Figura 7-12:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 12 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.



**Figura 7-13:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 13 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.



**Figura 7-14:** Hidrograma e escoamento superficial da sub bacia 14 para chuva com tempo de recorrência de 10 anos.

**Tabela 7-10:** Pico de vazão das sub bacias na sede municipal de Afonso Cláudio para chuva com tempo de recorrência de 10.

Sub bacia	Pico de vazão (m <sup>3</sup> /s)
5	0,36
7	2,90
8	0,95
9	0,44
10	4,92
12	2,30
13	2,70
14	1,14

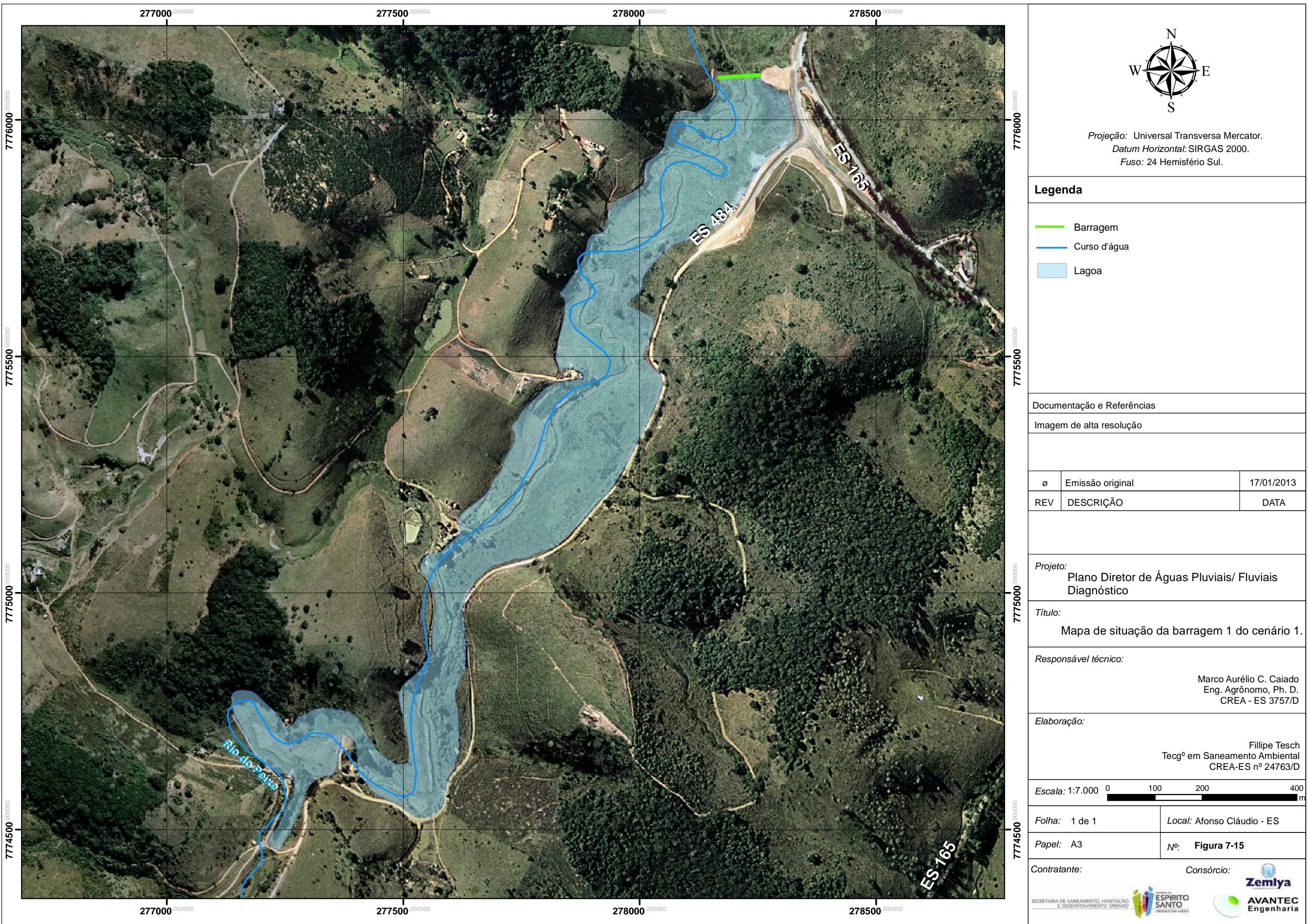
Estas vazões deverão ser observadas para o dimensionamento de estruturas de drenagem a serem recomendadas em documento a ser apresentado em seguida ao presente relatório.

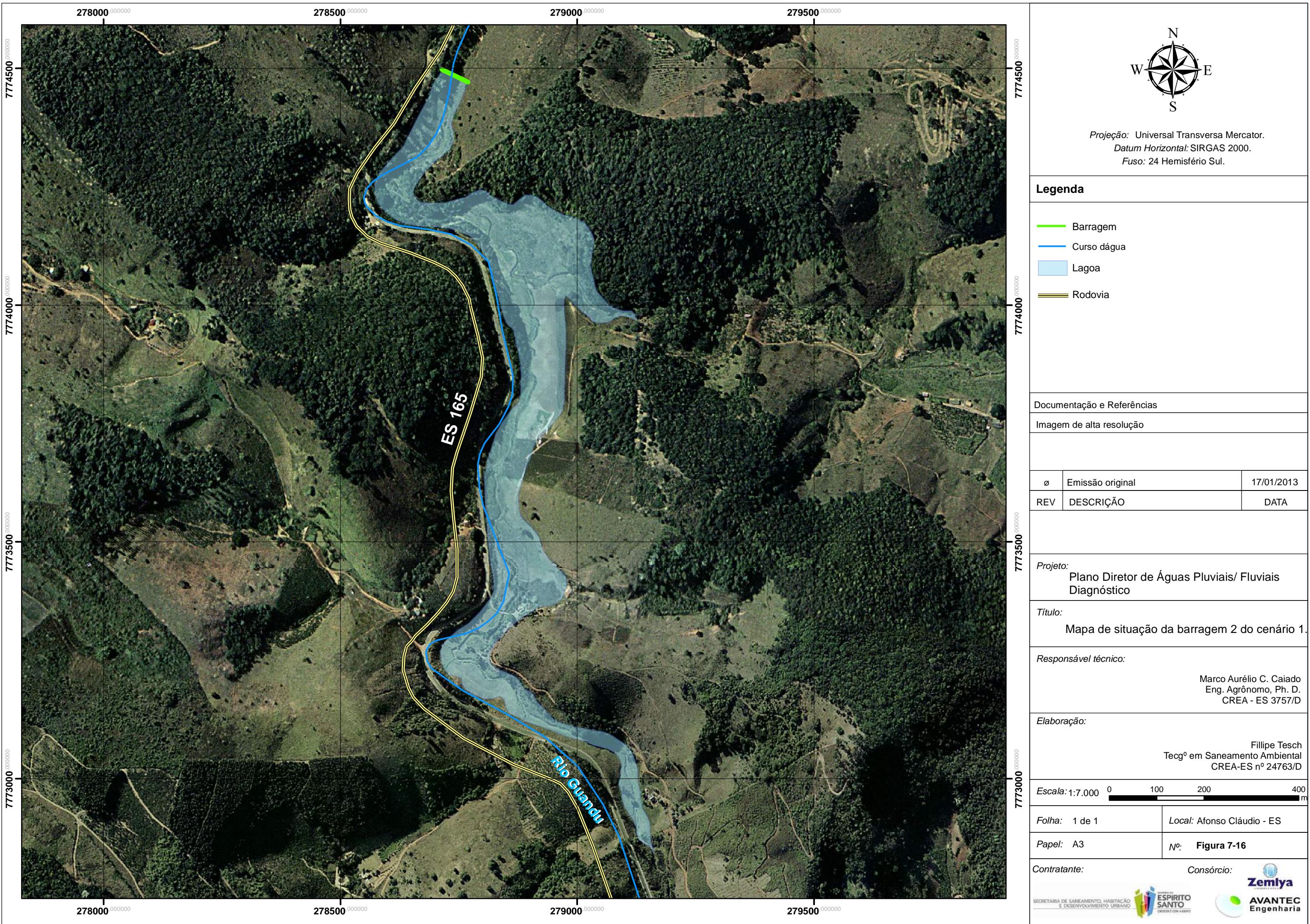
## 7.5 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Para a resolução dos problemas de cheias nas bacias do Rio Guandu, Rio do Peixe e do Ribeirão Arrependido, foram simulados dois cenários alternativos com a implementação de ações estruturais descritas em seguida, as quais são constituídas de reservatórios, galerias e dragagem de canais.

### 7.5.1 Cenário 1

Este cenário é caracterizado, principalmente, pela implantação de dois reservatórios de detenção de cheias a montante do núcleo urbano de Afonso Cláudio, sendo um no Rio Guandu e outro no Rio do Peixe (**Figura 7-15 e Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

