

Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Castelo

– Volume I: Diagnóstico e Prognóstico de Inundações –



AVANTEC
Engenharia


Zemlya
CONSULTORIA E SERVIÇOS

ZAV-SED-DIA_CAS_01.001-R0

Fevereiro / 2014

 SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO ESPIRITO SANTO <small>ONDE CRESCE A VIDA</small>	Nº: ZAV-SED-DIA_CAS_01.001-R0								
	CLIENTE: Secretaria de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano PROJETO: Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Castelo.								
 AVANTEC Engenharia Zemlya	TÍTULO: VOLUME I: DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DE INUNDAÇÕES							MEIO AMBIENTE ENGENHARIA	
								RUBRICA:	
RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO DOCUMENTO: Marco Aurélio Costa Caiado Engenheiro Agrônomo, Ph. D. CREA-ES nº 3757/D									
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	24/02/2014								
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 Castelo, 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 Castelo 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^a Etapa: Plano de Trabalho – Município de Castelo, que também norteia o presente documento.

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	18
3	FUNDAMENTOS.....	19
4	METAS.....	20
5	INFORMAÇÕES CEDIDAS PELO CONTRATANTE E PELO MUNICÍPIO 21	
6	DIAGNÓSTICO	22
6.1	ÁREAS DE INTERVENÇÃO.....	22
6.2	APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS	22
6.3	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO.....	29
6.4	CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO INSTITUCIONAL MUNICIPAL RELACIONADO AO PDAP	33
6.4.1	Estrutura institucional do município na área urbana e habitacional	34
6.4.2	Ações governamentais do município na área urbana e habitacional	36
6.4.3	Legislação Federal, Estadual e Municipal.....	39
6.4.3.1	<i>Legislação Federal</i>	40
6.4.3.1.1	Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001.....	41
6.4.3.1.2	Parcelamento do Solo Urbano - Lei Federal nº 6.766/1979	46
6.4.3.1.3	Programa Minha Casa, Minha Vida e Regularização Fundiária de Assentamentos Urbanos - Lei Federal nº 11.977/2009.....	49
6.4.3.1.4	Proteção de Vegetação Nativa - Lei Federal nº 12.651/2012.....	50
6.4.3.1.5	Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981.....	54
6.4.3.1.6	Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal nº 9.433/1997	55
6.4.3.1.7	Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010	56
6.4.3.1.8	Básico - Lei Federal nº 11.445/2007	57
6.4.3.2	<i>Legislação Estadual</i>	60

6.4.3.2.1	Parcelamento do Solo Urbano - Lei Estadual nº 7.943/2004	60
6.4.3.2.2	Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado do Espírito Santo - Lei Estadual Complementar nº 488/2009.....	62
6.4.3.2.3	Instituto Estadual de Meio Ambiente - Lei Estadual nº 4.886/1994...	64
6.4.3.2.4	Política Florestal do Estado - Lei Estadual nº 5.361/1996.....	65
6.4.3.2.5	Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei Estadual nº 5.818/1998	
	66	
6.4.3.2.6	<i>Política Estadual de Resíduos Sólidos - Lei Estadual nº 9.264/2009</i>	67
6.4.3.2.7	Política Estadual de Saneamento Básico - Lei Estadual nº 9.096/2008	
	69	
6.4.3.3	<i>Legislação Municipal</i>	70
6.4.3.3.1	Plano Diretor Municipal – Lei Municipal Complementar nº 002/2007	70
6.4.4	Posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais.....	83
6.5	INUNDAÇÃO NA BACIA DOS RIOS CASTELO E CAXIXE.....	86
6.5.1	Contextualização.....	86
6.5.2	Apropriação dos valores de vazões máximas.....	92
6.5.2.1	<i>Distribuição Lognormal tipo II</i>	96
6.5.2.2	<i>Distribuição Lognormal tipo III</i>	97
6.5.2.3	<i>Distribuição Pearson tipo III</i>	97
6.5.2.4	<i>Distribuição Logpearson III</i>	98
6.5.2.5	<i>Distribuição de Gumbel</i>	99
6.5.2.6	<i>Vazões máximas dos Rios Castelo e Caxixe</i>	99
6.5.2.7	<i>Vazão máxima instantânea</i>	101
6.5.3	Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Castelo e Caxixe no Cenário Atual.....	102
6.5.3.1	<i>Introdução</i>	102
6.5.3.2	<i>Domínio do modelo</i>	103
6.5.3.3	<i>Geometria do modelo</i>	103
6.5.3.4	<i>Calibração do modelo</i>	106
6.5.3.5	<i>Riscos de Inundação e Simulação Hidráulica com o Cenário Atual</i> 106	
6.5.4	Modelagem Hidrológica das sub bacias de Castelo para o Cenário Atual.....	110

7	PROGNÓSTICO.....	123
7.1	INTRODUÇÃO	123
7.2	LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES.....	123
7.3	INUNDAÇÃO NAS BACIAS DOS RIOS CASTELO E CAXIXE NO CENÁRIO FUTURO.....	137
7.3.1	Uso do solo futuro e cálculo de vazões	137
7.3.2	Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Castelo e Caxixe no Cenário Futuro	140
7.4	CENÁRIOS ALTERNATIVOS.....	141
7.4.1	Cenário 1	141
7.4.2	Cenário 2.....	143
7.4.3	Cenário 3.....	144
8	CONCLUSÕES	149
9	REFERÊNCIAS.....	151
10	EQUIPE TÉCNICA	155

LISTA DE ILUSTRAÇOES E TABELAS

FIGURAS:

Figura 1-1: Parapeito da ponte Ângelo Casagrande, sobre o rio Castelo, Rua Moura, na inundação ocorrida em janeiro de 2009 em Castelo-ES.....	16
Figura 1-2: Av. Getúlio Varga (trecho em frente ao banco Bradesco), bairro Baixa Itália, na inundação ocorrida em janeiro de 2009 em Castelo-ES.....	16
Figura 1-3: Área da rodoviária de Castelo-ES, bairro Independência, na inundação de janeiro de 2009. Ao fundo a Rua Antenor Pinheiro.....	16
Figura 1-4: Rua Soares, bairro Baixa Niterói, na inundação ocorrida em janeiro de 2009 em Castelo-ES.....	16
Figura 6-1: Localização do município de Castelo no Espírito Santo.	23
Figura 6-2: Bacias dos Rios Castelo e Caxixe e a relação das mesmas com os bairros do município.....	24
Figura 6-3: Localização das estações pluviométricas no município de Castelo e entorno.....	26
Figura 6-4: Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Castelo.....	29
Figura 6-5: Vista montante-jusante da barragem da UHE São João.	87
Figura 6-6: Vista jusante-montante da barragem da UHE São João.	87
Figura 6-7: Vista aérea da restrição do leito do rio Castelo.	88
Figura 6-8: Vista lateral da ponte sobre o rio Castelo.	88
Figura 6-9: Área inundada pela cheia de janeiro de 2009.....	89
Figura 6-10: Aspecto da área mais baixa do bairro Niterói.	90
Figura 6-11: Talvegue no início do bairro Niterói onde foram implantadas vias e construído um campo de futebol.....	90
Figura 6-12: Rua Antônio Rangel, sob a qual um córrego foi canalizado com manilhas de um metro de diâmetro e que tem se mostrado subdimensionadas. .	91
Figura 6-13: Loteamento irregular no bairro Volta Redonda. Área constantemente inundada.....	91

Figura 6-14: Localização da estação fluviométrica de Castelo.....	93
Figura 6-15: TIN das bacias dos Rios Castelo e Caxixe.....	105
Figura 6-16: Simulação hidráulica da OAE da Rodovia Vereador M. Travaglia sobre o Rio Castelo.....	107
Figura 6-17: Simulação hidráulica da OAE da Rua Ana Rangel sobre o Rio Castelo.....	108
Figura 6-18: Simulação hidráulica da OAE da Rua Moura sobre o Rio Castelo.	108
Figura 6-19: Simulação hidráulica da OAE da Rua Lucidio Martins sobre o Rio Castelo.....	109
Figura 6-20: Simulação hidráulica da OAE na Estrada para Córrego Agia sobre o Rio Caxixe.....	109
Figura 6-21: Divisão de sub bacias da sede municipal de Castelo.....	113
Figura 6-22: Mapa de Uso e Ocupação do Solo das sub bacias da sede municipal de Castelo, no cenário atual.....	116
Figura 6-23: Mapa Pedológico das sub bacias da sede municipal de Castelo..	117
Figura 6-24: Sub bacias urbanas de Castelo modeladas pelo programa HEC-HMS.....	121
Figura 7-1: Setores censitários por macrozona.....	129
Figura 7-2: Setor censitário na macrozona urbana.	130
Figura 7-3: Densidade demográfica por setor censitário.....	131
Figura 7-4: Densidade demográfica na macrozona urbana.	132
Figura 7-5: Evolução da população de Castelo - ES.....	133
Figura 7-6: Mapa de Uso e Ocupação do Solo das sub bacias da sede municipal de Castelo, no cenário futuro.....	138
Figura 7-7: Ilhas de terra formadas no leito do rio Castelo. Vista montante da ponte na Estrada para a Rodovia do Contorno.....	142
Figura 7-8: Vista aérea das margens do rio Castelo próximo a ponte na Estrada para a Rodovia do Contorno. Em destaque o afunilamento do rio Castelo após essa ponte.....	142

Figura 7-9: Mapa de localização da barragem no rio Caxixe do cenário 3 145

Figura 7-10: Relação Cota x Volume do reservatório do Rio Caxixe..... 146

TABELAS:

Tabela 6-1: Estações pluviométricas do interior e entorno do município de Castelo, os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados..	25
Tabela 6-2: Precipitações máximas anuais medidas na estação Castelo entre os anos 1940 e 2011.	27
Tabela 6-3: Precipitações máximas anuais de 1 dia associadas a diferentes períodos de retorno para a estação pluviométrica Castelo.	28
Tabela 6-4: Precipitações máximas (em mm), para a estação pluviométrica Castelo, associadas a diferentes períodos de retorno e durações.....	28
Tabela 6-5: Características da estação fluviométrica Castelo.....	94
Tabela 6-6: Vazões máximas anuais da estação fluviométrica Castelo.....	95
Tabela 6-7: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos na estação fluviométrica de Castelo.....	100
Tabela 6-8: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Castelo para os Rios Castelo e Caxixe.	100
Tabela 6-9: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Castelo nos Rios Castelo e Caxixe....	101
Tabela 6-10: Tempo de concentração para as sub bacias na qual a bacia do rio Castelo foi dividido.....	111
Tabela 6-11: Valores de CN médio para as sub bacias urbanas de Castelo.	118
Tabela 6-12: Resposta hidrológica das sub bacias da sede municipal de Castelo para chuva com tempo de retorno de 10 anos.....	121
Tabela 7-1: Densidade demográfica por setor censitário e dados por setor censitário.....	125
Tabela 7-2: Crescimento populacional por setor censitário.....	134

Tabela 7-3: Vazões das sub bacias da sede municipal de Castelo 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.....139

Tabela 7-4: Principais características da barragem estudada.....146

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I-a: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 98).

ANEXO I-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 76).

ANEXO I-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 77).

ANEXO I-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 55).

ANEXO I-e: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 56).

ANEXO I-f: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 38).

ANEXO I-g: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 39).

ANEXO I-h: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 23).

ANEXO II-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 98).

ANEXO II-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 76).

ANEXO II-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 77).

ANEXO II-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 55).

ANEXO II-e: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 56).

ANEXO II-f: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 38).

ANEXO II-g: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 39).

ANEXO II-h: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 23).

ANEXO III: Mapa de soluções propostas para o município de Castelo no Cenário 1.

ANEXO IV: Mapa de soluções propostas para o município de Castelo no Cenário 2.

ANEXO V: Mapa de soluções propostas para o município de Castelo no Cenário 3.

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 Castelo passou de 32.756 em 2000 para 34.747 em 2010, com um crescimento médio anual de 0,57%.

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 inundações a montante.

Princípios básicos de drenagem urbana são largamente estudados e apresentados em manuais; entretanto estes não são, normalmente, empregados em cidades brasileiras, incluindo Castelo, 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 inundações, destacam-se as ocorridas em janeiro de 2009 quando enxurradas atingiram o município, causando estragos nos bairros ao longo do rio Castelo e Caxixe em trecho urbano. A **Figura 1-1**, **Figura 1-2**, **Figura 1-3** e a **Figura 1-4** apresentam o registro fotográfico da inundação ocorrida nesse período. De acordo com os dados da Defesa Civil do município e verificados junto aos da Agência Nacional de Águas (ANA), no dia 23/01/2009, a vazão do rio Castelo foi de 298,14 m³/s. Essa vazão tem um tempo de recorrência de 62 anos no regime hidrológico do rio Castelo.



Figura 1-1: Parapeito da ponte Ângelo Casagrande, sobre o rio Castelo, Rua Moura, na inundação ocorrida em janeiro de 2009 em Castelo-ES.



Figura 1-2: Av. Getúlio Varga (trecho em frente ao banco Bradesco), bairro Baixa Itália, na inundação ocorrida em janeiro de 2009 em Castelo-ES.



Figura 1-3: Área da rodoviária de Castelo-ES, bairro Independência, na inundação de janeiro de 2009. Ao fundo a Rua Antenor Pinheiro.



Figura 1-4: Rua Soares, bairro Baixa Niterói, na inundação ocorrida em janeiro de 2009 em Castelo-ES.