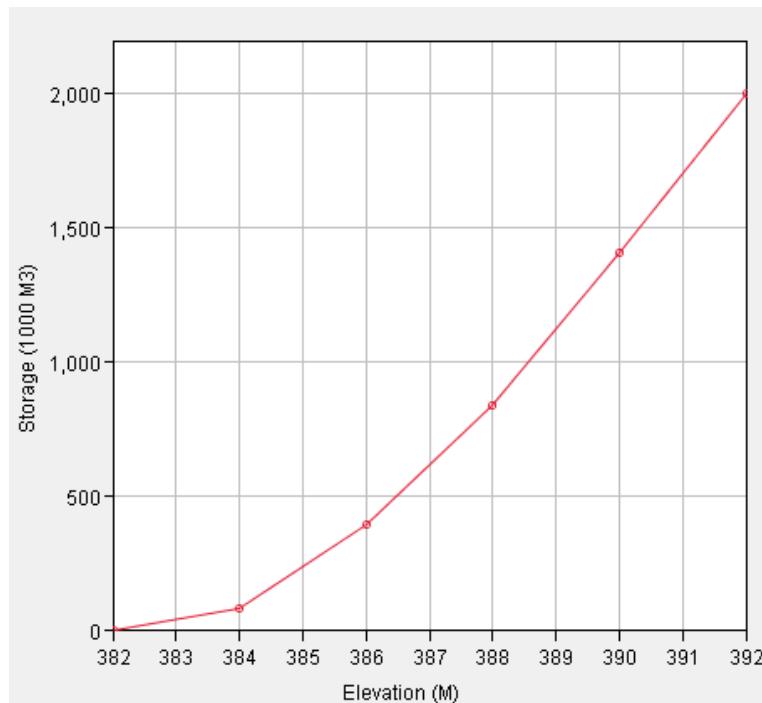




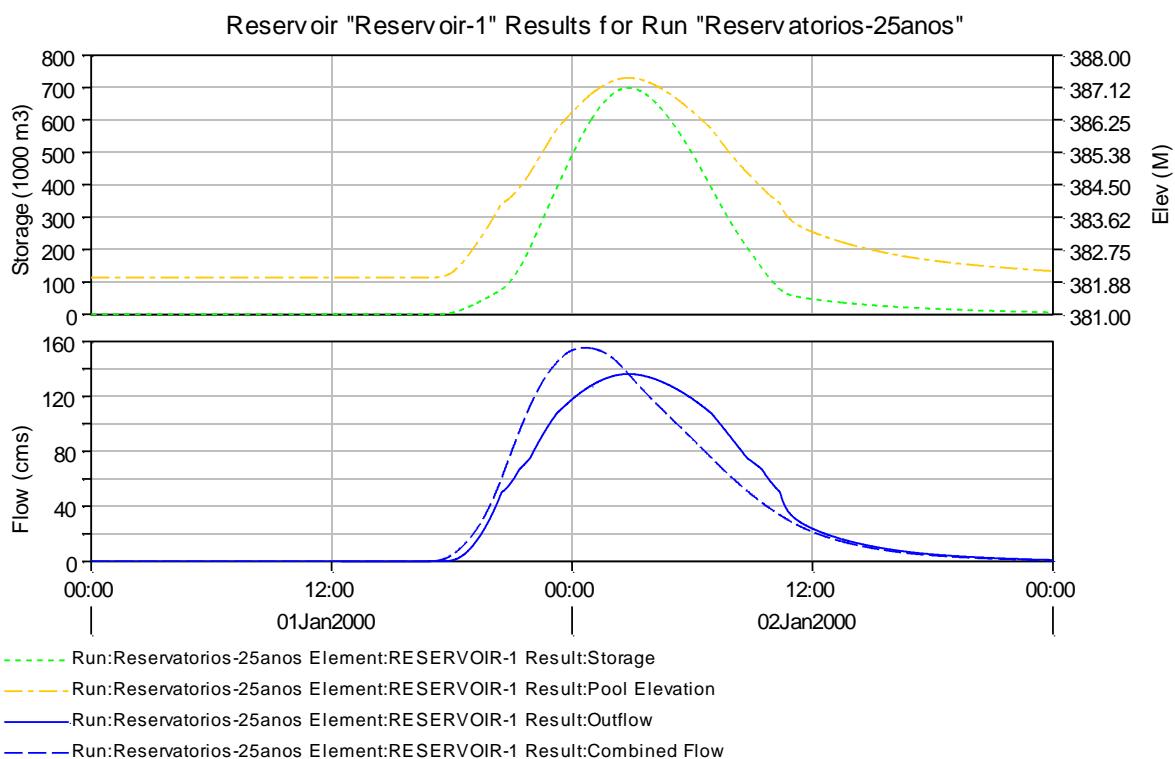
A barragem 1 foi planejado com 8 metros de altura de crista e um volume útil de 1.158.400 m<sup>3</sup>, considerando que o mesmo não irá verter para a vazão de 50 anos de recorrência. Foi planejado um orifício de saída do reservatório em sua base, com dimensões de 12 x 2 m. A **Figura 7-17** apresenta a curva Cota x Volume do reservatório, obtida com base nas imagens aéreas, topografia e visitas a campo. A **Figura 7-18** apresenta o resultado gráfico da simulação do reservatório planejado para o Rio do Peixe com vazão de 25 anos de recorrência para o cenário atual.

A barragem 2, por sua vez, foi planejado com 12 metros de altura de crista e um volume útil de 1.211.190 m<sup>3</sup>, considerando que o mesmo não irá verter para a vazão de 50 anos de recorrência. Foi planejado um orifício de saída do reservatório em sua base, com dimensões de 8,5 x 2 m. A **Figura 7-19** apresenta a curva Cota x Volume do reservatório, obtida com base nas imagens aéreas, topografia e visitas a campo. A **Figura 7-20** apresenta o resultado gráfico da simulação do reservatório planejado para o Rio do Peixe com vazão de 25 anos de recorrência para o cenário atual.

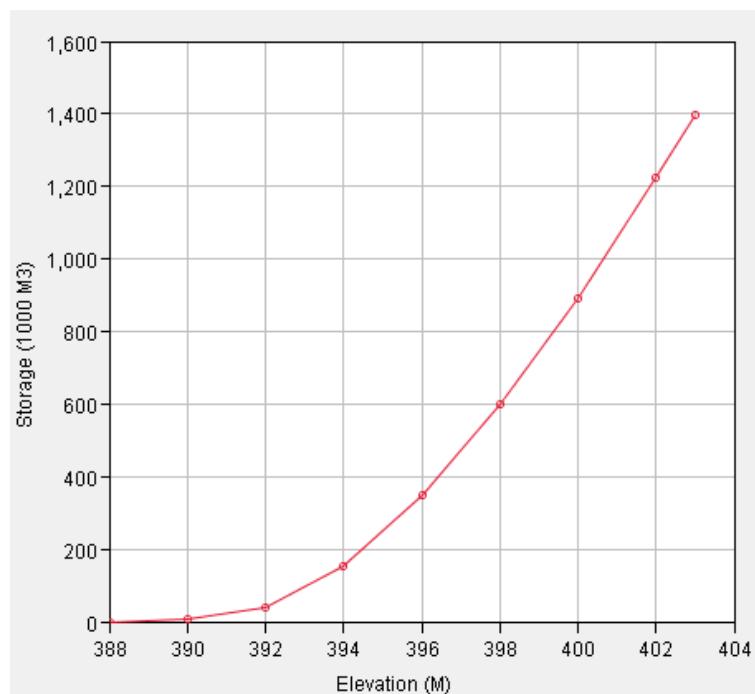
A **Erro! Autoreferência de indicador não válida.** apresenta as principais características das barragens estudadas.



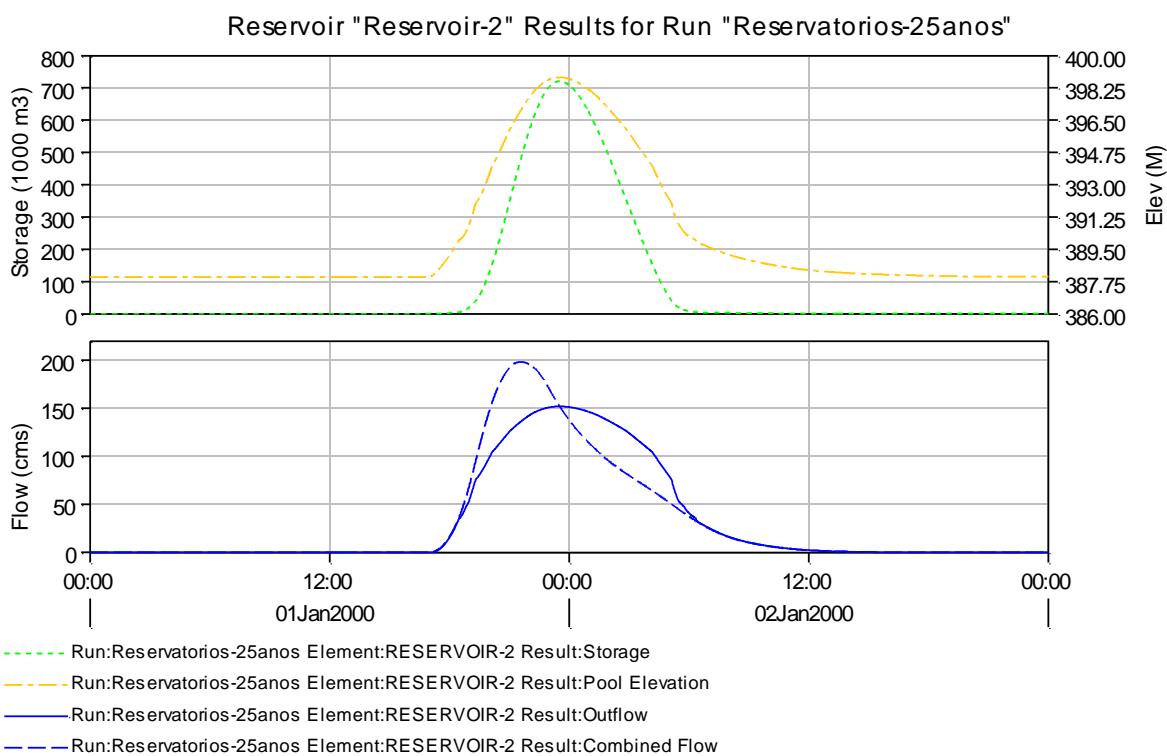
**Figura 7-17:** Relação Cota x Volume do reservatório do Rio do Peixe.



**Figura 7-18:** Resultado gráfico da simulação do reservatório do Rio do Peixe.



**Figura 7-19:** Relação Cota x Volume do reservatório do Rio Guandu.



**Figura 7-20:** Resultado gráfico da simulação do reservatório do Rio Guandu.

**Tabela 7-11:** Principais características da barragem estudada.

Característica	Barragem 1	Barragem 2
Área drenada (Km <sup>2</sup> )	252,03	173,79
Altura da crista (m)	8	12
Comprimento da barragem (m)	85	60
Área alagada (m <sup>2</sup> )	320.471	188.935
Capacidade volumétrica (m <sup>3</sup> )	1.158.400	1.211.190
Seção do(s) orifício(s) de saída (m)	12 x 2	8,5 x 2
Pico da vazão produzida pela bacia de drenagem para recorrência de 25 anos (m <sup>3</sup> /s)	155,23	198,24
Pico da vazão de saída da barragem para recorrência de 25 anos (m <sup>3</sup> /s)	136,17	152,00
Tempo de atraso do pico de vazão da bacia de drenagem (minutos)	130	117

No gráfico apresentado, a linha azul tracejada apresenta o hidrograma produzido pelos cursos d'água que contribuem para os reservatórios planejados, enquanto a linha azul contínua representa o hidrograma de saída dos reservatórios simulados. Ainda é importante observar as linhas tracejadas em cor laranja e verde, as quais apresentam, respectivamente, as cotas e o volumes de água nos reservatórios durante o evento pluviométrico simulado.

O reservatório 1 planejado promoverá a redução do pico da vazão do Rio do Peixe de 155,23 m<sup>3</sup>/s para 136,17 m<sup>3</sup>/s, com uma redução de 12,28% e atraso de 2 horas e 10 minutos.

O reservatório 2 planejado promoverá a redução do pico da vazão do Rio Guandu de 198,24 m<sup>3</sup>/s para 152 m<sup>3</sup>/s, com uma redução de 23,33% e atraso de 1 hora e 57 minutos.

A área de inundação do reservatório planejado para Rio do Peixe inundará, durante os eventos chuvosos, uma área ocupada, em sua maioria, por pastagem. A área de inundação do reservatório planejado para o Rio Guandu, por sua vez, inundará, durante os eventos chuvosos, uma área ocupada por pastagens e alguns plantios anuais como milho e mandioca, além de quatro edificações rurais.

Além dos reservatórios de detenção, foi planejada a construção de dois trechos de canais de gabião, sendo um trecho com 651 m de extensão (com início a montante da OAE que liga a Av. Presidente Vargas à Av. Otávio Satter) e seção hidráulica de 22 x 4 m e outro com 576 m de extensão (com fim na ponte da Av. Eliezer Lacerda Fafa) e seção hidráulica de 14 x 5 m. Também foi planejado a execução de trechos de canal de terra, sendo o primeiro trecho com 212 m de extensão (com início na ponte da Av. Eliezer Lacerda Fafa) e seção hidráulica trapezoidal de 10 x 5, com inclinação de talude de 1,5Bx1,0H, resultando em uma abertura da boca do canal de 25 m; e o segundo trecho com 630 m de extensão (no bairro Boa Fé) e seção hidráulica trapezoidal de 10 x 5, com inclinação de talude de 1,5Bx1,0H, resultando em uma abertura da boca do canal de 25 m.

Ainda foi planejado um canal de gabião no Ribeirão Arrependido, no trecho em que este corta o bairro Gramá, em uma extensão de 322 m e seção hidráulica de 12 x 3 m.

**O ANEXO III-a e ANEXO III-b** apresentam o mapa de soluções propostas para o Cenário 1.

O valor estimado para o cenário 1 foi de **R\$ 20.500.000,00**.

### 7.5.2 Cenário 2

No Cenário 2 foi planejado com a construção de dois trechos de canais de gabião, sendo um trecho com 651 m de extensão (com início a montante da OAE que liga a Av. Presidente Vargas à Av. Otávio Satter) e seção hidráulica de 22 x 4 m e outro com 576 m de extensão (com fim na ponte da Av. Eliezer Lacerda Fafa) e seção hidráulica de 14 x 5 m. Também foi planejado a execução de trechos de canal de terra, sendo o primeiro trecho com 212 m de extensão (com início na ponte da Av. Eliezer Lacerda Fafa) e seção hidráulica trapezoidal de 10 x 6, com inclinação de talude de 1,5Bx1,0H, resultando em uma abertura da boca do canal de 28 m; e o segundo trecho com 630 m de extensão (no bairro Boa Fé) e seção hidráulica trapezoidal de 13 x 5, com inclinação de talude de 1,5Bx1,0H, resultando em uma abertura da boca do canal de 28 m.

Ainda foi planejado um canal de gabião no Ribeirão Arrependido, no trecho em que este corta o bairro Gramá, em uma extensão de 322 m e seção hidráulica de 12 x 3 m.

**O ANEXO IV** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 2.

O valor estimado para o cenário 2 foi de **R\$ 22.500.000,00**.

## 8 CONCLUSÕES

Como resultado deste trabalho, conclui-se que:

- As cheias dos Rios Guandu e do Peixe e do Ribeirão Arrependido são frequentes e os problemas oriundos das mesmas vêm se agravando devido ao avanço da população para as proximidades de suas margens e para a ocupação das áreas mais a montante da bacia hidrográfica;
- Os problemas de macrodrenagem do município de Afonso Cláudio podem se resumir em: a) presença de trechos com baixa declividade quando comparado com a declividade média do curso d'água na bacia hidrográfica; b) presença de trechos dos cursos d'água com rocha que serve de anteparo para o escoamento, provocando o assoreamento dos trechos a montante; c) ocupação das margens dos cursos d'água por edificações, reduzindo a seção de escoamento e; d) presença de uma barragem a jusante do centro de Afonso Cláudio que atrapalha o escoamento durante as altas vazões;
- Observou-se, a partir da modelagem hidráulica, que 110 domicílios estão na área de risco classificada como muito alto (inundação com 5 anos de recorrência);
- Observou-se, ainda, que 398 domicílios são inundados com vazões de 25 anos de recorrência (vazão de projeto);
- As OAE's da Rodovia Sebastião Alves de Lima, Rua Otílio Ronceti, Av. Presidente Vargas/Av. Roberto Holunder, Av. Otávio Satter/Av. Presidente Vargas, passarela Plínio Escopel Gomes, Av. Eliezer Lacerda Fafa (Rio Guandu) e Rua Paulo Saleme (Ribeirão Arrependido) não apresentaram eficiência hidráulica para a vazão de projeto de 100 anos de recorrência no cenário atual;
- A população de Afonso Cláudio tem apresentado crescimento populacional que tende a levar sua população dos atuais 31.091 habitantes (censo de 2010) para 33.211 habitantes em 2030 (com 6,38% de crescimento) e 35.331 (com 12,00% de crescimento) habitantes em 2050. Este

crescimento resultará em uma mudança pouco significativa no uso do solo, restringindo-se, principalmente à zona urbana.

- Para uma chuva intensa com período de retorno de 25 anos, prevê-se que a vazão no trecho final do Rio Guandu passe de 338,95 m<sup>3</sup>/s para 339,23 m<sup>3</sup>/s (aumento de 0,08%) em 20 anos se ocorrer a tendência de expansão urbana prevista;
- Para a solução dos problemas de inundação do município de Afonso Cláudio foram propostos dois cenários alternativos.
- O Cenário 1 é caracterizado, principalmente, pela implantação de duas barragens a montante do Centro de Afonso Cláudio projetada para as vazões simuladas com uso do solo atual, além de canais de gabião e de terra, incluindo a remoção de rochas, com custo estimado em **R\$ 20.500.000,00**;
- O Cenário 2 é caracterizado, pela implantação de canais de gabião e de terra, incluindo a remoção de rochas, com custo estimado em **R\$ 22.500.000,00**.

## 9 REFERÊNCIAS

ASSIS, F. N. de; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, R. P. **Aplicações de estatística à climatologia – teoria e prática.** Pelotas: Editora Universitária, 1996. 161p.

CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulics.** McGraw-Hill Book Company, NY. 1959.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology.** McGraw-Hill International Student Edition, Singapura, 1988.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Precipitação.** In: **Introduzindo Hidrologia. Universidade Federal do Rio Grande Sul. Instituto de Pesquisas Hídricas.** Porto Alegre, 2008. Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/43435101/Apostila-Hidrologia>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de solo.* Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FELÍCIO, L. C. **Modelagem da dinâmica de sistemas e estudo da resposta.** São Paulo: Rima, 2007.

FORD, A. **Modelling the environment: an introduction to systems dynamics models of environmental systems.** Washington: Island Press, 1999.

GEORGE, M. e SCHENSUL, D. (Eds) **The demography of adaptation to climate change. New York, London, and Mexico City: UNFPA, IIED and El Colegio de Mexico.** 2013.

HAAN, C. T. **Statistical methods in hydrology.** Ames, USA: ISUP. 1977. 378p.

IEMA. **Ortofotomosaico do Estado do Espírito Santo.** Escala 1:15.000. 2007/2008.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Demografia e urbanização.** Vitória, ES. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Plano Diretor de Drenagem Urbana Manual de Drenagem Urbana - Volume VI.** Porto Alegre, 2005.

KIBLER, D.F. **Urban stormwater hydrology.** Washington, D.C., AGU, 1982.

KITE, G. W. **Frequency and risk analyses in hydrology.** Fort Collins, Colorado: Water Resources Publications. 1978. 224p.

MARINHA DO BRASIL. **Carta Náutica 1402: do pontal de Regência à ponta de Ubu.** Diretoria de Hidrografia e Navegação. 2012.

MOCKUS, V. **Estimation of total (and peak rates of) surface runoff for individual storms.** Exhibit A no Apêndice B, Interim Survey Report (Neosho) River Watershed USDA. 1949.

MUSGRAVE, G.W. **How much of the rain enters the Soil?** In: Yearbook of Agriculture 1955, Water. USDA: Washington DC. 1955.

NAGHETTINI, M. **Engenharia de recursos hídricos.** Belo Horizonte: UFMG, 1999.

PAÇO, N. M. S. **Estabelecimento de Hidrogramas Unitários. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.** Instituto Superior Técnico,

Universidade Técnica de Lisboa. 2008. Disponível em:<[https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/232943/1/Tese\\_final.pdf](https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/232943/1/Tese_final.pdf)> Acesso em: 20 de fev. de 2011.

**Placer County Flood Control And Water Conservation District Stormwater Management Manual.** Auburn, CA. 1990.

RADAMBRASIL. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória; **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro:** MME/SG/Projeto RADAMBRASIL. 1983.

SCS-USDA. **Urban hydrology for small watersheds.** TR-55. 1986.164 p.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, n. 10, 2005.

SOPRANI, M. A. S; REIS, J. A, T. **Proposição de equações de intensidade-duração-frequência de precipitações para a bacia do rio Benevente, ES.** Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia n.2, p. 18-25, 1. Sem. 2007.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 669p. 1998.

TUCCI, C. E. M. **Workshop for decision makers on flood in South America (Nov 2002: Porto Alegre, RS).** Porto Alegre. 2003.

Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. **Hydrologic Modeling System - HEC-HMS Technical Reference Manual.** 2000.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Hydrologic Engineering Center (HEC).**  
HEC-RAS, River Analysis System: Hydraulic Reference Manual Version 4.1.  
January 2010.

WINKLER, A. S., TEIXEIRA, C. F. A., DAMÉ, R. C. F., WINKE, L. O. L.  
**Estimativa do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica:  
comparação entre metodologias. XCIII CIC – Congresso de Iniciação  
Científica, do XI ENPOS.** I Mostra Científica, Universidade Federal de Pelotas,  
Brasil. Disponível em:<  
[http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/EN/EN\\_00388.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/EN/EN_00388.pdf)>. Acesso em: 24 jul.  
2012.

WOODWARD, D.E.; HAWKINS, R. H.; HJELMFELT JR., A.T.; VAN MULLEM, J.  
A.; QUAN, Q. D. **Curve number method: origins, applications and limitations.**  
[ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NWMC/CN\\_info/Woodward\\_paper.doc](ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NWMC/CN_info/Woodward_paper.doc). Acessado em  
15/06/2013.YARNELL, D. L. Bridge Piers as Channel Obstructions. Technical  
Bulletin 442, U. S. Department of Agriculture, Washington D.C. 1934.