Os problemas de macrodrenagem do rio Castelo podem-se resumidos a seguir:

- presença de trechos com baixa declividade, quando comparado com a declividade média do curso d'água na bacia hidrográfica;
- presença de trechos dos cursos d'água com rocha que serve de anteparo para o escoamento, provocando o assoreamento dos trechos a montante;
- grande quantidade de meandros ao longo do seu percurso em área urbana.

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 Castelo, o que

resultou, na estruturação da defesa civil municipal e estadual e, entre outras ações, a inclusão do município de Castelo 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 Castelo 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 Castelo, tendo como foco a bacia dos Rios Castelo e Caxixe;
- (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 Castelo 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 Castelo 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 inundação através de regulamentação;
- Promover a convivência com as enchentes nas áreas de médio e baixo risco.

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 Rios Castelo e Caxixe.

Informações cedidas pelo Município:

- Acervo fotográfico das inundações na sede e Castelo nos anos de 2009 e 2013;

6 DIAGNÓSTICO

6.1 ÁREAS DE INTERVENÇÃO

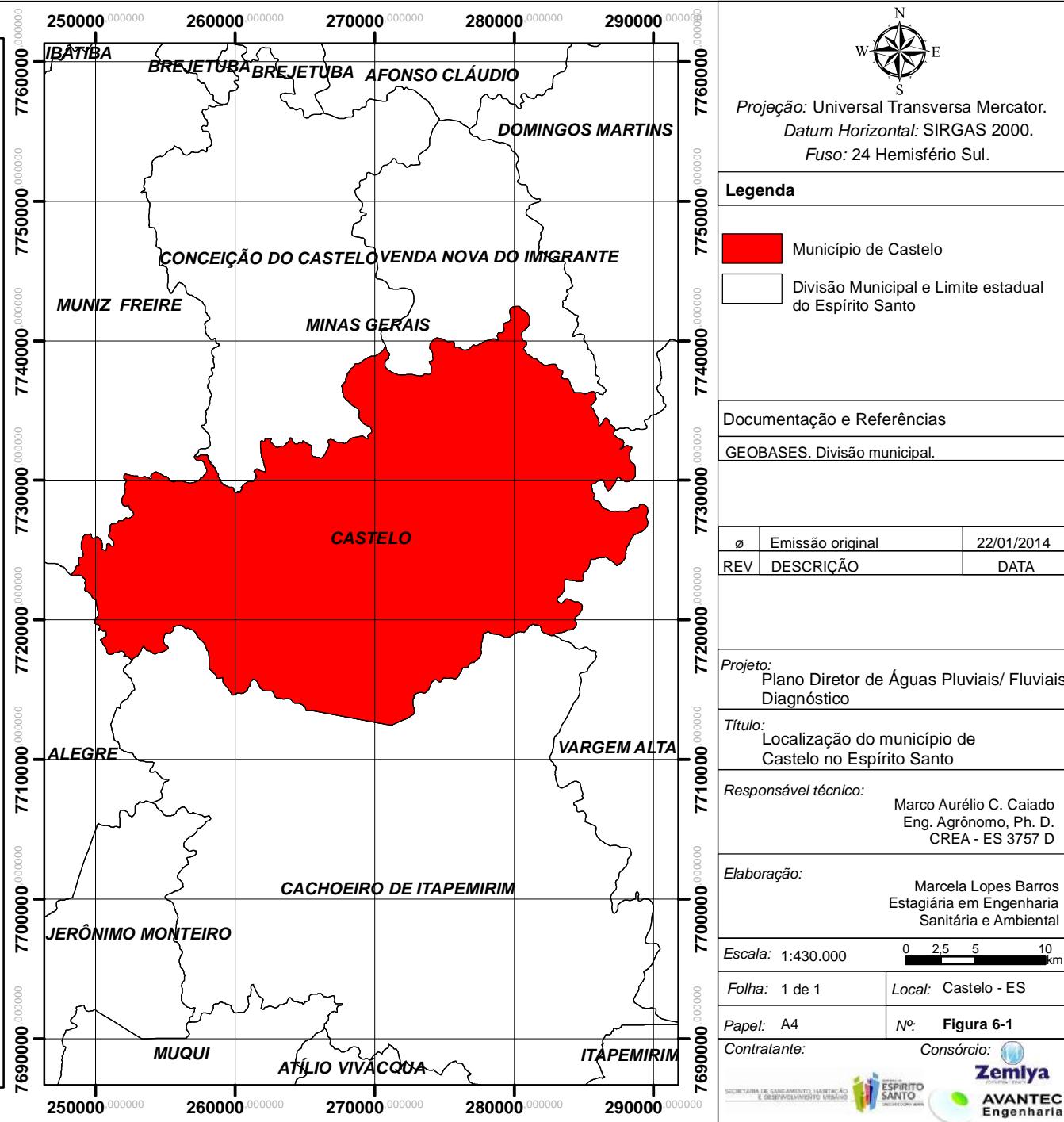
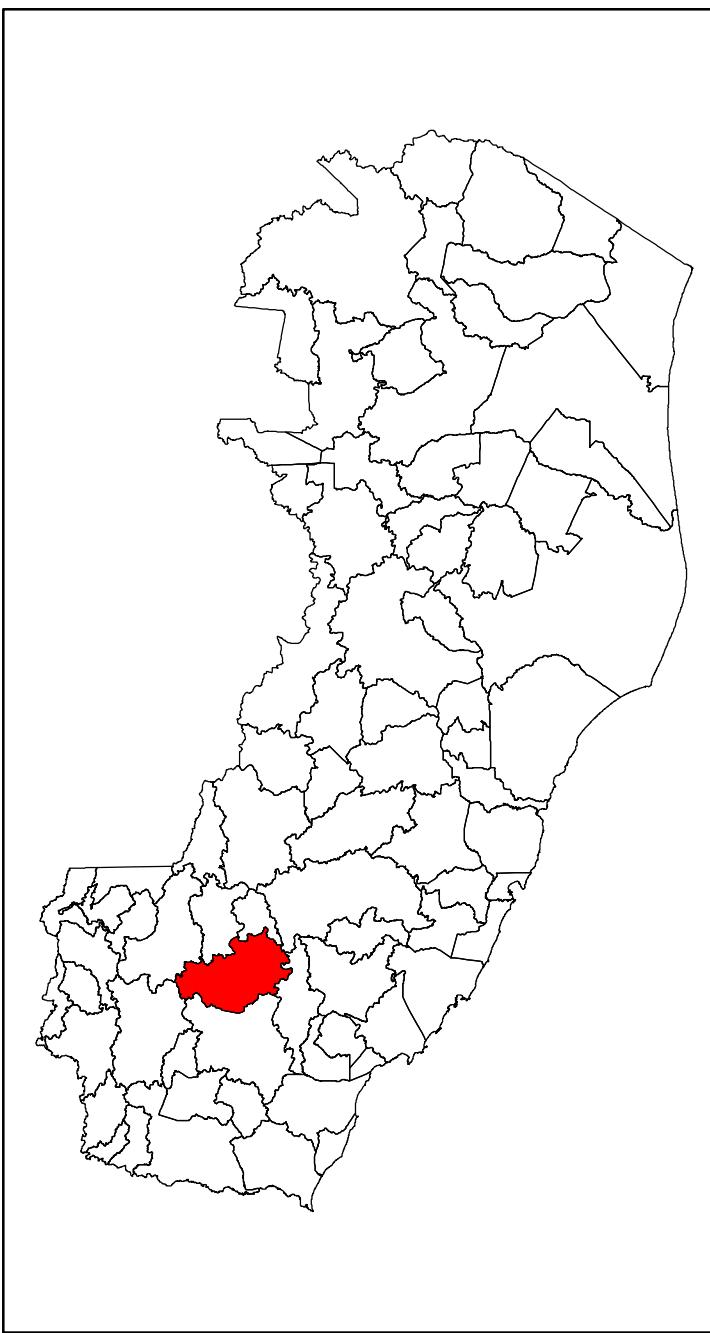
O Plano Diretor de Águas Pluviais/ Fluviais do município de Castelo tem como foco as bacias hidrográficas que abrigam o principal aglomerado populacional do município, o seu distrito Sede, e que, segundo a defesa civil municipal, tem apresentado problemas de inundações mais frequentes, sendo as bacias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

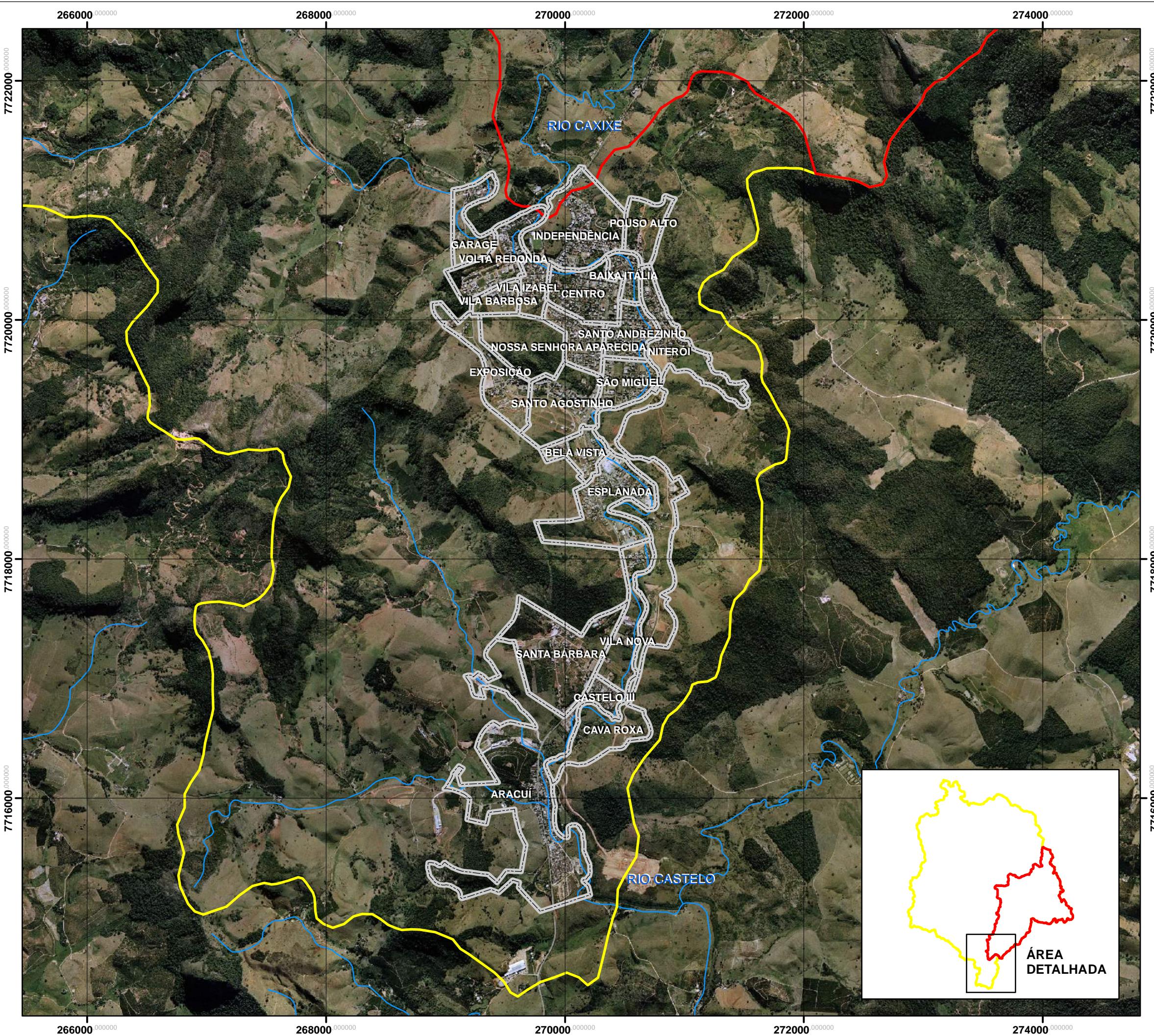
6.2 APROPRIAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

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.