## 10 EQUIPE TÉCNICA

<b>Profissional</b>	Kleber Pereira Machado
<b>Formação</b>	Engº Civil, Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental
<b>Empresa</b>	<b>AVANTEC Engenharia Ltda.</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA-ES 7.839/D
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Coordenação Geral, Orçamento
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Marco Aurélio Costa Caiado
<b>Formação</b>	Engº Agrônomo, Ph.D. em Engenharia de Biossistemas
<b>Empresa</b>	<b>CTE/AVANTEC Engenharia Ltda.</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA-ES 3.757/D
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Diagnóstico das Bacias, Proposição de Cenários, Coordenação Técnica
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Fillipe Tesch
<b>Formação</b>	Tecgº em Saneamento Ambiental, Mestrando em Eng. Ambiental
<b>Empresa</b>	<b>AVANTEC Engenharia Ltda.</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA-ES 24.763/D
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Modelagem Hidrológica, Diagnóstico das Bacias, Proposição de Cenários e Coordenação Operacional
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Felippe Zucolotto Pereira
<b>Formação</b>	Tecnólogo em Saneamento Ambiental
<b>Empresa</b>	<b>AVANTEC Engenharia Ltda.</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CREA-ES 32.790/D
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Modelagem Hidráulica e Geoprocessamento
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Fernanda Ferreira
<b>Formação</b>	Arquiteta e Urbanista
<b>Empresa</b>	<b>Zemlya Consultoria e Serviços</b>
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	CAU A56232-7
<b>Responsável pela(s) seção(ões)</b>	Caracterização do contexto institucional, projeção do cenário futuro.
<b>Assinatura</b>	

<b>Apoio Técnico</b>	
Tainah Christina de Souza	Acadêmica do curso de Eng. Sanitária e Ambiental
Marcela Lopes Barros	Acadêmica do curso de Eng. Sanitária e Ambiental

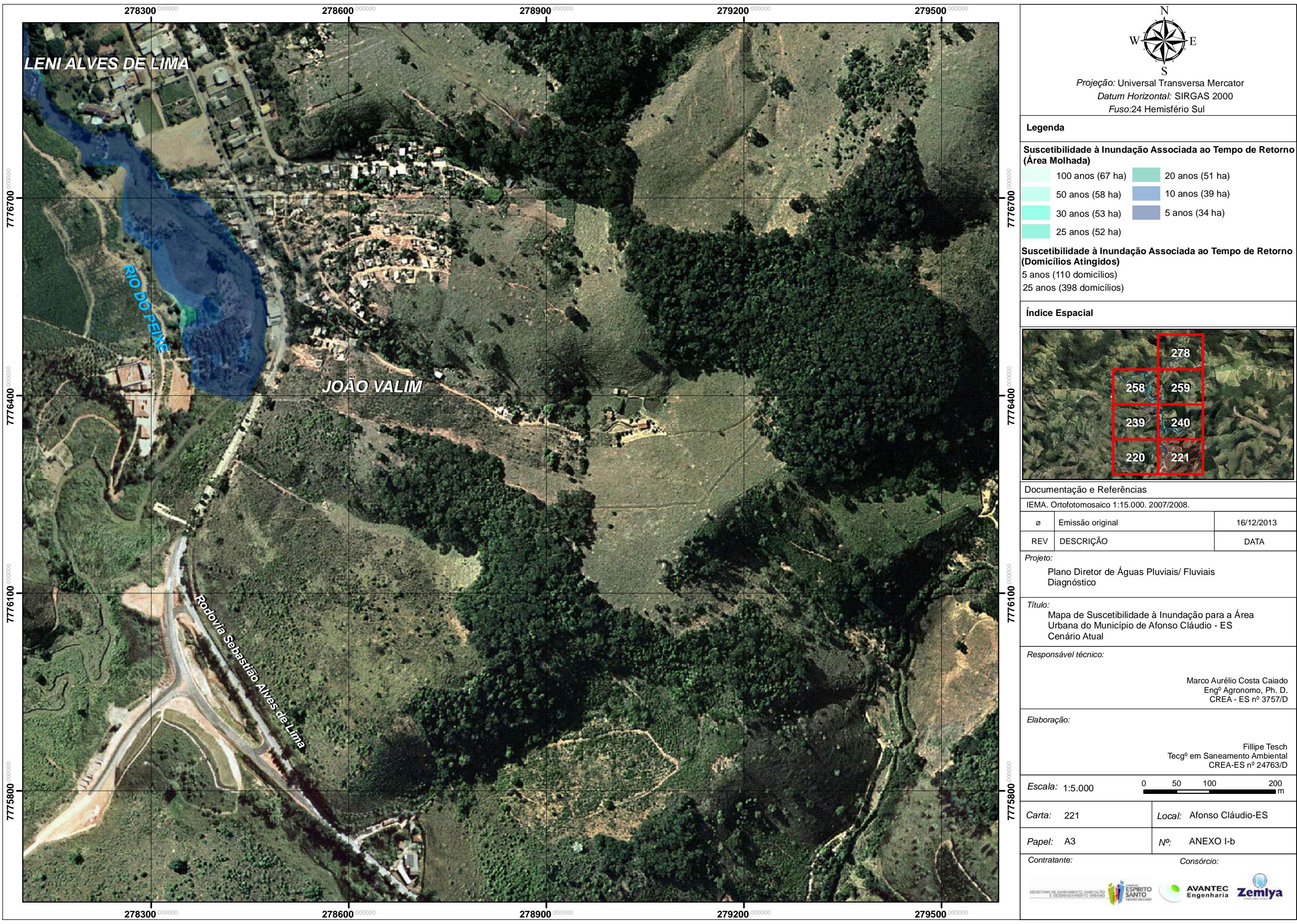
**ANEXO I-a – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 278)**



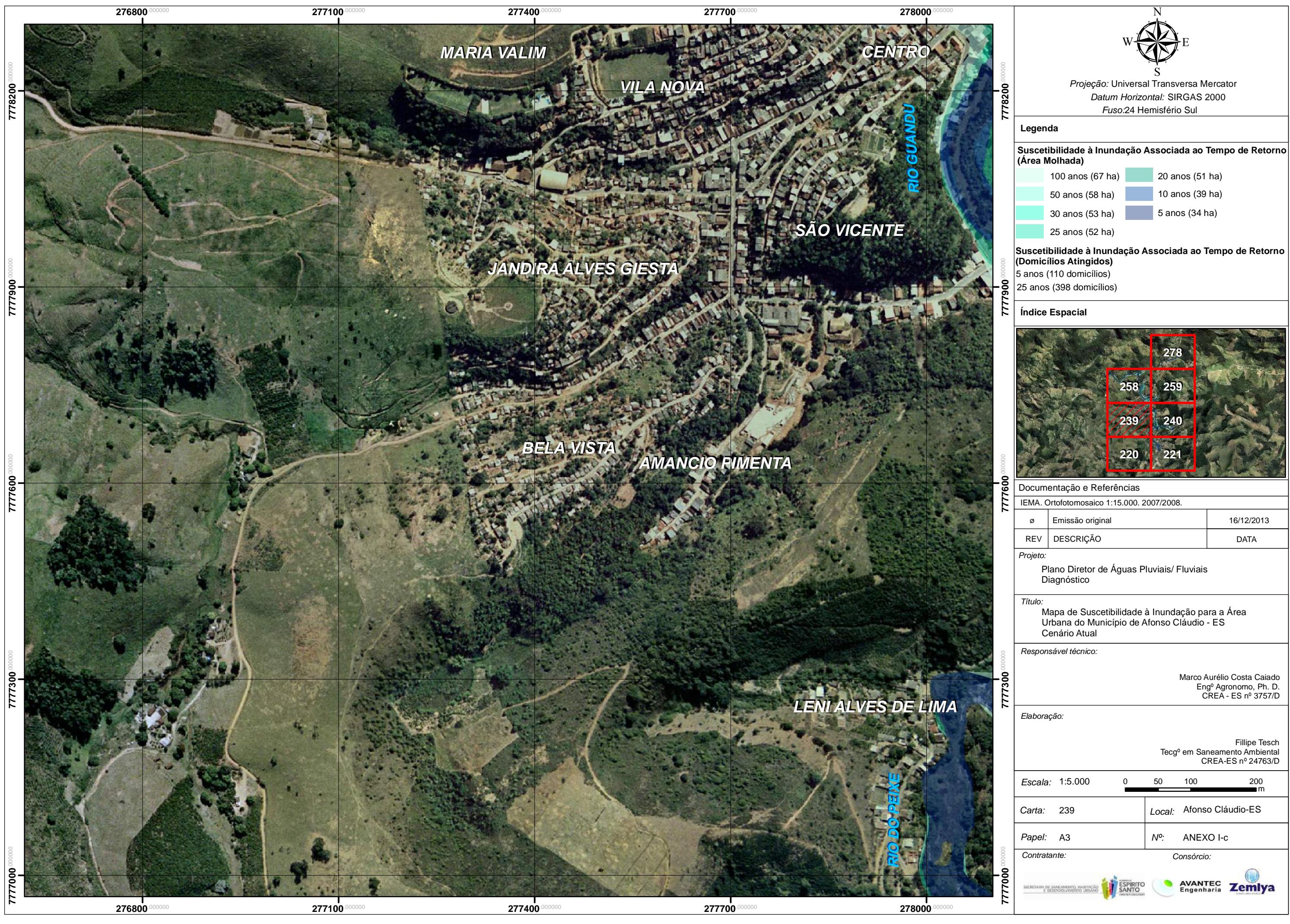
**ANEXO I-b – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 258)**



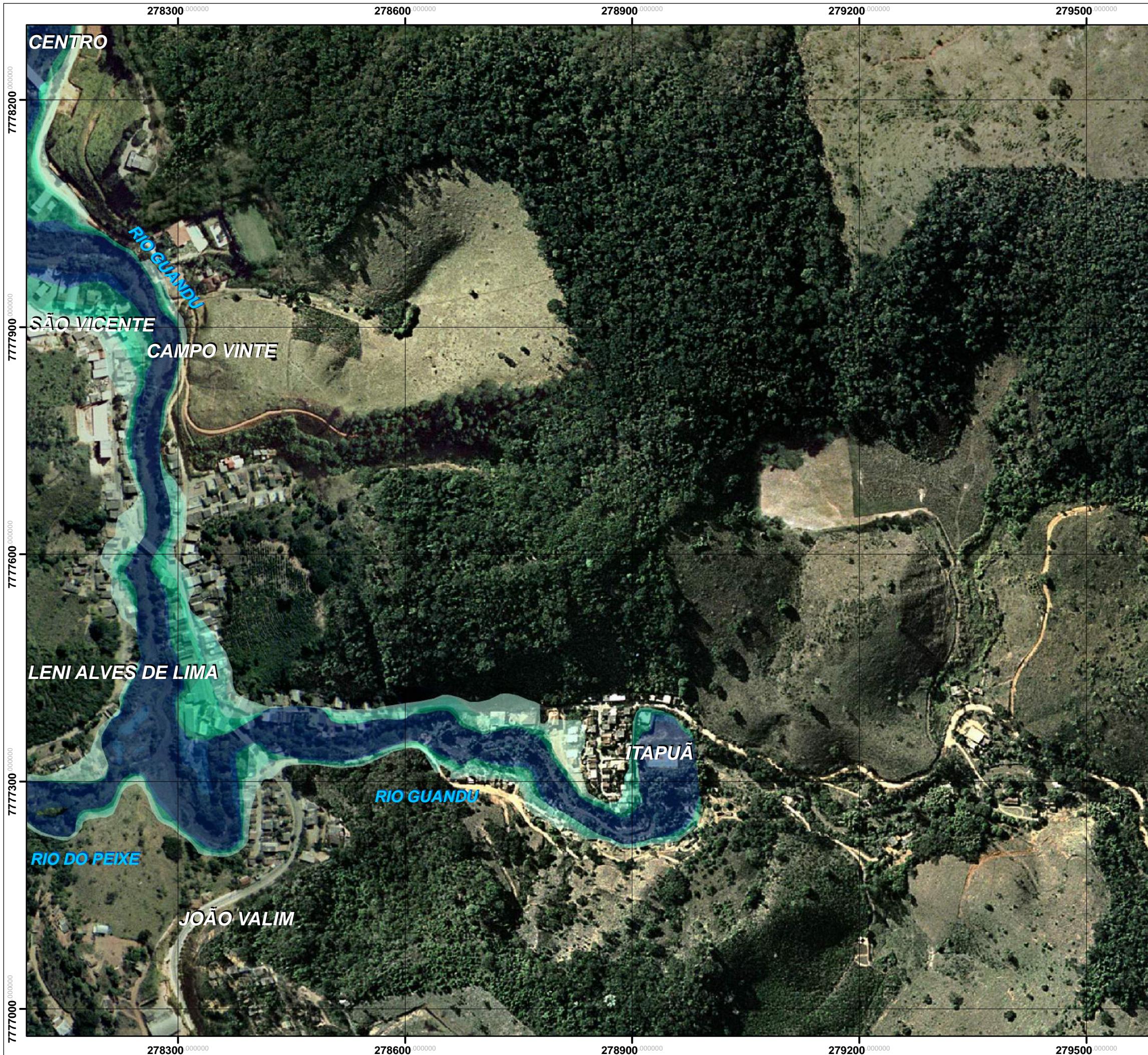
**ANEXO I-b – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 258)**



ANEXO I-c – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 259)

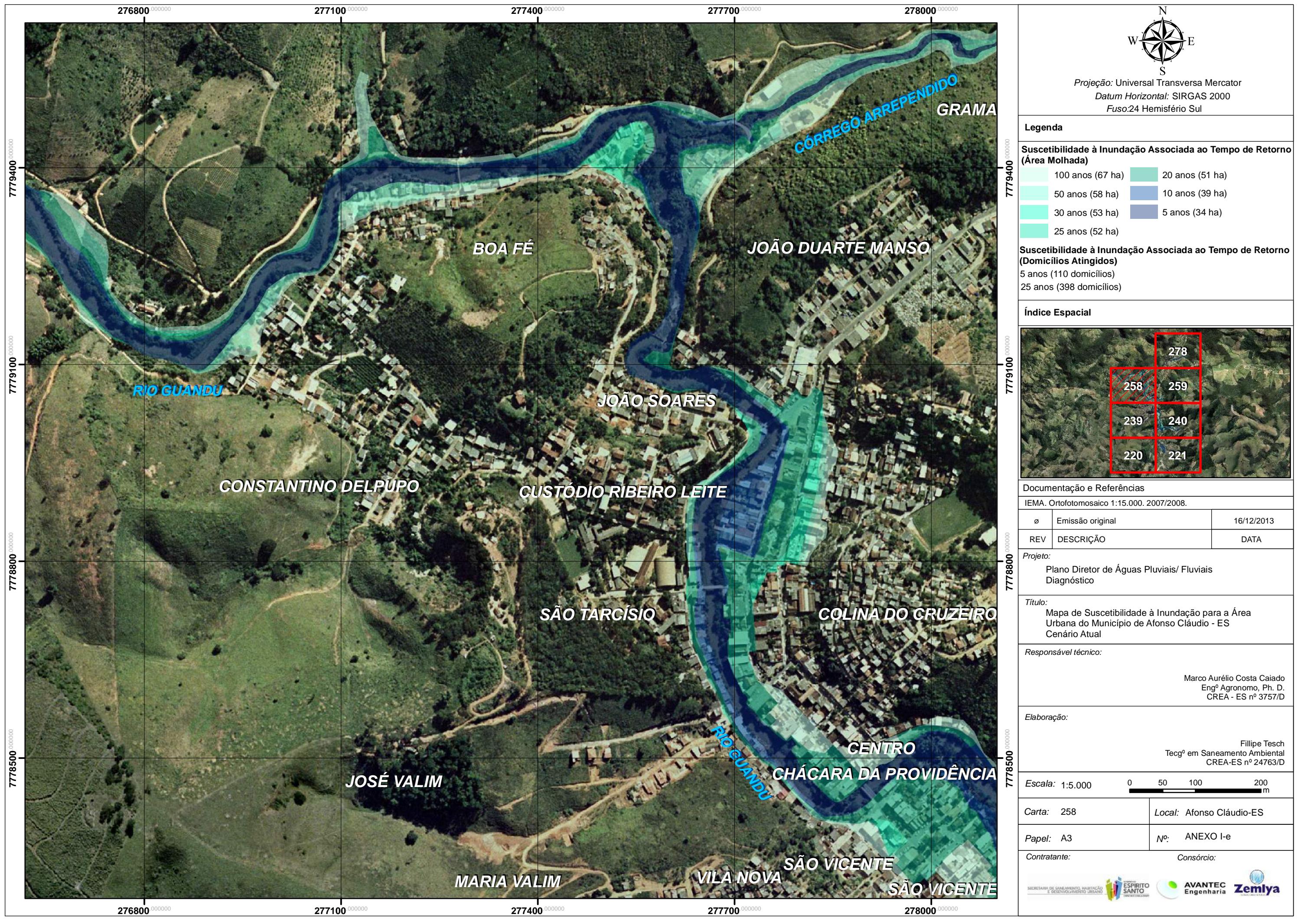


ANEXO I-d – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 239)



<p>Projeção: Universal Transversa Mercator Datum Horizontal: SIRGAS 2000 Fuso: 24 Hemisfério Sul</p>									
<b>Legenda</b>									
<b>Susceptibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)</b>									
<table> <tbody> <tr> <td>100 anos (67 ha)</td> <td>20 anos (51 ha)</td> </tr> <tr> <td>50 anos (58 ha)</td> <td>10 anos (39 ha)</td> </tr> <tr> <td>30 anos (53 ha)</td> <td>5 anos (34 ha)</td> </tr> <tr> <td>25 anos (52 ha)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		100 anos (67 ha)	20 anos (51 ha)	50 anos (58 ha)	10 anos (39 ha)	30 anos (53 ha)	5 anos (34 ha)	25 anos (52 ha)	
100 anos (67 ha)	20 anos (51 ha)								
50 anos (58 ha)	10 anos (39 ha)								
30 anos (53 ha)	5 anos (34 ha)								
25 anos (52 ha)									
<b>Susceptibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)</b>									
5 anos (110 domicílios) 25 anos (398 domicílios)									
<b>Índice Espacial</b>									
<b>Documentação e Referências</b>									
IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.									
Ø	Emissão original	16/12/2013							
REV	DESCRIÇÃO	DATA							
<b>Projeto:</b>									
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais Diagnóstico									
<b>Título:</b>									
Mapa de Susceptibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Afonso Cláudio - ES Cenário Atual									
<b>Responsável técnico:</b>									
Marco Aurélio Costa Caiado Engº Agrônomo, Ph. D. CREA - ES nº 3757/D									
<b>Elaboração:</b>									
Filipe Tesch Tecgº em Saneamento Ambiental CREA-ES nº 24763/D									
<b>Escala:</b> 1:5.000									
Carta:	240	Local:	Afonso Cláudio-ES						
Papel:	A3	Nº:	ANEXO I-d						
<b>Contratante:</b>									

**ANEXO I-e – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 240)**



ANEXO I-f – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 220)



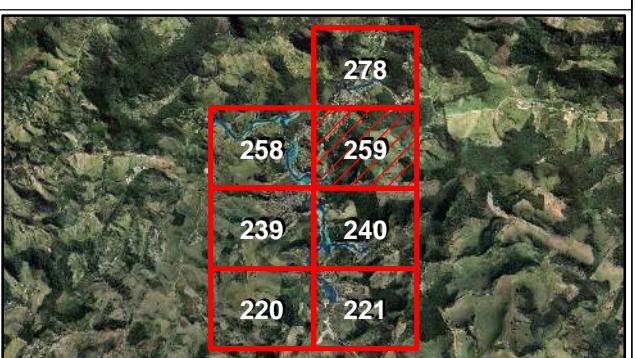
Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso: 24 Hemisfério Sul

#### Legenda

Susceptibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)	
100 anos (67 ha)	20 anos (51 ha)
50 anos (58 ha)	10 anos (39 ha)
30 anos (53 ha)	5 anos (34 ha)
25 anos (52 ha)	

Susceptibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)	
5 anos (110 domicílios)	
25 anos (398 domicílios)	

#### Índice Espacial



#### Documentação e Referências

IEMA. Ortotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	16/12/2013
REV	DESCRIÇÃO	DATA

#### Projeto:

Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

#### Título:

Mapa de Susceptibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Afonso Cláudio - ES  
Cenário Atual