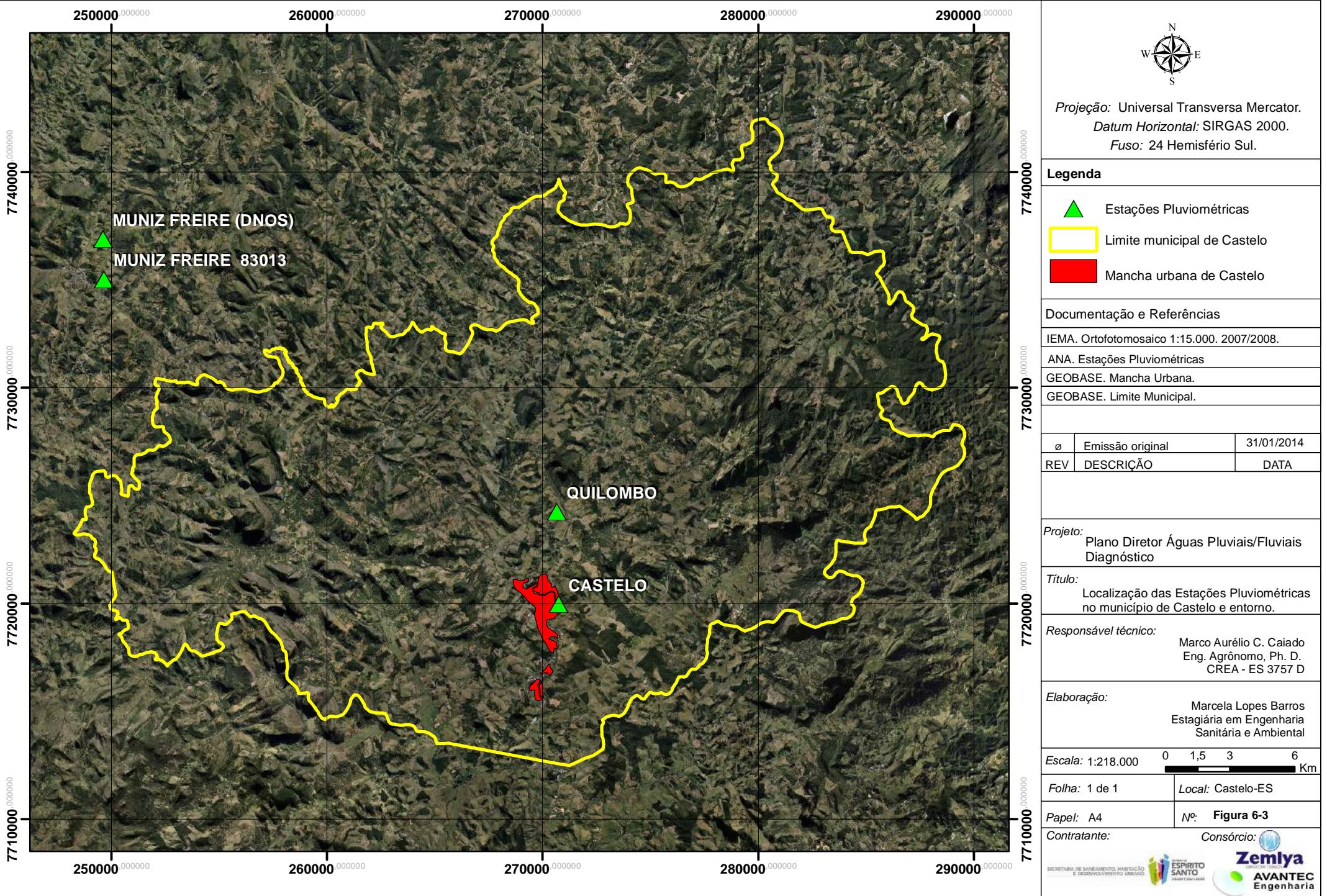
Conforme pode ser observado na **Figura 6-3**, no entorno e nas proximidades do município de Castelo, localizam-se as estações pluviométricas Castelo, Quilombo, Muniz Freire. A **Tabela 6-1** apresenta os códigos das mesmas e as datas de início e fim de coleta de dados.

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

Nome	Código	Início coleta	Fim coleta
Castelo	2041002	1/1/1939	Dias atuais
Quilombo	2041038	-	-
Muniz Freire	2041012	1/1/1948	1/12/1994
Muniz Freire	2041050	1/1/1979	1/12/1998

A estação pluviométrica Castelo, código 2041002, 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). 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.



A **Tabela 6-2** apresenta as precipitações máximas anuais medidas na estação Castelo Montante entre os anos 1940 e 2011.

Tabela 6-2: Precipitações máximas anuais medidas na estação Castelo entre os anos 1940 e 2011.

Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima	Ano	Máxima
1940	62,90	1958	59,60	1976	54,00	1994	81,50
1941	55,80	1959	93,80	1977	77,40	1995	59,00
1942	78,20	1960	85,40	1978	52,20	1996	80,00
1943	48,60	1961	52,60	1979	75,00	1997	103,40
1944	78,20	1962	60,00	1980	85,20	1998	55,40
1945	90,00	1963	58,00	1981	60,00	1999	48,20
1946	101,20	1964	74,00	1982	88,00	2000	74,70
1947	110,80	1965	65,00	1983	70,00	2001	62,50
1948	87,00	1966	44,20	1984	62,30	2002	55,20
1949	58,00	1967	47,00	1985	118,40	2003	63,00
1950	82,00	1968	95,00	1986	56,70	2004	78,40
1951	73,00	1969	113,00	1987	127,00	2005	97,40
1952	94,00	1970	56,00	1988	59,60	2006	82,40
1953	59,20	1971	58,00	1989	74,50	2007	68,10
1954	67,80	1972	53,00	1990	110,00	2008	97,30
1955	50,00	1973	78,00	1991	68,80	2009	103,70
1956	83,80	1974	65,00	1992	65,00	2010	115,00
1957	79,40	1975	85,80	1993	70,00	2011	78,70

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 Castelo.

Período de retorno (anos)	Precipitação máxima anual (mm)
2	71,66
5	90,18
10	102,44
25	117,93
50	129,42
75	136,10
100	140,83

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

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

Duração	Período de Retorno						
	2	5	10	25	50	75	100
24h	81,69	102,80	116,78	134,44	147,54	155,15	160,54
12h	69,44	87,38	99,26	114,27	125,41	131,88	136,46
10h	66,99	84,30	95,76	110,24	120,98	127,23	131,65
8h	63,72	80,18	91,09	104,86	115,08	121,02	125,22
6h	58,82	74,02	84,08	96,79	106,23	111,71	115,59
1h	34,31	43,18	49,05	56,46	61,97	65,16	67,43
30min	25,39	31,95	36,29	41,78	45,86	48,22	49,90
25min	23,10	29,07	33,03	38,02	41,73	43,88	45,41
20min	20,57	25,88	29,40	33,84	37,14	39,06	40,42
15min	17,77	22,37	25,41	29,25	32,10	33,76	34,93
10min	13,71	17,25	19,60	22,56	24,76	26,04	26,94
5min	8,63	10,86	12,34	14,21	15,59	16,40	16,96

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

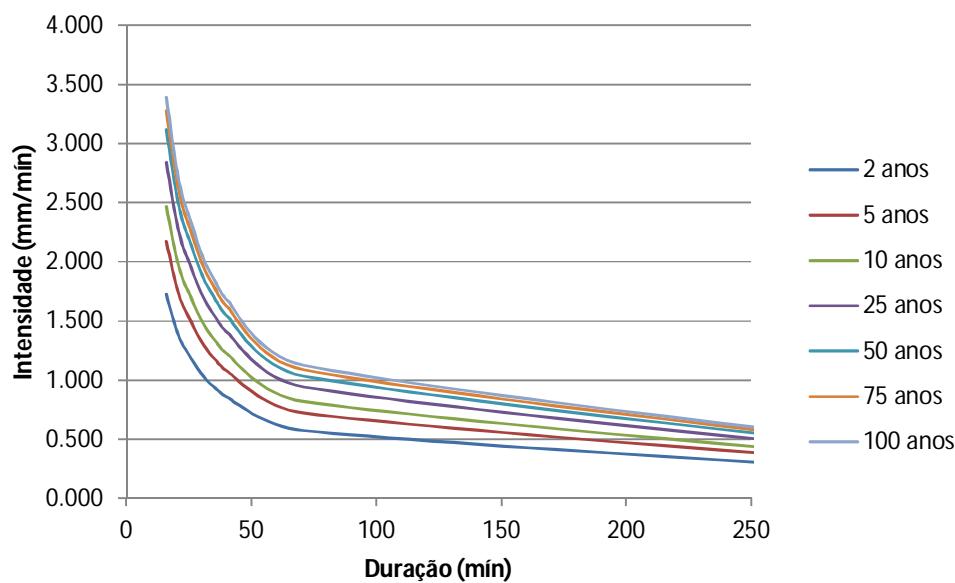


Figura 6-4: Curvas intensidade x duração de chuva para diferentes períodos de retorno na estação pluviométrica Castelo.

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

$$i = \frac{14,378T^{0,1245}}{(t + 11)^{0,751}} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

i = intensidade da chuva em mm/min;

T = Tempo de retorno, em anos;

t = Tempo de duração, em minutos.

6.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O 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*, *Temez* 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 Km².

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

Sendo:

T_c : tempo de concentração (horas);

A : área da bacia (Km²);

L : comprimento do talvegue principal (Km);

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

A equação de *Temez* (**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 km².

$$T_c = 0,3 \times \left(\frac{L}{i^{0,25}} \right)^{0,76}$$

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 Km².

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);

η : 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);

η : 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

Segundo informações coletada em reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal de Castelo, o município não possui uma lei que institui a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal, portanto não foi possível fazer uma análise dos órgãos que compõem a administração direta e indireta da Prefeitura, assim como sua função e atuação.

A partir de informações do site da Prefeitura Municipal¹, constituem a estrutura organizacional hoje instituída basicamente treze Secretarias, a saber: a Secretaria Municipal de Planejamento; a Secretaria Municipal de Obras; a Secretaria Municipal de Finanças; a Secretaria Municipal de Agricultura; a Secretaria Municipal de Interior; a Secretaria Municipal de Educação; a Secretaria Municipal de Administração; a Secretaria Municipal de Turismo e Cultura; a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos; a Secretaria Municipal de Saúde; a Secretaria Municipal de Assistência Social; a Secretaria Municipal de Esportes; e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Ainda compõem a administração direta o setor de Comunicação, a Controladoria e a Procuradoria Geral.

Os órgãos que atuam mais diretamente na gestão da política urbana e habitacional são: a Secretaria Municipal de Obras, a Secretaria Municipal de

Serviços Urbanos, a Secretaria Municipal de Assistência Social e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

A Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Castelo foi criada pela Lei Municipal nº 2.205 de janeiro de 2004 e está vinculada à Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, entretanto esta legislação não regulamenta as ações e objetivos dessa Coordenadoria.

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 Ação Social, o Conselho Municipal de Habitação de Interesse Social e o Conselho do Plano Diretor Municipal.

O Conselho Municipal de Ação Social foi criado pela Lei nº 3.215 de junho de 2012 e está vinculado à Secretaria Municipal de Assistência Social. Ele tem por competência: aprovar, acompanhar, avaliar e fiscalizar a Política Municipal de Assistência Social; normatizar as ações e regular a prestação de serviços de natureza pública e provada no campo da assistência social, exercendo essas funções num relacionamento ativo e dinâmico com os órgãos gestores; acompanhar, avaliar e fiscalizar, a gestão dos recursos, bem como os ganhos sociais e o desempenho dos benefícios, rendas, serviços sócio assistenciais, programas e projetos aprovados nas Políticas de Assistência Social; entre outros.

O Conselho Municipal de Habitação de Interesse Social foi criado pela Lei Municipal nº 2.483 de janeiro de 2007 e está vinculado à Secretaria Municipal de Planejamento. Ele tem por finalidade: propor e aprovar as diretrizes, prioridades, estratégias e instrumentos da Política Municipal de Habitação de Interesse Social; propor e aprovar os planos de aplicação dos recursos do Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social; regulamentar, fiscalizar e acompanhar todas as ações referentes a subsídios habitacionais; 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; entre outros.

O Conselho do Plano Diretor Municipal foi criado pela Lei Complementar nº 002 de fevereiro de 2007 e está vinculado à Secretaria Municipal de Planejamento. É competência desse Conselho: acompanhar a implementação do Plano Diretor, analisando e deliberando sobre questões relativas à 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; zelar pela integração das políticas setoriais; entre outros.

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 Castelo, no dia 04 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 encontra 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 a Sra. Thuanny Fonseca, da Secretaria Municipal de Assistência Social, o Sr. Evaldo Moura, da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, a Sra. Cristiane Tinoco da Defesa Civil Municipal,

o Sr. Ricardo Borges da Secretaria Municipal de Obras, o Sr. Lúcio Cesconeto, da Defesa Civil Municipal e o Sr. Orlando do Nascimento.

Observou-se que o município de Castelo possui alguns programas, projetos e obras em andamento ou que foram executados, com vistas ao planejamento urbano, desenvolvimento territorial e habitação de interesse social sendo a maior parte feita através de convênios com o Governo Estadual e com o Governo Federal. Dentre eles está um convênio com a SEDURB (Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano) e com o Ministério das Cidades, de forma que estão sendo executadas 112 unidades habitacionais, sendo o Conjunto Habitacional Cava Rocha, a partir do Programa Minha Casa Minha Vida, estando ainda incompleta a infraestrutura básica do loteamento.

Em termos de iniciativas voltadas para obras de infraestrutura urbana, a Prefeitura Municipal possui projetos elaborados para execução de drenagem e pavimentação para parte da Sede Municipal e para a Rodovia do Contorno também, que além da drenagem e pavimentação, possui projeto para revitalização completa da avenida. O recurso para execução do projeto da Avenida do Contorno já foi captado e será realizado através de convênio com a SEDURB; já o recurso para execução do projeto para parte da Sede Municipal está em processo de captação, também com a SEDURB. Além desses, também existe um convênio com a CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento) para execução do emissário de esgoto do loteamento Cava Rocha.

O município possui dois Planos Urbanísticos elaborados, sendo o Plano Municipal de Habitação de Interesse Social e o Plano Diretor Municipal, e está em processo de licitação o Plano Municipal de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos.

Em se tratando de iniciativas de iniciativas do Poder Público Municipal, relacionadas às obras para erradicação de risco, essas são executadas pela Secretaria Municipal de Obras e pela Secretaria Municipal de 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. As intervenções acontecem anualmente. Não é prática do Poder Público Municipal executar muros de contenção.