#### Responsável técnico:

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

#### Elaboração:

Filipe Tesch  
Tecgº em Saneamento Ambiental  
CREA-ES nº 24763/D

Escala: 1:5.000    0 50 100 200 m

Carta: 259    Local: Afonso Cláudio-ES

Papel: A3    Nº: ANEXO I-f

#### Contratante:

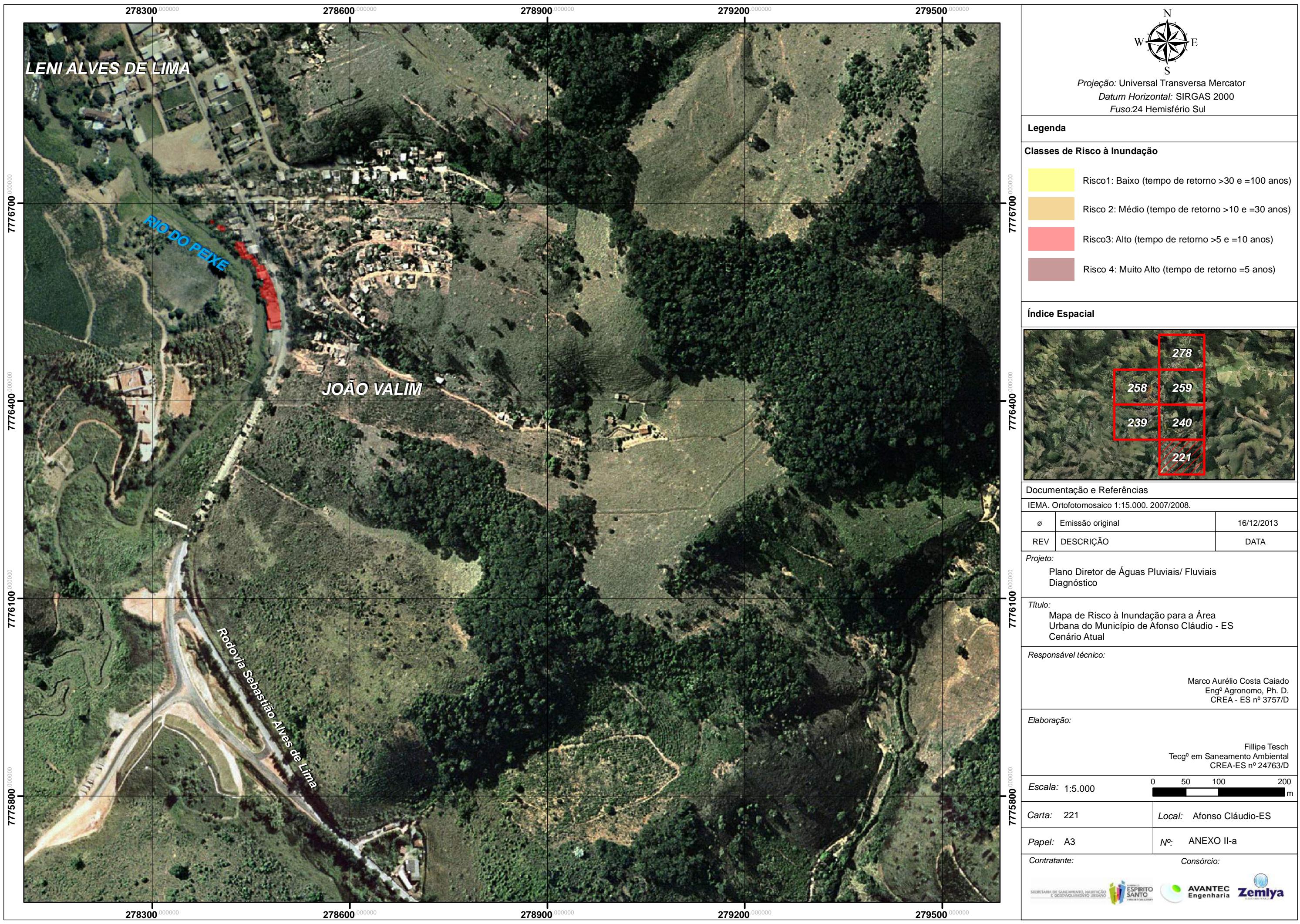
Consórcio:

ANEXO I-g – Mapa de Suscetibilidade atual do município de Afonso Cláudio (carta 221)

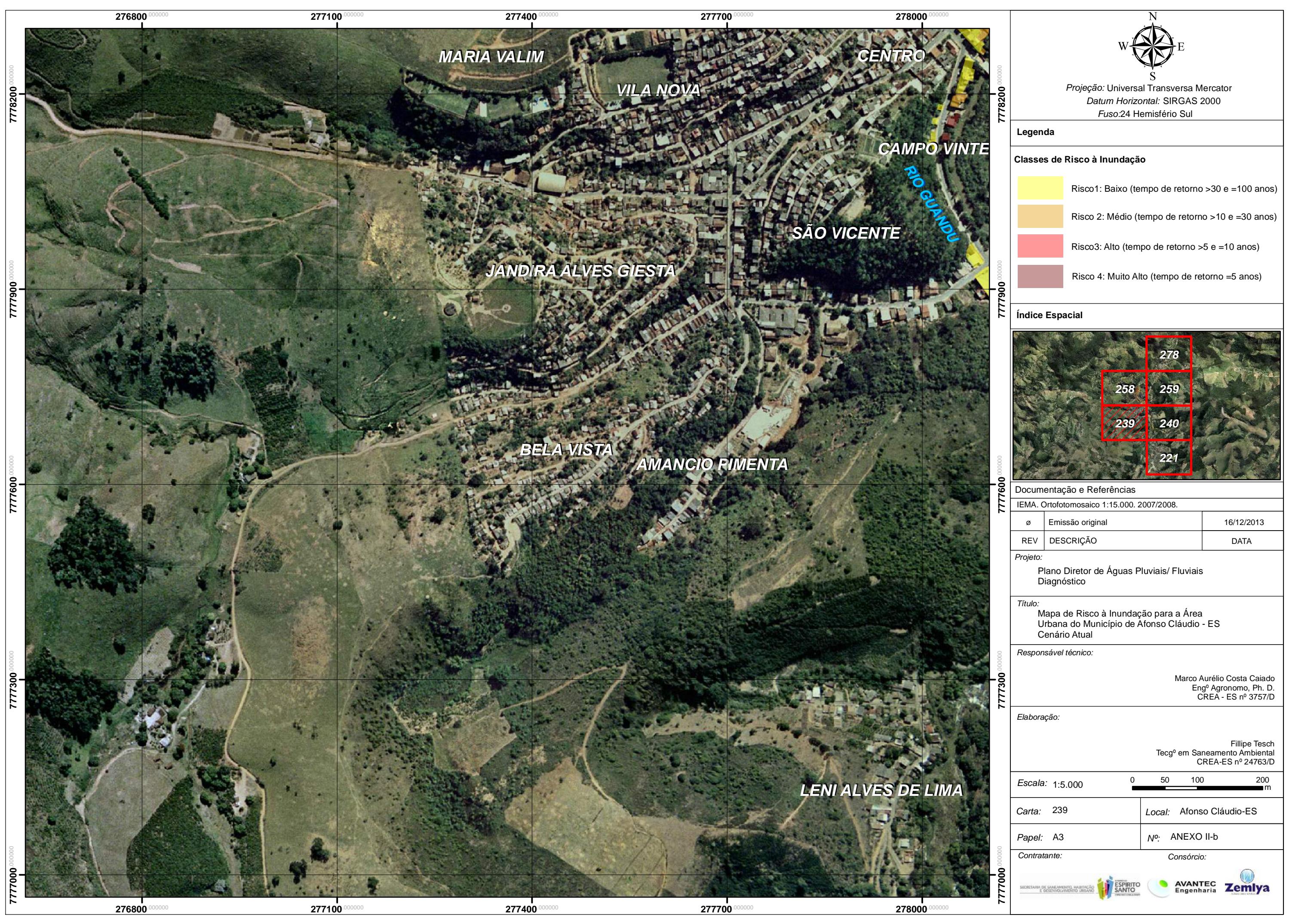


<p>Projeção: Universal Transversa Mercator Datum Horizontal: SIRGAS 2000 Fuso: 24 Hemisfério Sul</p>									
<b>Legenda</b>									
<b>Susceptibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Área Molhada)</b>									
<table> <tbody> <tr> <td>100 anos (67 ha)</td> <td>20 anos (51 ha)</td> </tr> <tr> <td>50 anos (58 ha)</td> <td>10 anos (39 ha)</td> </tr> <tr> <td>30 anos (53 ha)</td> <td>5 anos (34 ha)</td> </tr> <tr> <td>25 anos (52 ha)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		100 anos (67 ha)	20 anos (51 ha)	50 anos (58 ha)	10 anos (39 ha)	30 anos (53 ha)	5 anos (34 ha)	25 anos (52 ha)	
100 anos (67 ha)	20 anos (51 ha)								
50 anos (58 ha)	10 anos (39 ha)								
30 anos (53 ha)	5 anos (34 ha)								
25 anos (52 ha)									
<b>Susceptibilidade à Inundação Associada ao Tempo de Retorno (Domicílios Atingidos)</b>									
5 anos (110 domicílios) 25 anos (398 domicílios)									
<b>Índice Espacial</b>									
<b>Documentação e Referências</b>									
IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.									
∅	Emissão original	16/12/2013							
REV	DESCRÍÇÃO	DATA							
<b>Projeto:</b>									
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais Diagnóstico									
<b>Título:</b>									
Mapa de Susceptibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Afonso Cláudio - ES Cenário Atual									
<b>Responsável técnico:</b>									
Marco Aurélio Costa Caiado Engº Agrônomo, Ph. D. CREA - ES nº 3757/D									
<b>Elaboração:</b>									
Fillipe Tesch Tecgº em Saneamento Ambiental CREA-ES nº 24763/D									
<b>Escala:</b> 1:5.000      0      50      100      200 m									
Carta:	278	Local:	Afonso Cláudio-ES						
Papel:	A3	Nº:	ANEXO I-g						
<b>Contratante:</b>									

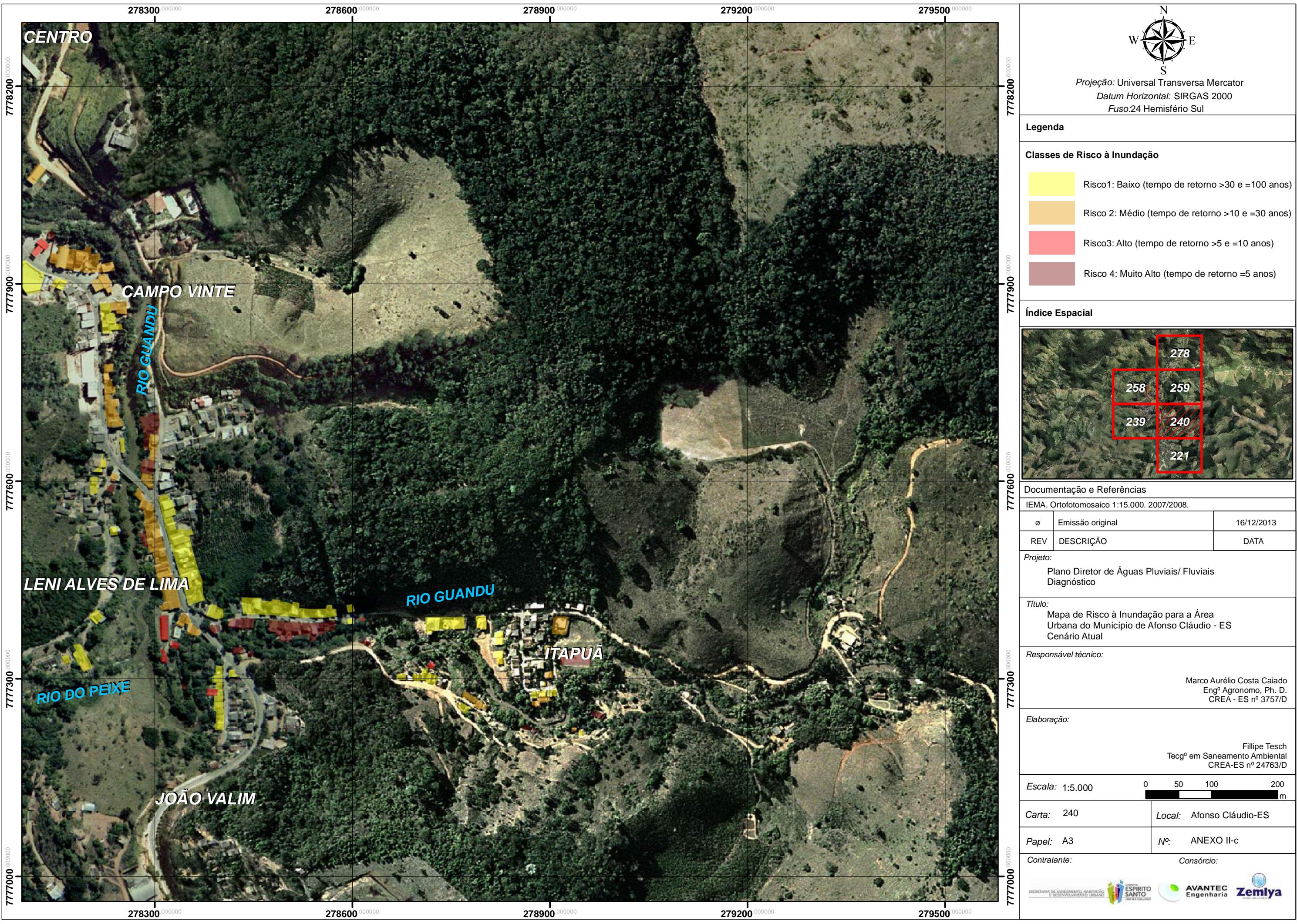
ANEXO II-a – Mapa de Risco atual do município de Afonso Cláudio (carta 278)



**ANEXO II-b – Mapa de Risco atual do município de Afonso Cláudio (carta 258)**



**ANEXO II-c – Mapa de Risco atual do município de Afonso Cláudio (carta 259)**



ANEXO II-d – Mapa de Risco atual do município de Afonso Cláudio (carta 239)



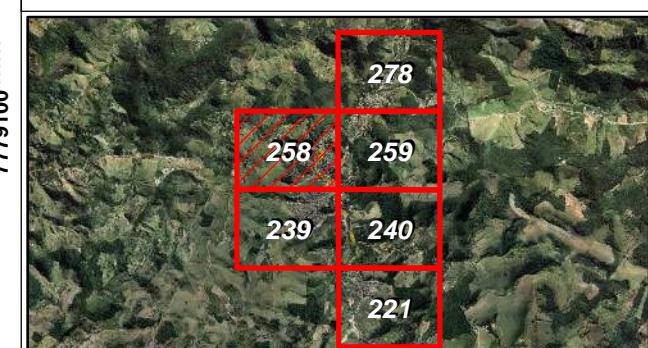
*Projeção: Universal Transversa Mercator  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000  
Fuso:24 Hemisfério Sul*

## Legenda

#### **Classes de Risco à Inundação**

- |   |  |
|---|--|
|  | Risco1: Baixo (tempo de retorno >30 e =100 anos) |
|  | Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos) |
|  | Risco3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)    |
|  | Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)   |

## Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

∅	Emissão original	16/12/2013
REV	DESCRICAÇÃO	DATA

Projeto:

## **Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais Diagnóstico**

Título

## Mapa de Risco à Inundação para a Área Urbana do Município de Afonso Cláudio - ES Cenário Atual

*Responsável técnico:*

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph. D.  
CREA - ES nº 3757/D

### *Elaboração:*

Fillipe Tesch  
Tecgº em Saneamento Ambiental  
CREA-ES nº 24763/D

Escala: 1:5 000

Page 1 of 1

Panel: A3

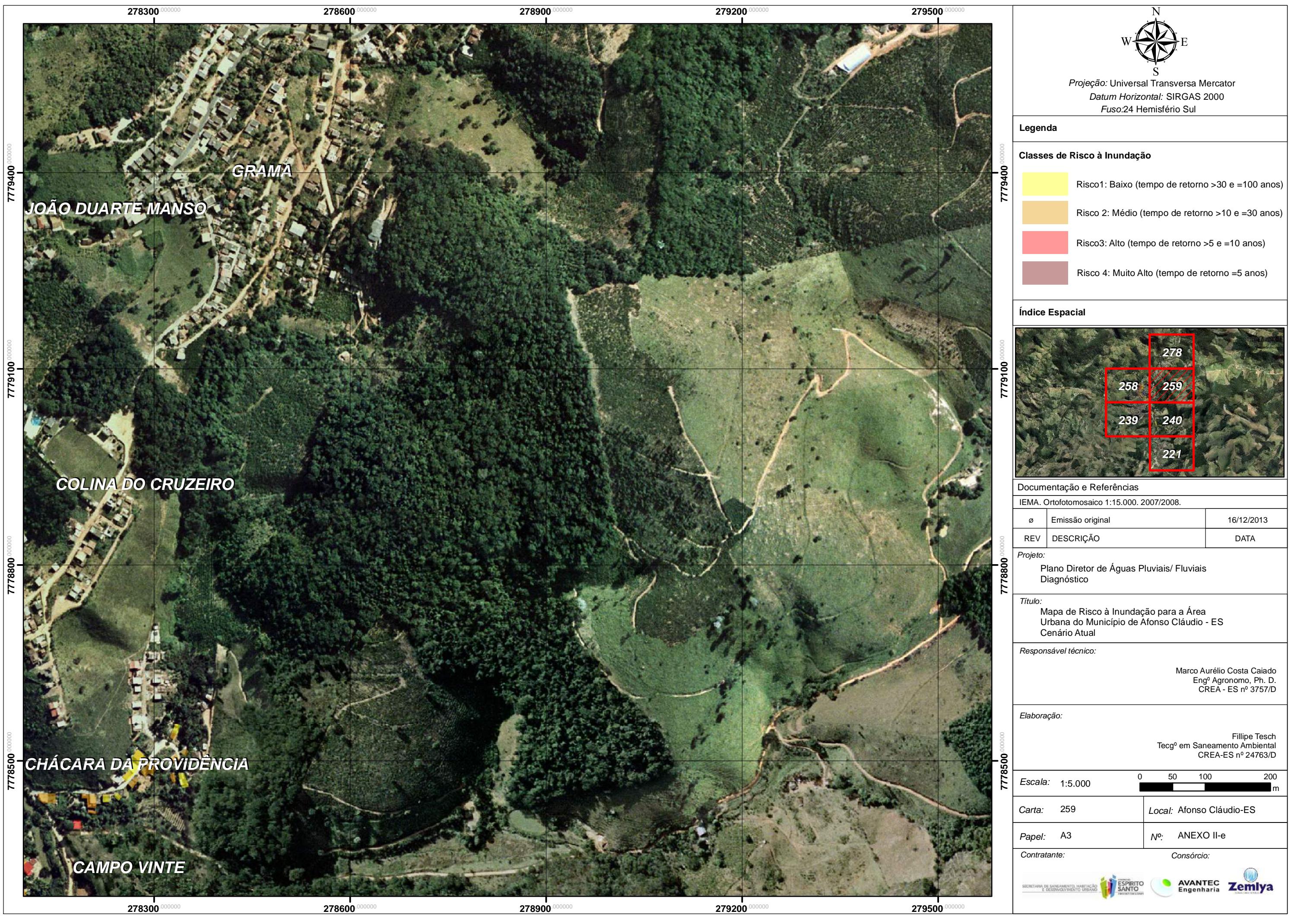
**ANEXO IIa**

*Contratante:*

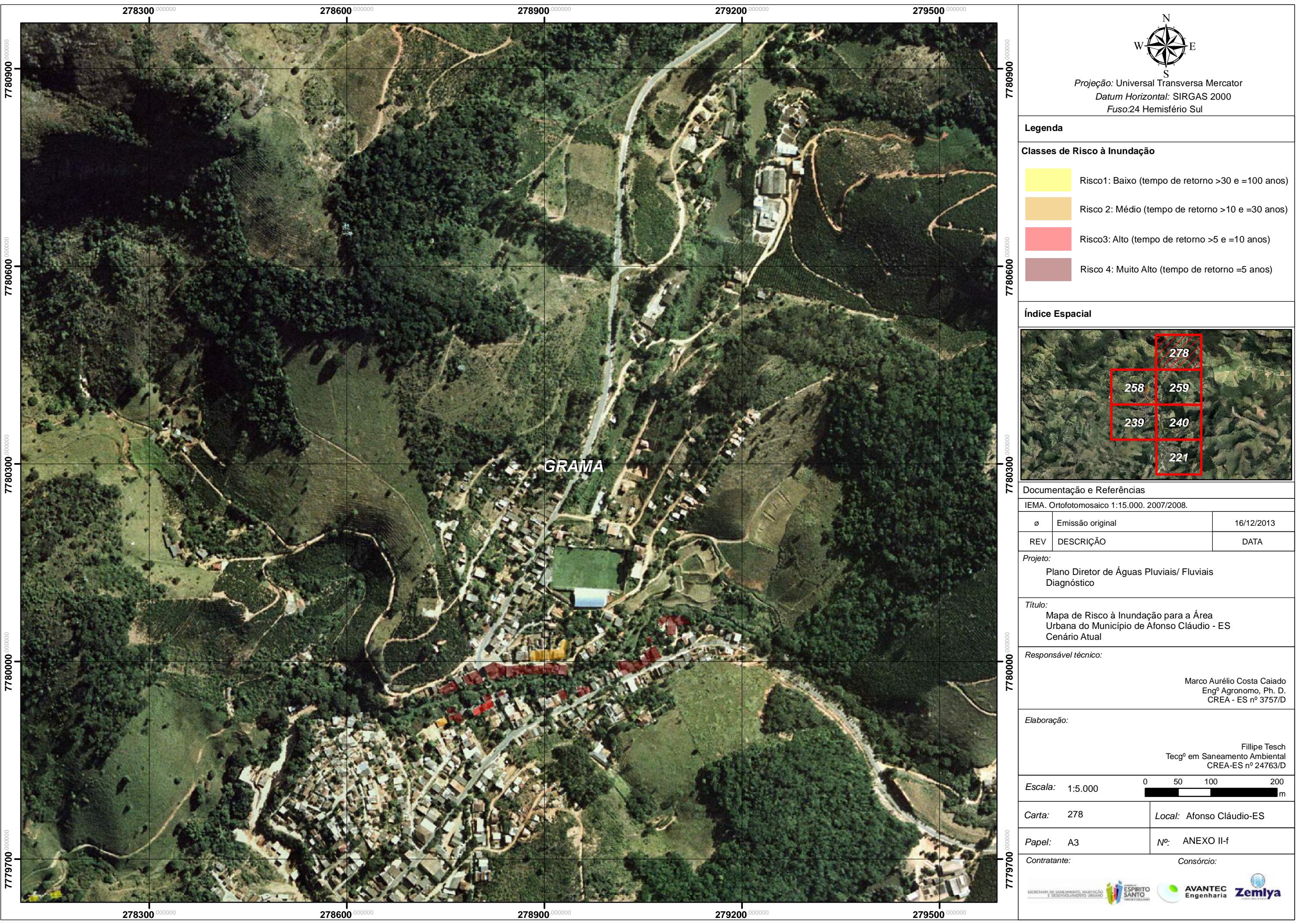
### *Consórcio:*

— 1 —

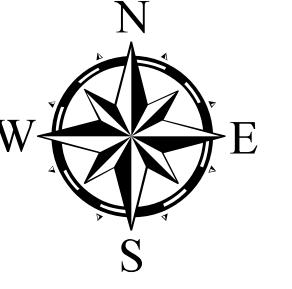
ANEXO II-e – Mapa de Risco atual do município de Afonso Cláudio (carta 240)