São poucas as iniciativas da Prefeitura Municipal em ações que atendam famílias em áreas de risco, loteamentos com falta de infraestrutura, programas de saneamento, programas habitacionais e outros.

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 essa 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, desenvolvem trabalhos educativos nas Escolas Públicas Municipais no sentido de informar a respeito da prevenção na formação de áreas de risco e como agir em caso de uma emergência e também realizam reuniões com a comunidade afetada, entretanto, não existem NUDECs (Núcleos de Defesa Civil) instituídos.

Destaca-se que a Defesa Civil Municipal tem como prática cotidiana a vistoria das áreas de risco da cidade, que ocorrem mediante demanda da própria comunidade e, caso seja constado a necessidade de remoção, faz-se necessário a elaboração de um laudo técnico pelos técnicos da Defesa Civil e a remoção é feita com auxílio dos assistentes sociais da Secretaria Municipal de Assistência 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 familiares. As famílias desabrigadas poderão acessar Aluguel Social, que consiste na concessão de benefício financeiro, destinado ao subsídio para pagamento ou complementação de aluguel de imóvel, às famílias cuja

residência tenha sido destruída por algum desastre natural. Atualmente, duas 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 m², 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, à 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 125m² (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 (quinhetos) 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 m² (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 Complementar nº 002/2007

A Lei Municipal nº 002 de 12 de fevereiro de 2007 dispõe sobre o Plano Diretor Municipal de Castelo em consonância com o que dispõe o art. 182 da Constituição da República Federativa do Brasil, a Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001 e a Lei Orgânica do Município. O art. 1º desta legislação indica que o Plano Diretor Municipal é instrumento básico, global e estratégico da política de desenvolvimento e orientação dos agentes públicos e privados que atuam na gestão do Município, na medida em que fixa princípios e diretrizes gerais por meio de participação popular.

Segundo o art. 2º, o Plano Diretor Municipal tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais do Município, da propriedade e do uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado de seu território, de forma a assegurar o bem-estar dos habitantes.

Art.4º Os Princípios Fundamentais norteadores do Plano Diretor do Município de Castelo são:

I - função social do Município;

II - função social da propriedade;

III - gestão democrática e participativa do Município;

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

O Título II deste Plano Diretor vem tratar das políticas sociais e econômicas e o Capítulo VI desse Título regulamenta a Política de Habitação do Município, tendo como diretrizes, segundo o Art. 50º:

II - promover a requalificação e/ou regularização fundiária, jurídica e urbanística, dos assentamentos habitacionais precários e irregulares de baixa renda;

III - promover o acesso à terra, por intermédio de instrumentos urbanísticos, que assegurem a utilização adequada das áreas vazias e subutilizadas existentes na macrozona urbana;

IV – assegurar apoio e o suporte técnico às iniciativas individuais ou coletivas da população de baixa renda para edificar ou melhorar suas moradias;

V - impedir novas ocupações irregulares ou clandestinas na macrozona urbana e rural;

VI – promover a remoção e garantir alternativas de habitação para as famílias que estejam residindo em áreas de risco, locais de preservação ambiental ou em locais de interesse urbanístico;

VII - estimular a produção de Habitação de Interesse Social (HIS) pela iniciativa privada;

VIII – inibir o adensamento populacional nas Zonas de Interesse Social (ZEIS);

O Título III trata das diretrizes e objetivos da Política Territorial e seu Capítulo I regulamenta a Política de Regularização Fundiária e seu Art. 67º institui como objetivo desta política legalizar a permanência de populações de áreas urbanas

ocupadas em desconformidade com a Lei. Segundo o Art. 68º, são diretrizes da Política de Regularização Fundiária:

I - a segurança jurídica da posse como forma de garantir a permanência das pessoas nos locais que ocupam;

II - inclusão social por meio de programas pós-regularização fundiária;

III - garantia de condições adequadas de habitabilidade;

IV - participação da população beneficiada em todas as etapas do processo de regularização fundiária.

Art.69. As áreas irregulares ocupadas por população de média e alta renda poderão sofrer processos de regularização jurídica, mediante contrapartida em favor do fundo municipal de habitação, de acordo com o estipulado em legislação específica.

O Capítulo II trata da Política Ambiental estando estabelecido no Art. 78º seu objetivo: 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, do manejo dos resíduos sólidos e da drenagem e reaproveitamento de águas pluviais, promovendo a sustentabilidade ambiental do uso e da ocupação do solo. O Art. 80º define como diretrizes desta Política, entre outras:

III - universalizar os serviços de saneamento ambiental;

(...)

V - ampliar as medidas de saneamento básico para as áreas deficitárias, por meio da complementação das redes coletoras de esgoto e de abastecimento de água;

(...)

IX - assegurar um sistema de drenagem pluvial em toda a área ocupada pelo Município por meio de sistemas físicos, naturais e construídos, de modo que os escoamentos das águas pluviais reabasteçam os aquíferos e propiciem segurança e conforto aos seus habitantes;

(...)

XI - promover a recuperação ambiental revertendo os processos de degradação das condições físicas, químicas e biológicas do ambiente;

(...)

XIX - regular o uso e ocupação do solo por meios e técnicas de planejamento ambiental, incluindo as diversas formas de zoneamento;

XX – impedir ou restringir a ocupação urbana em áreas frágeis de encostas, bem como em áreas de notável valor paisagístico;

O Título IV trata do ordenamento territorial e, segundo o Art. 90º consiste na organização e controle do uso e ocupação do solo no território municipal, de modo a evitar e corrigir as distorções do processo de desenvolvimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, o desenvolvimento econômico e social e a qualidade de vida da população, sendo objetivos gerais deste ordenamento, segundo o Art. 95º:

I – definir e manter atualizado o perímetro urbano do Município;

II – organizar o controle do uso e ocupação do solo das macrozonas;

III – definir zonas especiais que, pelos seus atributos, são adequadas à implementação de determinados programas de interesse público ou necessitam de programas especiais de manejo e proteção;

IV – qualificar os usos que se pretendem induzir ou restringir em cada zona do Município;

V – promover o adensamento compatível com a infraestrutura, principalmente, em regiões de baixa densidade e com presença de áreas vazias ou subutilizadas;

VI – preservar e recuperar as áreas de interesse histórico, paisagístico, cultural e ambiental;

VII – urbanizar e qualificar a infraestrutura e habitabilidade nas áreas de ocupação precária em situação de risco;

VIII – combater e evitar a poluição e a degradação ambiental;

IX – integrar e compatibilizar o uso e a ocupação do solo entre as macrozonas;

X – promover a gestão por microbacias hidrográficas.

O Capítulo I trata do macrozoneamento fixando regras fundamentais de ordenamento do território e tem como objetivo definir diretrizes para o uso e ocupação do solo. Segundo o Art. 97º o território se divide em duas macrozonas, sendo a Macrozona Urbana e a Macrozona Rural.

Art.100. A Macrozona Urbana do Município de Castelo é aquela ocupada ou já comprometida com a ocupação, bem como as zonas destinadas e necessárias ao crescimento do Município.

Art.101. A ocupação e o uso do solo na macrozona urbana de Castelo, considerando-se a disponibilidade de infraestrutura, o meio físico, a capacidade de adensamento e o grau de incômodo e poluição causados ao ambiente urbano, ficam estabelecidos com os seguintes conceitos e definições:

I – ZR - Zonas Residenciais são aquelas em que prevalece o uso para moradias unifamiliares ou multifamiliares e as atividades de apoio a esse uso, compatíveis entre si;

II – ZCO - Zonas Comerciais e de Serviços são aquelas em que prevalecem as atividades comerciais e de prestação de serviços, classificadas de acordo com as intensidades dessas atividades, admitida à incidência de uso residencial e de atividades econômicas ligadas aos setores primário e secundário;

III – ZM – Zonas Mistas são aquelas em que as atividades residenciais, comerciais, de serviços, industriais e agrícolas, compatíveis entre si, coexistem, sem a predominância de qualquer dessas atividades;

IV – ZIN - Zonas Industriais são aquelas em que prevalece a existência de indústrias e de atividades correlatas do setor secundário e incluem aquelas de seu apoio, viabilidade e complementação, compatíveis entre si;

V – ZOR – Zona de Ocupação Restrita, é a composta por áreas com restrições no aumento da ocupação urbana pela grande declividade do terreno

e pela localização próxima com as áreas de vegetação significativa.

(...)

Art.106. A Macrozona Rural engloba toda área que esteja fora da Macrozona Urbana.

(...)

Art. 110. Integram ainda o zoneamento do Município de Castelo as Zonas Especiais a seguir:

I – ZEITA – Zonas Especiais de Interesse turístico-ambiental;

II - ZEPP – Zonas Especiais de Proteção Permanente;

III – ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social.

Art. 111. As Zonas Especiais de Interesse Turístico-Ambiental (ZEITA) são áreas formadas por sítios, ruínas, lugares, obras, monumentos, objetos e conjuntos de relevantes expressões junto ao subjetivo coletivo da população castelense, ou de expressões arquitetônicas, históricas, culturais, paisagísticas, que necessitam de políticas específicas para efetiva proteção, recuperação e manutenção deste patrimônio, compreendendo:

(...)

Art.116. As Zonas Especiais de Proteção Permanente (ZEPP) são áreas públicas ou privadas destinadas à proteção e recuperação da paisagem e do meio ambiente.

(...)

Art. 118. As Zonas de Interesse Social (ZEIS), delimitadas no mapa 3, ANEXO I desta Lei, correspondem às áreas destinadas à manutenção e à instalação de habitação de interesse social (HIS) e aos programas de regularização urbanística e fundiária.

O Capítulo II trata do uso e ocupação do solo e o Art. 138º define que as zonas de uso estabelecem a ordenação do uso e da ocupação do solo, pela indicação: dos usos permitidos e proibidos, quanto à qualidade de ocupação do solo urbano; dos condicionamentos urbanísticos da ocupação do solo urbano por edificações; e das dimensões de testada e área mínima e máxima dos lotes.

O Título V trata das diretrizes de adensamento e seu Capítulo I dos parâmetros urbanísticos, sendo considerado, no Art. 155º, como índices e parâmetros urbanísticos reguladores da ocupação do solo:

I – para terrenos:

- a) dimensões do lote (testadas, divisa e áreas);
- b) recuos, investiduras e limites de profundidade;

II – para edificações:

- a) afastamento;
- b) altura máxima das edificações e/ou número máximo de pavimentos (gabarito);
- c) área total das edificações (ATE), para determinação da área máxima de construção das edificações, a ser definida pelo valor resultante da multiplicação do Coeficiente de Aproveitamento (CA) estabelecido para o local pela área do lote;
- d) taxa de ocupação;
- e) dimensões máximas da projeção das edificações;

- f) área mínima da unidade;
- g) número de vagas para estacionamento;
- h) limite de implantação das edificações, decorrentes das características dimensionais, geológicas e de relevo do terreno;
- i) taxa de permeabilidade do solo;
- j) varandas e saliências;
- l) coberturas do tipo terraço capixaba;
- m) pilotis.

Destacam-se algumas definições encontradas no Art. 157º de maior interesse para esse PDAP:

I - coeficiente de aproveitamento básico é o fator que, multiplicado pela área do lote definirá o potencial construtivo básico daquele lote, outorgado gratuitamente pelo Poder Executivo Municipal;

III - taxa de ocupação é um percentual expresso pela relação entre a área da projeção da edificação e a área do lote;

IV - taxa de permeabilidade é um percentual expresso pela relação entre a área do lote sem pavimentação impermeável e sem construção no subsolo, e a área total do terreno;

V - gabarito é número de pavimentos da edificação;

Art.158. As edificações deverão obedecer ao gabarito, coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação, taxa de permeabilidade e afastamentos estabelecidos na tabela constante no quadro 1 do ANEXO II desta Lei.

O Capítulo III trata do parcelamento do solo e, pelo Art. 169º fica definido que O parcelamento do solo para fins urbanos, sob forma de loteamento, desmembramento ou remembramento, será procedido na forma da legislação federal e estadual de parcelamento do solo, observadas, ainda, as disposições desta Lei.

Art.173. Não será permitido o parcelamento do solo em:

I - terrenos alagadiços ou sujeitos as inundações, antes de tomadas as providências para sua correção;

II - terrenos aterrados com lixo, resíduos ou matérias nocivas à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - terrenos situados fora do alcance das redes públicas de abastecimento de água potável e de energia elétrica, salvo se atendidas as exigências específicas dos órgãos competentes;

IV - terrenos onde as condições geológicas e geotécnicas não aconselham a edificação;

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

VI - em áreas de preservação permanente e em unidades de conservação, definidas em legislação Federal, Estadual ou Municipal;

VII – em terrenos com declividade superior a 30% (trinta por cento) salvo se atendidas exigências das autoridades competentes.

Art.175. Nos futuros parcelamentos a serem aprovados no Município deverão ser considerados os seguintes critérios para análise e aprovação:

-
- I - adaptabilidade do traçado à topografia;
 - II - relação entre declividade e dimensão do lote;
 - III - relação entre proximidade dos cursos d'água e dimensão do lote;
 - IV - relação entre dimensão das vias e dimensão do lote;
 - V - relação entre uso e dimensão do lote;

O Art. 187º regulamenta a respeito da aprovação do projeto de loteamento, devendo ser solicitado ao Poder Executivo Municipal que defina as diretrizes urbanísticas municipais antes da aprovação do loteamento, que deve ser projetado de acordo com esta definição.

Art.190. Obtida a definição municipal referente às diretrizes urbanísticas, o interessado, a seu critério, poderá submeter um estudo de viabilidade urbanística do loteamento, à apreciação do Poder Executivo, através de requerimento firmado pelo proprietário do imóvel ou seu procurador e pelo profissional responsável pelo estudo de viabilidade.

Aprovado o loteamento, este deverá ser executado com a seguinte infraestrutura urbana:

- I - redes e equipamentos para o abastecimento de água potável;
- II - redes e equipamentos para fornecimento de energia elétrica;
- III - redes e equipamentos para a coleta e escoamento adequado de águas pluviais;
- IV - redes e equipamentos para a coleta, tratamento e disposição adequada de esgoto sanitário;

V - obras de pavimentação viária com as características geométricas, infraestruturais e paisagísticas da via principal do loteamento.

O Título VI trata dos instrumentos da Política Urbana. No Art. 209º fica instituído que estão passíveis de Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsória, nos termos do artigo 182 da Constituição Federal e dos artigos 5º e 6º do Estatuto da Cidade, os imóveis não edificados, subutilizados ou não utilizados localizados na Macrozona Urbana, sendo notificados pelo Poder Público Municipal.

Caso não sejam cumpridos as etapas e os prazos determinados para execução do Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsória, o Município aplicará alíquotas progressivas do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbano – IPTU, majoradas anualmente, pelo prazo de 5 (cinco) anos consecutivos, até que o proprietário cumpra com a obrigação de parcelar, edificar ou utilizar, conforme o caso, conforme determinado no Art. 211º deste Plano Diretor. Decorridos 05 (cinco) anos de cobrança do IPTU Progressivo no Tempo sem que o proprietário tenha cumprido a obrigação de parcelamento, edificação e utilização, o Município poderá proceder à desapropriação do imóvel com pagamento em títulos da dívida pública.

O Capítulo IV regulamenta a transferência do direito de construir, de forma que, segundo o Art. 127º, O proprietário de imóvel localizado na Macrozona Urbana poderá exercer em outro local, passível de receber o potencial construtivo, ou alienar, total ou parcialmente, o potencial construtivo não utilizado no próprio lote, mediante prévia autorização do Poder Executivo Municipal, quando tratar-se de imóvel:

I - de interesse do patrimônio histórico-cultural;

II - lindeiro ou defrontante às Zonas Especiais;

III - que exerce função ambiental essencial, tecnicamente comprovada pelo órgão municipal competente;

IV – que sirva a programas de regularização fundiária, urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda e Habitação de Interesse Social (HIS).

O Capítulo VI trata do Consórcio Imobiliário sendo passível de aplicação pelo Poder Público Municipal para viabilizar empreendimentos de Habitação de Interesse Social (HIS).

§1º Considera-se Consórcio Imobiliário a forma de viabilização de planos de urbanização ou edificação, por meio do qual o proprietário transfere ao Poder Público municipal o seu imóvel e, após a realização das obras, recebe como pagamento, unidades imobiliárias devidamente urbanizadas ou edificadas.

Por fim, o Capítulo VII institui o direito de preferência, de forma que O Poder Público municipal poderá exercer o Direito de Preferência para aquisição de imóvel urbano objeto de alienação onerosa entre particulares, conforme disposto nos artigos 25, 26 e 27 do Estatuto da Cidade e será exercido sempre que for necessário áreas para:

- I - regularização fundiária;
- II - ordenamento e direcionamento da expansão urbana;
- III - implantação de equipamentos urbanos e comunitários;
- IV - criação de espaços públicos de lazer e áreas verdes;
- V - criação de unidades de conservação ou proteção de outras áreas de interesse ambiental;
- VI - proteção de áreas de interesse histórico, cultural ou paisagístico.

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 Castelo. 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.

Segundo informações dos técnicos da Prefeitura Municipal de Castelo, o município ainda não possui uma legislação que institui a Estrutura Administrativa da Prefeitura Municipal, portanto não foi possível fazer uma análise das funções de cada uma das Secretarias Municipais, seu papel de atuação no município, ações a serem executadas, departamentos ou setores vinculados à essas, entre outros. Torna-se, portanto, necessário criar esta legislação vinculada à um organograma e que deverá definir detalhadamente o papel de cada órgão da administração direta e indireta da Prefeitura Municipal.

Em relação à Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Castelo (COMDEC), criada pela Lei nº 2.205 de janeiro de 2004, esta se encontra vinculada à Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, assim como sua dotação orçamentária, ficando restritas suas ações e planejamento. Faz-se necessário alterar esta legislação, de forma que, a COMDEC esteja vinculada diretamente ao Prefeito Municipal, adquirindo maior autonomia para planejar e executar seu trabalho. É necessário, também, que seja realizada a contratação de técnicos, que trabalhem exclusivamente para esta Coordenadoria. Faz-se necessário, também, fortalecer as ações da Defesa Civil municipal, 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 Secretaria Municipal de Obras tem sua importância na gestão do risco geológico por estar responsável pela coordenação e controle das obras

públicas, pela política de saneamento urbano e pela fiscalização da aplicação dos Código de Posturas, Lei de Parcelamento do Solo e Código de Obras. Entretanto, foi informado em reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal, que a fiscalização das construções irregulares encontra-se prejudicada devido ao corpo técnico reduzido de funcionários com essa função e ao grande número de obras que são feitas de forma irregular no município, portanto faz-se necessário fortalecer o corpo técnico desta Secretaria de forma que, ela possa atender a estas demandas, além da realização de uma campanha de conscientização da população sobre a formação da irregularidade.

Destaca-se a importância da Secretaria Municipal de Serviços Urbanos na 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 inundações.

Em relação à Secretaria Municipal de Assistência Social, segundo reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal, essa é a responsável pelo setor de habitação da Prefeitura Municipal, devendo gerenciar, coordenar e instituir programas habitacionais e de regularização fundiária; assim como promover o envolvimento da comunidade em projetos habitacionais, capacitando os grupos organizados. Sugere-se que seja criada uma nova Secretaria Municipal, sendo responsável pelos programas habitacionais e que a Secretaria Municipal de Assistência Social também se envolva nestes programas, mas somente no que tange a coordenação e a realização das ações de participação, mobilização e organização comunitária para programas habitacionais para população de baixa renda. As demais atribuições, tais como a elaboração de projetos, a execução de obras e a coordenação da construção de novas unidades habitacionais, melhorias habitacionais, obras de pavimentação, drenagem e as demais benfeitorias, devem estar à cargo da Secretaria Municipal de Obras e por esta nova Secretaria.

Em relação às competências da Secretaria Municipal de Meio Ambiente esta deverá atuar no licenciamento de atividades potencialmente poluidoras para o município. No entanto, segundo informações coletadas em reunião com os técnicos da Prefeitura Municipal, o Poder Executivo não tem atuado neste sentido, por não possuir um Código Municipal de Meio Ambiente e uma lei que regulamente o Licenciamento Ambiental, entretanto estas já estão sendo elaboradas, devendo ser assumidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

A Lei Municipal nº 002 de fevereiro de 2007, que institui o Plano Diretor de Castelo conta com os capítulos referentes às políticas municipais, instrumentos urbanísticos, estabelece normas para construção de edificações, aprovação de projetos e acompanhamento de obra, além de legislar sobre o uso, ocupação e parcelamento do solo urbano. Entretanto, seu zoneamento é falho, pois trata somente dos usos destinados à cada região da cidade, de forma que deveria também relacionar questões como áreas de risco, áreas ambientalmente frágeis, falta de infraestrutura urbana, regiões que devem sofrer adensamento ou não, além das áreas para expansão urbana da cidade. É necessário fazer uma revisão no zoneamento deste Plano Diretor, mas ele não deixa de ser um importante instrumento de controle urbanístico, devendo ser seguido até a aprovação de sua revisão.

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 análise feita sobre programas e projetos em andamento no município de Castelo, 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, provisão de habitação de baixa renda e demais problemas relacionados à

infraestrutura urbana. Faz-se necessário rever a gestão pública municipal, de forma que cada Secretaria, dentro de seu quadro de atribuições, passe a estabelecer convênios com o Poder Executivo Federal e Estadual para realização de diversas ações no município, no que tange principalmente a solução de problemas de infraestrutura urbana e habitacionais.

A aprovação desses dois planos – Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais e Plano de Risco Geológico –, 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 CASTELO E CAXIXE

6.5.1 Contextualização

A área urbana do município de Castelo é cortada pelo rio Castelo, por uma extensão de aproximadamente 11 km, e três de seus afluentes urbanos, sendo o rio Caxixe o mais importante. O rio Castelo é um dos principais formadores do rio Itapemirim e possui uma área de drenagem de 1.481,84 Km², drenando terras dos municípios de Conceição do Castelo, Castelo, Venda Nova do Imigrante, Vargem Alta, Muniz Freire e Cachoeiro de Itapemirim.

Os principais afluentes do rio Castelo são: rio São João de Viçosa (área de drenagem de 194,90 km²), desaguando próximo à sua cabeceira, no município de Venda Nova do Imigrante; Caxixe (área de drenagem de 223,62 km²), desaguando na área urbana de Castelo; Fruteiras (área de drenagem 298,50 km²) e rio da Prata (área de drenagem de 132,35 km²), desaguando a jusante da área urbana de Castelo. O rio Caxixe drena uma área de intensa agricultura e, em seu trecho final, tem suas águas captadas para o sistema de abastecimento público de Castelo.

Até o núcleo urbano de Castelo, o rio Castelo drena uma área total de 955,72 km², correspondendo a 64,49% da área de drenagem da sua bacia hidrográfica. No núcleo urbano, suas vazões são medidas na Estação Fluviométrica Castelo, código 57490000, operado pela Agência Nacional de Águas, cujos dados foram utilizados na análise hidrológica na qual o presente trabalho se embasou.

Ao longo do percurso do rio Castelo, existem algumas obras hidráulicas de relevância, dentre as quais se destaca a UHE São João, localizada entre o município de Conceição do Castelo e Castelo, a montante da área urbana de Castelo. (**Figura 6-5** e **Figura 6-6**).



Figura 6-5: Vista montante-jusante da barragem da UHE São João.



Figura 6-6: Vista jusante-montante da barragem da UHE São João.

O município de Castelo sofre com constantes inundações em sua área urbana em consequência das cheias dos Rios Castelo e Caxixe, sendo essas inundações de recorrência quase anual em algumas partes da sede municipal, segundo informações da Defesa Civil Municipal.

Parte significativa da cidade foi erguida sobre áreas planas formadas pelo acúmulo de material aluvial depositado pelo rio Castelo. Como exemplo dessas áreas, podem-se citar: parte leste do bairro Garagem; parte leste do bairro Volta Redonda; parte norte do bairro Centro; parte sudoeste do bairro Independência; parte nordeste do bairro Esplanada; bairro Vila Nova; bairro Castelo III; parte oeste do bairro Cava Roxa; e parte oeste do bairro Niterói.

No trecho onde os bairros Cava Roxa e Bela Vista margeiam o rio Castelo, há uma forte constrição natural das margens do rio (**Figura 6-7**), a qual foi intensificada pela construção da ponte Jacarandá (**Figura 6-8**), que dá acesso à Rodovia do Contorno. Para a sua construção, foram feitos aterros em suas cabeceiras, que, segundo relatos da Defesa Civil, tem promovido a intensificação dos problemas de cheias nos bairros situados a montante da mesma.



Figura 6-7: Vista aérea da restrição do leito do rio Castelo.



Figura 6-8: Vista lateral da ponte sobre o rio Castelo.

Dentre as cheias ocorridas nos últimos anos, destaca-se a de 23 de janeiro de 2009, quando o rio Castelo apresentou vazão com tempo de recorrência de 62 anos, que causou grandes prejuízos em toda a zona ribeirinha da cidade, inundando significativamente os bairros Garagem, Independência, Centro, Volta Redonda, Baixa Itália e Niterói. A **Figura 6-9** apresenta a área urbana inundada pela cheia de janeiro de 2009. Durante a cheia, as águas do Castelo atingiram 1,2 m acima da ponte que liga o bairro Baixa Itália ao bairro Independência, atingindo o teto da rodoviária municipal e destruindo o muro do estádio do Comercial Esporte Clube, dentre outras inúmeras ocorrências.



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

Legenda

 Área de inundaçāo

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

CASTELO. Mancha de Inundação de 2009. 2009

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRÍÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa da mancha de inundaçāo urbana
de janeiro de 2009 no município de Castelo.

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:18,000 0 0.2 0.4 0.8 Km

Folha: 1 de 1 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Figura 6-9

Contratante: Consórcio:

Segundo a Defesa Civil do município, os bairros Niterói, Garagem, Independência e Prainha apresentam problemas em todas as cheias do rio Castelo. A estrada de acesso ao bairro Garagem tem um trecho com cotas muito próximas às do rio Castelo e que é inundada facilmente, promovendo o isolamento de todo o bairro. Em dezembro de 2013, praticamente metade da estrada ficou inundada, provocando o isolamento do bairro por várias horas.

No bairro Niterói, 8 imóveis já foram demolidos e 36 imóveis são afetados por pequenas cheias. A **Figura 6-10** apresenta o aspecto desta área. Além disso, um talvegue que ocorre no início do bairro foi aterrado e, no local, foram implantadas vias e construído um campo de futebol (**Figura 6-11**). Durante pequenas chuvas, as águas que descem pelo talvegue se juntam às do rio Castelo causando distúrbios à população.



Figura 6-10: Aspecto da área mais baixa do bairro Niterói.



Figura 6-11: Talvegue no início do bairro Niterói onde foram implantadas vias e construído um campo de futebol.

Foram identificadas duas áreas onde ocorrem inundações devido ao mau dimensionamento de estruturas de drenagem.

No bairro Volta Redonda, um córrego foi encoberto e sobre ele foi implantada a Rua Antônio Rangel. Para a drenagem do córrego, foi implantado sistema de drenagem constituído por manilhas de um metro de diâmetro (**Figura 6-12**). Este sistema está subdimensionado e tem causado inundações no bairro, atingindo, inclusive, uma creche municipal. A montante desta rua, uma área foi parcelada em 130 lotes (**Figura 6-13**). Para a implantação do loteamento, o talvegue por onde passava o córrego acima citado foi aterrado e, durante chuvas, várias casas são invadidas por águas de escoamento superficial.



Figura 6-12: Rua Antônio Rangel, sob a qual um córrego foi canalizado com manilhas de um metro de diâmetro e que tem se mostrado subdimensionadas.



Figura 6-13: Loteamento irregular no bairro Volta Redonda. Área constantemente inundada.

No bairro Exposição, um pequeno córrego foi também aterrado e canalizado com manilhas subdimensionadas, o que também tem provocado problemas de inundações por águas pluviais.

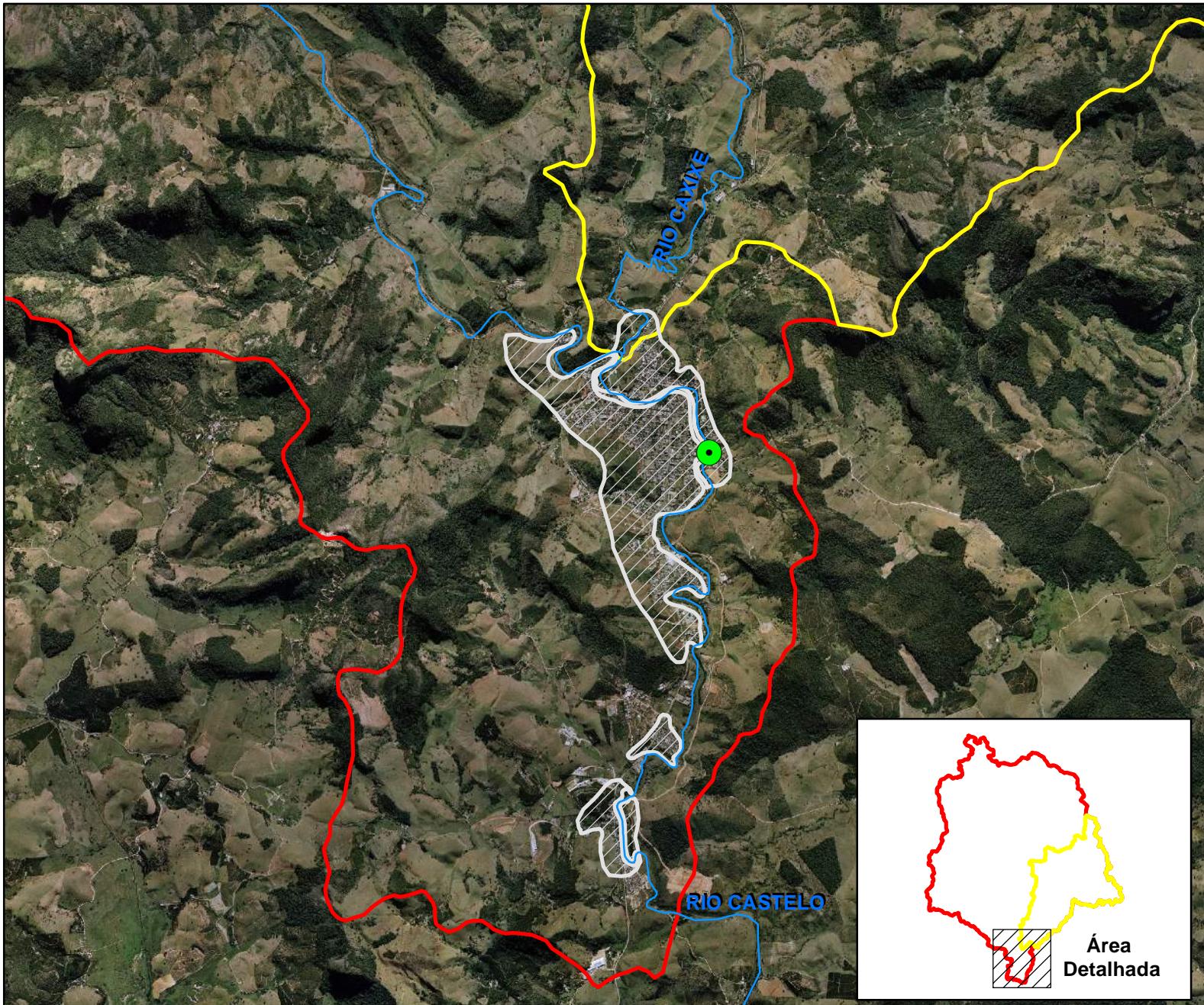
Por fim, conclui-se que os problemas de inundaçāo da área urbana de Castelo é consequência, dentre vários aspectos, de fatores naturais (a constrição existente), da incorreta ocupação do solo e do subdimensionamento de dispositivos de drenagem urbana e deverão ser avaliados em uma visão macro e micro das bacias de drenagem.

6.5.2 Apropriação dos valores de vazões máximas

O Rio Castelo possui uma estação fluviométrica na sede municipal de Castelo, no Bairro Santo Andrezinho. A localização da estação fluviométrica está apresentada na Figura 6-14 e os dados da mesma foram obtidos no sitio oficial da Agência Nacional de Águas na rede mundial de computadores. De posse destes dados, foram calculadas as vazões máximas com os tempos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos por meio de métodos estatísticos. As principais características da estação fluviométrica de Castelo estão apresentadas na Tabela 6-5 enquanto a

Tabela 6-6 apresenta suas vazões máximas. Os dados de vazão da estação Castelo, com os tempos de recorrência supracitados, foram transpostos para seção de drenagem situada imediatamente a montante da área urbana de Castelo por meio da relação entre a área drenada até a estação fluviométrica e a drenada até as seções a montante de Castelo.

Na análise estatística para a apropriação das vazões máximas na estação Castelo, foi utilizado o modelo computacional SisCAH, desenvolvido pelo GPRH – Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa. Este modelo executa ajuste automático de distribuições estatísticas aos dados de máximas vazões anuais. Para o presente estudo, foram ajustadas as distribuições de Pearson 3 parâmetros, Logpearson 3 parâmetros, Lognormal 2 parâmetros, Lognormal 3 parâmetros e Gumbel. Por fim, foram adotadas as vazões calculadas pela distribuição que apresentou menor erro padrão em relação à série de dados da estação fluviométrica utilizada.



Projeção: Universal Transversa Mercator.

Datum Horizontal: SIRGAS 2000.

Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Estação fluviométrica
- Cursos d'água
- ▨ Mancha urbana de Castelo
- Bacia do Rio Caxixe
- Bacia do Rio Castelo

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	31/01/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRÍÇÃO	DATA
-----	-----------	------

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Localização da Estação Fluviométrica e a relação
da mesma com as bacias estudadas em Castelo.

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:60,000 0 500 1,000 2,000 m

Folha: 1 de 1 Local: Castelo-ES

Papel: A4 Nº: Figura 6-14

Contratante: Consórcio:

Tabela 6-5: Características da estação fluviométrica Castelo.

Característica	Informação
Código	57490000
Nome	Castelo
Rio	Rio Castelo
Latitude	-20:36:22
Longitude	-41:11:59
Altitude (m)	107
Área de Drenagem (Km2)	972
Período de dados	1937-dias atuais

Nos parágrafos subsequentes, as diferentes distribuições de probabilidade são sumariamente apresentadas. Os trabalhos de Assis, Arruda e Pereira (1996), Haan (1977) e Kite (1978) discutem detalhadamente a aplicação das distribuições de probabilidade em Hidrologia e Climatologia.

Tabela 6-6: Vazões máximas anuais da estação fluviométrica Castelo.

Ano	Vazão (m ³ /s)	Ano	Vazão (m ³ /s)	Ano	Vazão (m ³ /s)
1937	277	1963	59,5	1989	90,38
1938	107	1964	107	1990	76,15
1939	194	1965	112	1991	101,23
1940	114	1966	98,4	1992	83,46
1941	246	1967	90,4	1993	113,46
1942	258	1968	152	1994	114,58
1943	263	1969	138	1995	109,81
1944	157	1970	120	1996	191,84
1945	243	1971	157	1997	153,19
1946	116	1972	64,5	1998	113,72
1947	112	1973	166	1999	73,42
1948	219	1974	71,7	2000	91,58
1949	156	1975	127	2001	199,76
1950	157	1976	124	2002	138,88
1951	120	1977	109	2003	149,57
1952	148	1978	94,6	2004	122,36
1953	86,2	1979	218	2005	170,24
1954	100	1980	141	2006	156,85
1955	39,5	1981	132	2007	77,97
1956	164	1982	125	2008	135,03
1957	134	1983	114	2009	298,14
1958	56,4	1984	122	2010	153,19
1959	124	1985	205	2011	180,15
1960	166	1986	63,95	2012	83,79
1961	141	1987	120,82	-	-
1962	84,8	1988	56,56	-	-

6.5.2.1 Distribuição Lognormal tipo II

Para a série gerada a partir dos logaritmos dos eventos da série de dados, o fator de frequência é determinado a partir da seguinte equação:

$$K = \frac{\left(e^{\sqrt{\ln(Z^2+1)}D - \frac{\ln(Z^2+1)}{2}} \right) - 1}{\sqrt{e^{\ln(Z^2+1)} - 1}} \quad \text{Equação 10}$$

$$D = T - \left(\frac{2,30753 + 0,2706T}{1 + 0,99229T + 0,04481T^2} \right) \quad \text{Equação 11}$$

$$Z = \frac{\sigma}{\mu} \quad \text{Equação 12}$$

A função cumulativa de probabilidade, por sua vez, toma a seguinte forma:

$$F(x) = 0,398942 \cdot e^{-\frac{(x_i' - \mu_i')^2}{2}} \quad \text{Equação 13}$$

Nas equações de (1) a (4), D representa o desvio normal padronizado, x'_i o i-ésimo logaritmo do i-ésimo evento da amostra, μ' a média da série de logaritmos dos eventos da amostra e σ' o desvio padrão da série de logaritmos dos eventos da amostra.

6.5.2.2 Distribuição Lognormal tipo III

Para a distribuição Lognormal tipo III, o fator de frequência é apropriado a partir da seguinte equação:

$$K = \frac{e^{\sqrt{\ln(W^2+1)}D - \frac{\ln(W^2+1)}{2}}}{W} \quad \text{Equação 14}$$

sendo o desvio normal padronizado calculado pela expressão (2). A variável auxiliar W, por sua vez, é estimada com o auxílio das seguintes equações:

$$W = \frac{1-\omega^{2/3}}{\omega^{1/3}} \quad \text{Equação 15}$$

$$\omega = \frac{-\gamma + \sqrt{\gamma^2 + 4}}{2} \quad \text{Equação 16}$$

$$\gamma = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \mu)}{\sigma^3} \quad \text{Equação 17}$$

A função cumulativa de probabilidade da distribuição Lognormal tipo III é semelhante àquela definida para a distribuição Lognormal tipo II, definida anteriormente pela **Equação 13**.

6.5.2.3 Distribuição Pearson tipo III

A distribuição Pearson tipo III, também conhecida como Distribuição Gama Tipo III, possui o seguinte fator de frequência:

$$K = D + \left(D^2 - 1\right) \frac{\gamma}{6} + \frac{1}{3} \left(D - 6.D\right) \left(\frac{\gamma}{6}\right)^2 - \left(D^2 - 1\right) \left(\frac{\gamma}{6}\right)^3 + D \left(\frac{\gamma}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{\gamma}{6}\right)^5 \quad \text{Equação 18}$$

Sendo o desvio normal padronizado (D) e a assimetria (γ) estimadas a partir das equações (2) e (8), respectivamente.

Para a função cumulativa de probabilidade da distribuição pode ser empregada a seguinte aproximação:

$$F(x) = \frac{T^\lambda}{\gamma \cdot \Gamma(\lambda) \cdot e^T} \left[1 + \frac{T}{(\lambda+1)} + \frac{T^2}{(\lambda+1)(\lambda+2)} + \frac{T^3}{(\lambda+1)(\lambda+2)(\lambda+3)} + \dots \right] \quad \text{Equação 19}$$

Para a definição das variáveis que constituem a expressão anterior devem ser consideradas as seguintes expressões:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{\frac{4A}{3}}} \quad \text{Equação 20}$$

$$A = \ln(\mu - x_g) \quad \text{Equação 21}$$

$$x_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i) \quad \text{Equação 22}$$

Nas expressão (10), Γ representa a função Gama, cujo valor pode ser estimado a partir da seguinte equação:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{\lambda-1} \cdot e^{-x} \cdot dx \quad \text{Equação 23}$$

6.5.2.4 Distribuição Logpearson III

Para a distribuição Logpearson tipo III (também denominada distribuição Loggama Tipo III) o fator de frequência e a função cumulativa de probabilidade assumem as mesmas expressões propostas para a distribuição Pearson tipo III. A avaliação dos parâmetros da função cumulativa de probabilidade, no

entanto, envolve a série gerada a partir dos logaritmos dos eventos da série dos dados originais.

6.5.2.5 Distribuição de Gumbel

A distribuição de Gumbel, também conhecida como distribuição de valores extremos do tipo I ou distribuição do tipo I de Fisher-Tippet, estima o fator de frequência para séries finitas a partir da seguinte expressão (Kite, 1978):

$$K = -\left\{0,45 + 0,7797 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad \text{Equação 24}$$

6.5.2.6 Vazões máximas dos Rios Castelo e Caxixe

Para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos, a análise estatística resultou nos valores apresentados na **Tabela 6-7**. A distribuição Gumbel apresentou o menor erro padrão para a maioria dos tempos de recorrência supracitados.

Tabela 6-7: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos na estação fluviométrica de Castelo.

Período de recorrência	Vazão (m ³ /s)	Método de distribuição
5 anos	176,03	Lognormal III
10 anos	206,73	Lognormal III
20 anos	235,23	Lognormal III
25 anos	255,86	Gumbel
30 anos	264,36	Gumbel
50 anos	288,06	Gumbel
100 anos	320,02	Gumbel

A bacia de drenagem a montante do centro urbano de Castelo, possui área menor que a bacia de drenagem da estação Castelo, com 746 Km² e 972 Km² respectivamente. O Rio Caxixe, por sua vez, possui área de drenagem de 223 Km². Desta forma, foi executada a transposição das vazões por relação linear de área para se obter a vazão correspondente a montante da cidade de Castelo. Os resultados são apresentados na **Tabela 6-8**.

Tabela 6-8: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25,30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Castelo para os Rios Castelo e Caxixe.

Período de recorrência	Rio Castelo	Rio Caxixe
	Vazão (m ³ /s)	Vazão (m ³ /s)
5 anos	135,10	40,38
10 anos	158,66	47,42
20 anos	180,54	53,97
25 anos	196,40	58,70
30 anos	202,89	60,65
50 anos	221,08	66,09
100 anos	245,61	73,42

6.5.2.7 Vazão máxima instantânea

A estação fluviométrica Castelo não possui registrador contínuo de níveis d'água, as leituras de régua ocorrem apenas duas vezes ao dia. Desta forma, os valores obtidos para as vazões máximas médias diárias foram convertidos para vazões máximas instantâneas por meio do coeficiente de majoração da expressão empírica descrita por Tucci *et al* (1991).

$$\frac{Q_p}{Q_d} = 1 + 15,03A^{-0,59}$$

Equação 25

Sendo Qp a vazão máxima instantânea, Qd a vazão máxima de dois valores diárias e A a área de drenagem da bacia estudada. A **Tabela 6-9** apresenta as vazões máximas adotadas no presente estudo após a aplicação do coeficiente de majoração de Tucci.

Tabela 6-9: Vazões máximas para os períodos de recorrência de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos à montante da cidade de Castelo nos Rios Castelo e Caxixe.

Período de recorrência	Rio Castelo Montante	Rio Castelo Jusante	Rio Caxixe
	Vazão (m³/s)	Vazão (m³/s)	Vazão (m³/s)
5 anos	176,09	221,72	65,37
10 anos	206,80	260,39	76,77
20 anos	235,31	296,28	87,35
25 anos	255,95	322,27	95,01
30 anos	264,45	332,97	98,17
50 anos	288,16	362,83	106,97
100 anos	320,13	403,08	118,84

As vazões do Rio Castelo Montante foram apropriadas para a área de drenagem a montante da junção do mesmo com o Rio Caxixe, enquanto as do trecho Rio Castelo Jusante foram apropriadas para a área de drenagem a jusante da junção deste com o Rio Caxixe, na estação fluviométrica supra citada.

6.5.3 Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Castelo e Caxixe no Cenário Atual

6.5.3.1 Introdução

Para a simulação hidráulica da vazão de projeto dos Rios Castelo e Caxixe, 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.

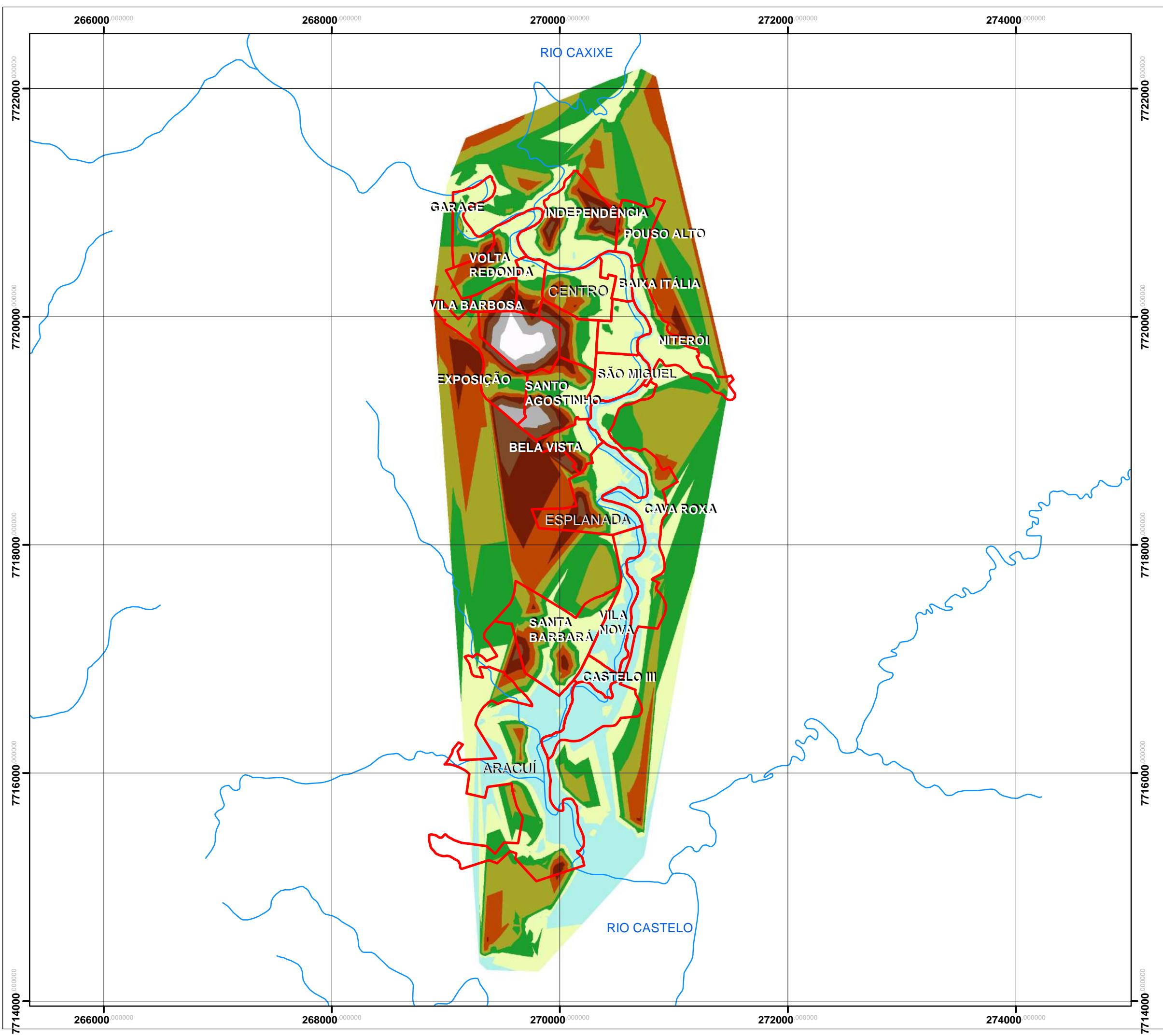
O coeficiente n de *Manning* é um dos principais parâmetros do modelo, sendo altamente variável e depende de vários fatores: aspereza da superfície do leito, vegetação, irregularidades no canal, alinhamento do canal, erosão ou deposição de sedimento, obstruções, tamanho e forma do canal, vazões, temperatura 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 Castelo e Caxixe, contemplando os bairros Garage, Volta Redonda, Independência, Pouso Alto, Baixa Itália, Centro, Vila Izabel, Vila Barbosa, Nossa Senhora da Aparecida, Santo Andrezinho, São Miguel, Santo Agostinho, Bela Vista, Niterói, Esplanada, Vila Nova, Castelo III, Santa Bárbara, Aracuí, Cava Roxa, totalizando uma extensão de 11 Km.

6.5.3.3 Geometria do modelo

Para o desenvolvimento do modelo hidráulico, foram utilizadas as seções levantadas nos Rios Castelo e Caxixe no âmbito do estudo de minimização de cheias no município de Castelo – ES, desenvolvido pelo INPH e pelo DER-ES. 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 6-15** apresenta o TIN da geometrias dos Rios Castelo e Caxixe.



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

Legenda

 	Bairros de Castelo
 	Cursos d'água
Triangulação (Cotas em metros)	
	82 - 97
	130 - 143
	97 - 105
	143 - 165
	105 - 112
	165 - 199
	112 - 120
	120 - 130
	199 - 252

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

GEOBASE. Bairros.

GEOBASE. Curvas de nível.

Ø	Emissão original	03/02/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
TIN de Castelo.

Responsável técnico:

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

Elaboração:

Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:32.000 0 250 500 1.000 m

Folha: 1 de 1

Local: Castelo - ES

Papel: A3

Nº: **Figura 6-27**

Contratante:

Consórcio:
Zemlya
AVANTEC
Engenharia



6.5.3.4 Calibração do modelo

Durante as visitas de campo, foram identificadas a data de ocorrência e as cotas da enchente de janeiro de 2009, cujas alturas máximas puderam ser identificadas pelas marcas d'água ainda presentes em muros, residências e outros elementos construídos. Posteriormente, o tratamento desses dados foi constituído na transposição de dados de cotas medidos para dados de cota reais e relacionados com a vazão dessa enchente. Assim, 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 Castelo-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 recorrência também são atingidas por aquelas com maiores períodos de recorrência, 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 inundações, que foi simulada pelos modelos matemáticos a partir de dados medidos em campo e utilizados no presente relatório.

Observa-se uma quantidade considerável de domicílios encontram-se na área de risco muito alto (R4), principalmente aqueles mais próximos aos Rios Castelo e Caxixe. Verificou-se que, no total, 450 domicílios encontram-se na área de risco muito alto (R4), equivalente à área de inundações com recorrência de 5 anos. Quando se trata da inundações com recorrência de 25 anos, o número de domicílios atingidos cresce para 760.

Verificou-se que algumas obras de arte especiais (OAE's) sobre os Rios Castelo e Caxixe apresentam dimensionamento hidráulico inadequado para as vazões com recorrência de 100 anos.

A OAE da Rodovia Vereador M. Travaglia foi uma delas. Esta apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência maiores que 25 anos. A

Figura 6-16 apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.

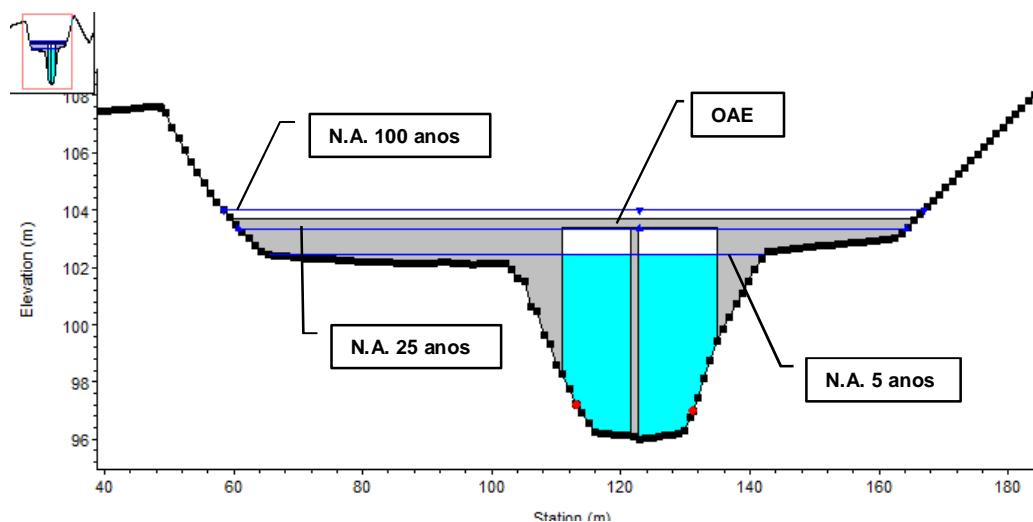


Figura 6-16: Simulação hidráulica da OAE da Rodovia Vereador M. Travaglia sobre o Rio Castelo.

A OAE da Rua Ana Rangel apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência de 100 anos. A **Figura 6-17** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.

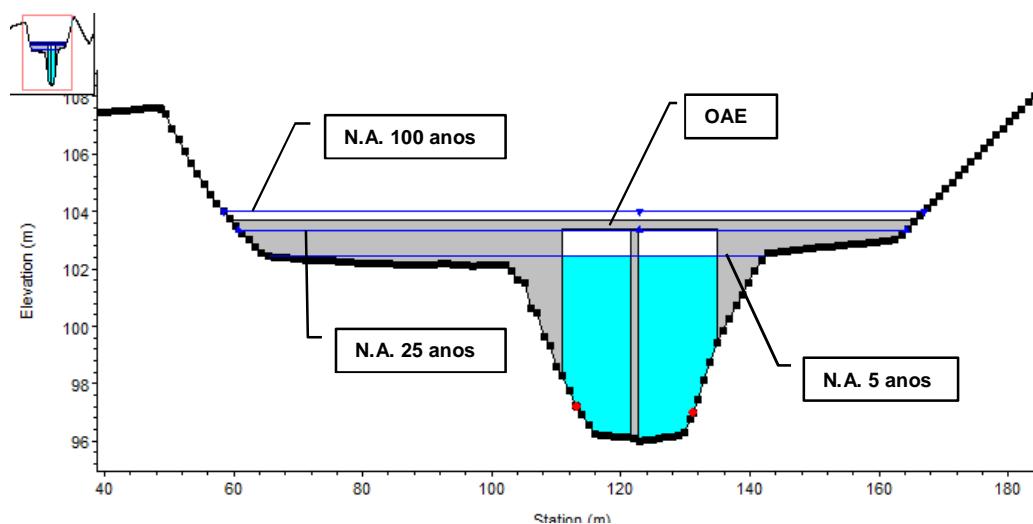


Figura 6-17: Simulação hidráulica da OAE da Rua Ana Rangel sobre o Rio Castelo.

As OAE's das Ruas Moura e Lucidio Martins apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência maiores ou igual a 25 anos. A **Figura 6-18** e a **Figura 6-19** apresentam as simulações hidráulicas dessas OAE's.

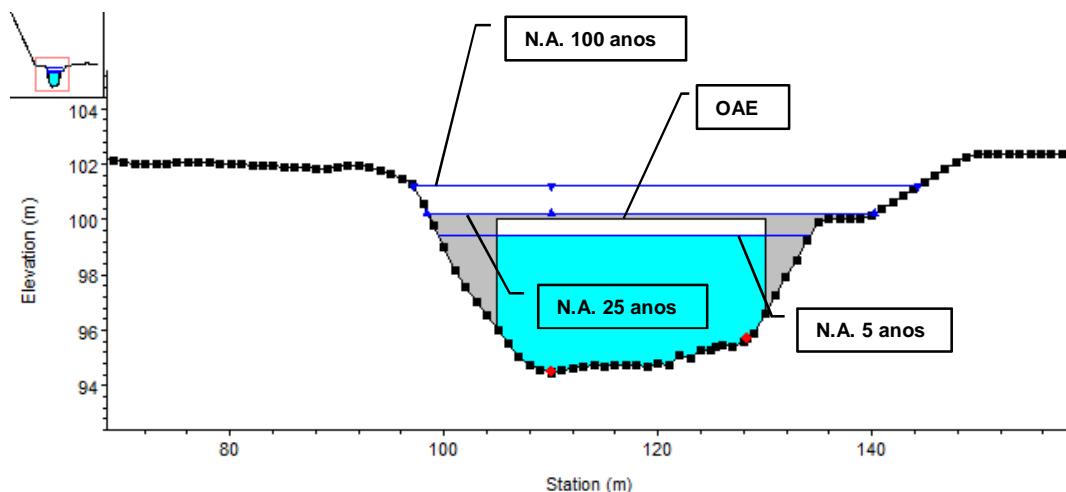


Figura 6-18: Simulação hidráulica da OAE da Rua Moura sobre o Rio Castelo.

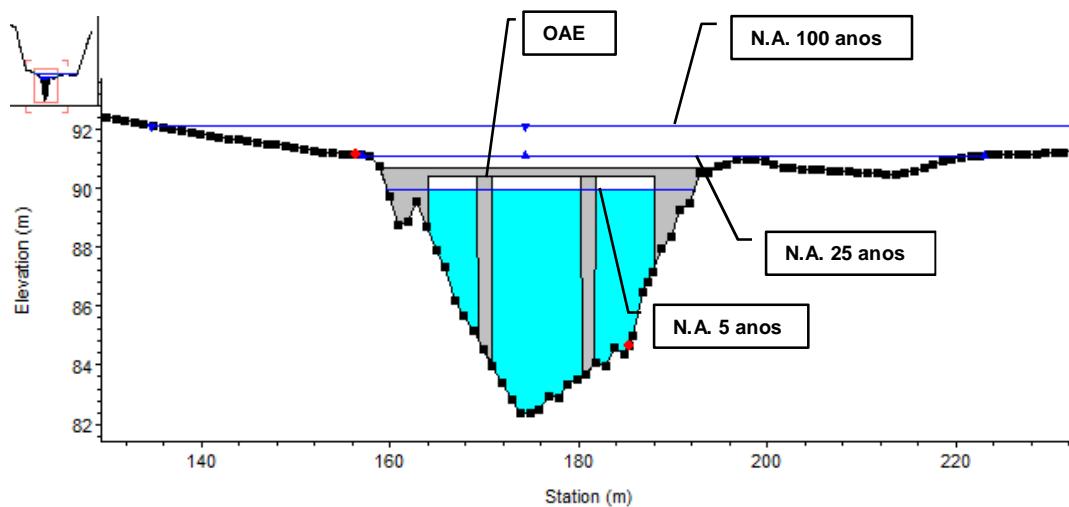


Figura 6-19: Simulação hidráulica da OAE da Rua Lucidio Martins sobre o Rio Castelo.

Por fim, a OAE existente sobre o Rio Caxixe, localizada na Estrada para Córrego Agia, apresentou ineficiência hidráulica para as vazões com recorrência maiores ou iguais a 25 anos. A **Figura 6-20** apresenta a simulação hidráulica da OAE supracitada.

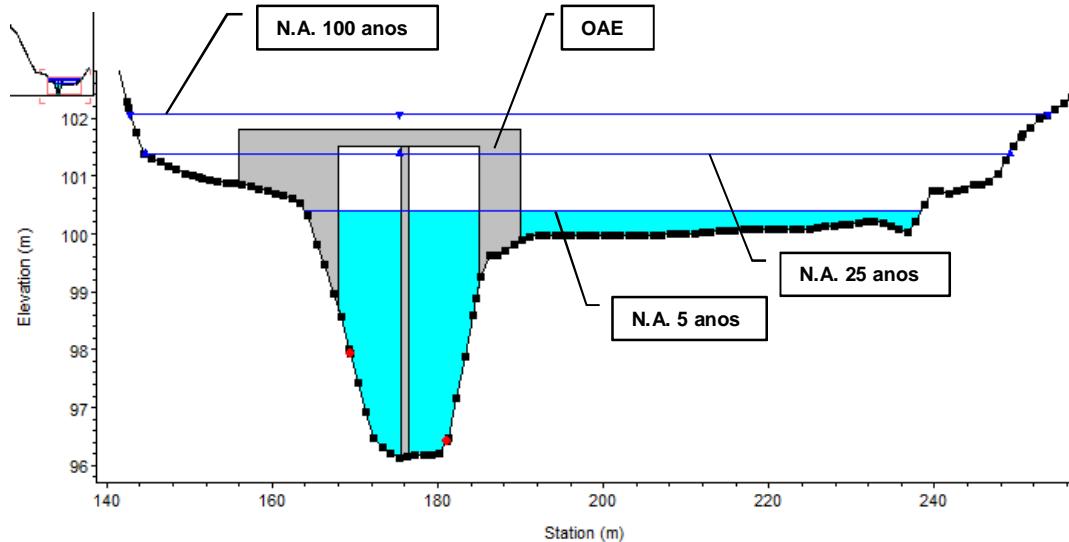


Figura 6-20: Simulação hidráulica da OAE na Estrada para Córrego Agia sobre o Rio Caxixe.

Vale ressaltar que o trecho urbano do rio Caxixe recebe influência das águas do rio Castelo. De acordo com as simulações hidráulicas realizadas, o remanso do rio Castelo eleva a lâmina d'água do rio Caxixe em até 1,2 m de acordo com o tempo de recorrência.

6.5.4 Modelagem Hidrológica das sub bacias de Castelo para o Cenário Atual

As vazões das sub bacias da sede municipal de Castelo 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 sub bacias da sede municipal de Castelo foi considerado apropriado dada a possibilidade de se transformar as características da bacia em variáveis de entrada do modelo.

Forma divididas 34 sub bacias na sede municipal de Castelo, conforme apresentado na **Figura 6-21**.

A partir da equação de chuvas intensas de Castelo, foram calculadas as intensidades de chuva com períodos de retorno de 10 anos e duração igual a duas ou três 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 dos três valores obtidos.

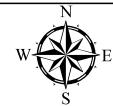
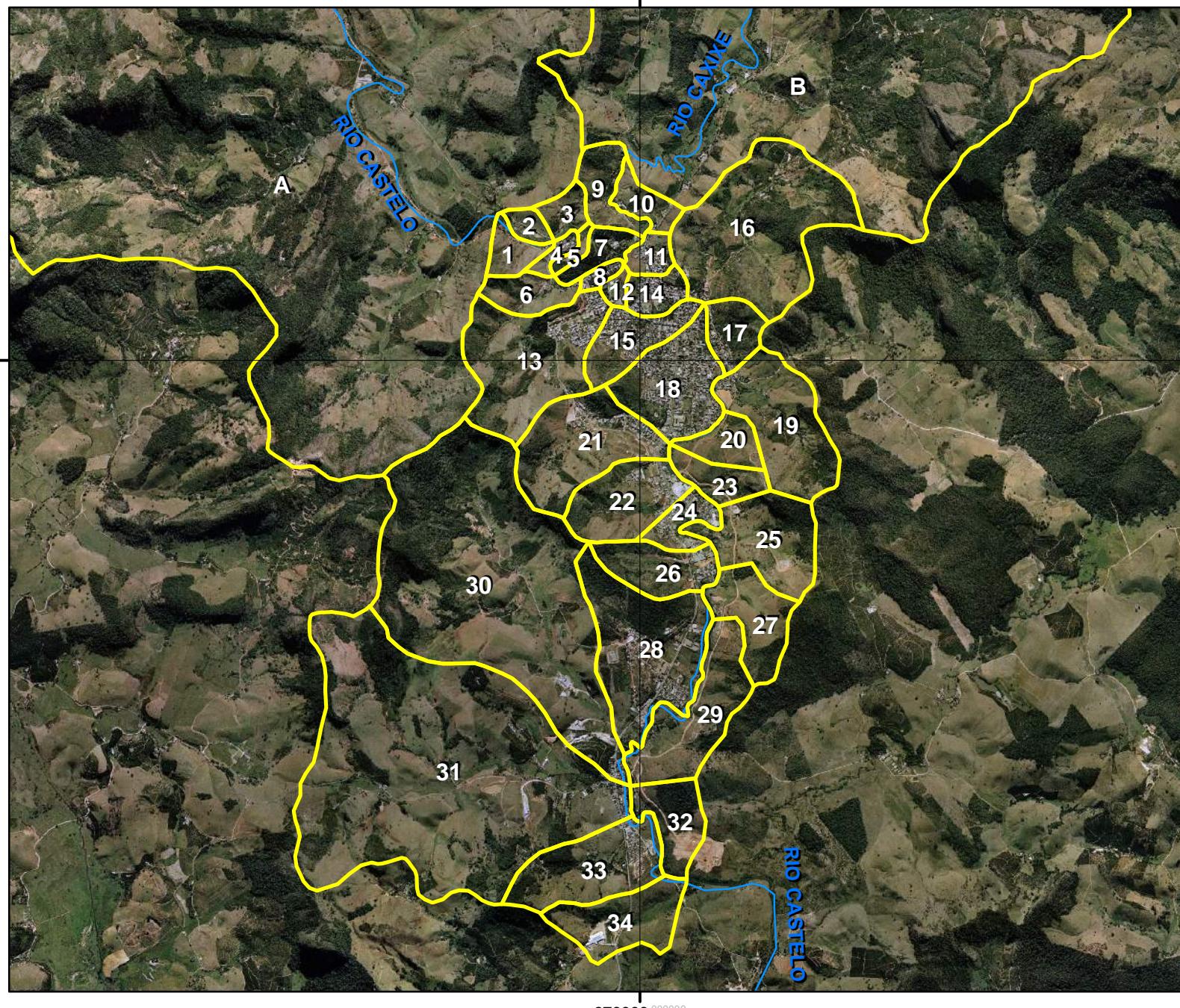
É relevante observar que foram calculados os tempos de concentração para cada uma das sub bacias. A Erro! Fonte de referência não encontrada. apresenta o resultado dos cálculos do tempo de concentração das sub bacias na qual a bacia do rio Itabapoana foi dividida.

Tabela 6-10: Tempo de concentração para as sub bacias na qual a bacia do rio Castelo foi dividido.

Sub bacia	Método (min)			Tc médio
	Ven Te Chow	Kirpich	SCS	
1	6,32	2,40	-	4,36
2	5,71	2,13	-	3,92
3	8,58	3,45	-	6,00
4	5,09	1,85	-	3,47
5	2,62	0,83	-	1,73
6	12,42	5,42	-	8,92
7	7,33	2,87	-	5,10
8	2,95	0,96	-	1,95
9	4,38	1,55	-	2,96
10	6,22	2,36	-	4,29
11	9,96	4,16	-	7,06
12	7,21	2,82	-	5,02
13	42,49	23,80	30,27	32,19
14	12,31	5,36	-	8,83
15	9,32	3,83	-	6,58
16	32,71	17,37	33,05	27,71
17	7