ANEXO II-f – Mapa de Risco atual do município de Afonso Cláudio (carta 220)



AVEXO III-a – Mapa de Intervenções e Soluções do Município de Afonso Cláudio (Cenário 1)

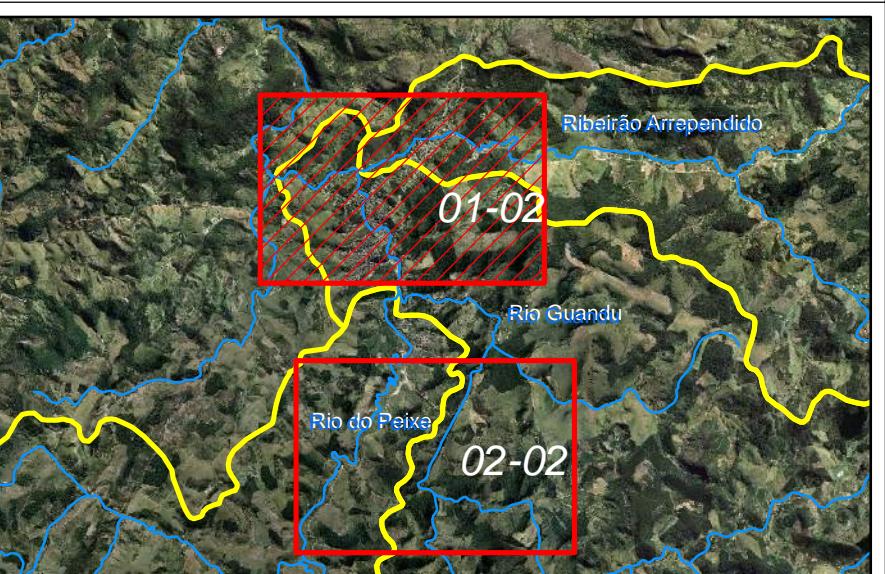


Projeção: Universal Transversa Mercator.  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.  
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

#### Legenda

- Dragagem
- Canal revestido com Gabião
- Curso d'água
- Bacias em estudo

#### ÍNDICE ESPACIAL



#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

∅	Emissão original	20/01/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título: Mapa de Intervenção e Soluções Construtivas  
de Afonso Cláudio - Cenário 01

#### Responsável técnico:

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph.D.  
CREA-ES nº 3757/D

#### Elaboração:

Filipe Tesch  
Tecg.º em Saneamento Ambiental  
CREA-ES nº 24.763/D

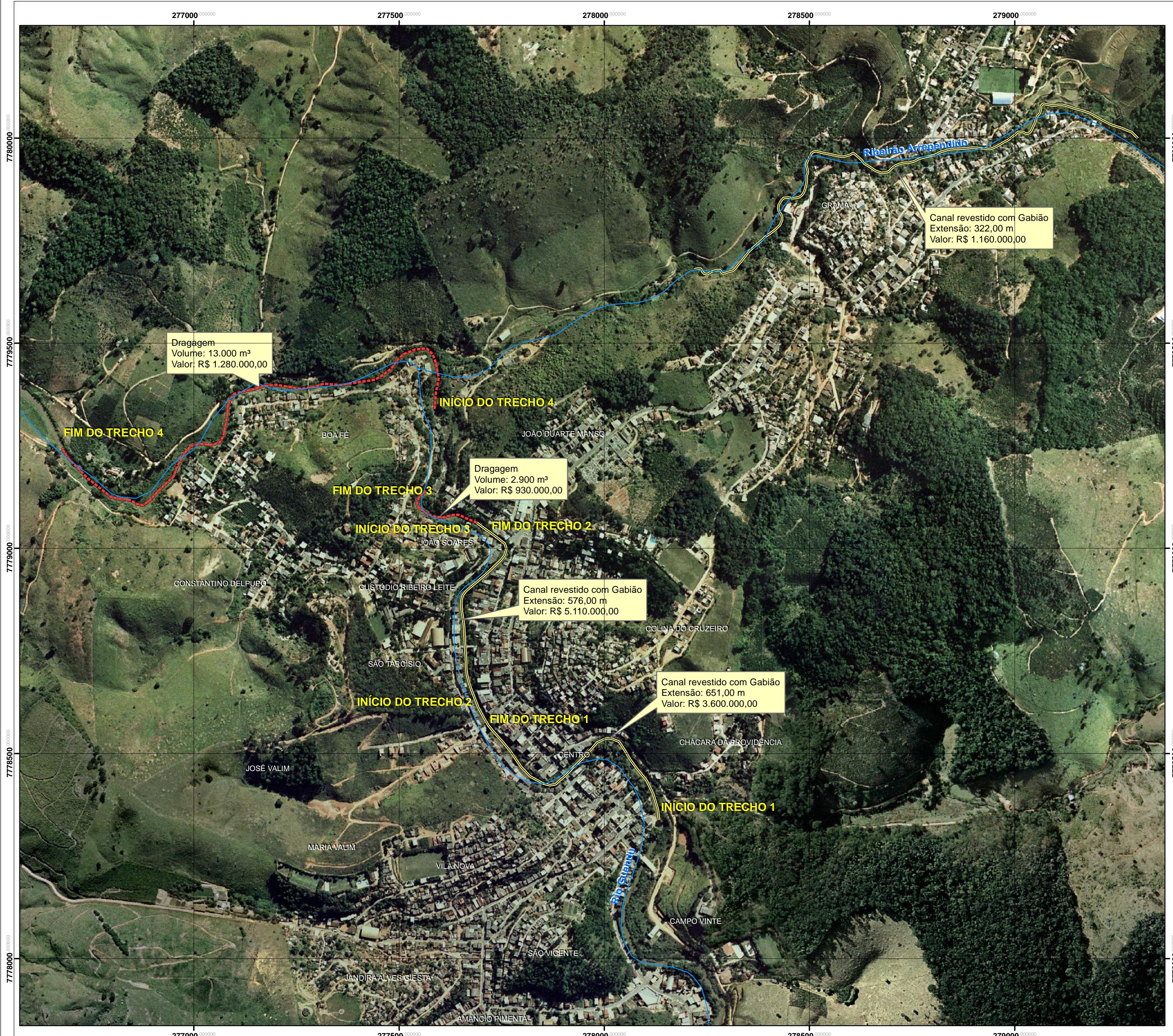
Escala: 1:6.500



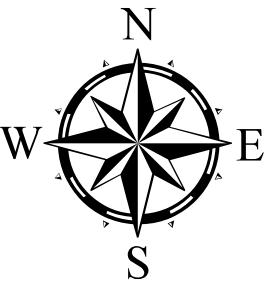
Folha: 01 de 02 Local: Afonso Cláudio - ES

Papel: A2 Nº: ANEXO III-a

Contratante: Consórcio:



AVEXO III-b – Mapa de Intervenções e Soluções do Município de Afonso Cláudio (Cenário 1)

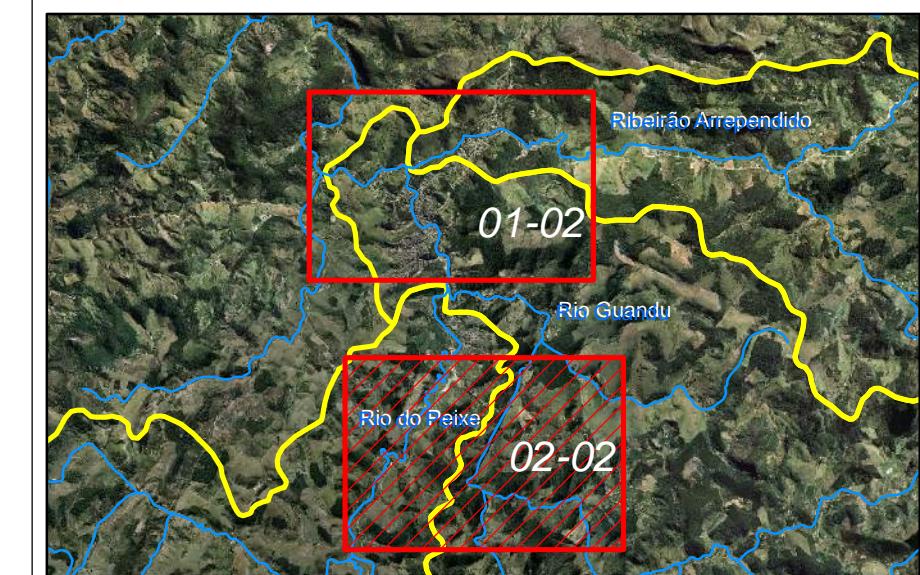


Projeção: Universal Transversa Mercator.  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.  
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

#### Legenda

- Barragem
- Cursos d'água
- Reservatório de detenção
- Bacias em estudo

#### ÍNDICE ESPACIAL



#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	20/01/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

**Projeto:** Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

**Título:** Mapa de Intervenção e Soluções Construtivas de Afonso Cláudio - Cenário 01

**Responsável técnico:**

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph.D.  
CREA-ES nº 3757/D

**Elaboração:**

Filipe Tesch  
Tecg.º em Saneamento Ambiental  
CREA-ES nº 24.763/D

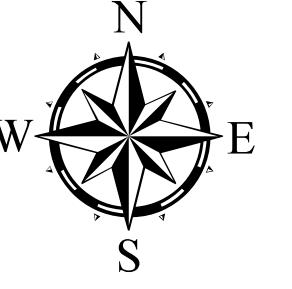
**Escala:** 1:9.000      0 125 250 500 m

**Folha:** 02 de 02      **Local:** Afonso Cláudio - ES

**Papel:** A2      **Nº:** ANEXO III-b

**Contratante:** Consórcio:

AVEXO VI – Mapa de Intervenções e Soluções do Município de Afonso Cláudio (Cenário 2)



Projeção: Universal Transversa Mercator.  
Datum Horizontal: SIRGAS 2000.  
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

#### Legenda

- Dragagem
- Canal revestido com Gabião
- Curso d'água

#### Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	20/01/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:  
Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais  
Diagnóstico

Título: Mapa de Intervenção e Soluções Construtivas  
de Afonso Cláudio - Cenário 02

Responsável técnico:

Marco Aurélio Costa Caiado  
Engº Agrônomo, Ph.D.  
CREA-ES nº 3757/D

Elaboração:

Filipe Tesch  
Tecg.º em Saneamento Ambiental  
CREA-ES nº 24.763/D

Escala: 1:7.500

0 100 200 400 m

Folha: 01 de 02 Local: Afonso Cláudio - ES

Papel: A2 Nº: ANEXO IV

Contratante: Consórcio:

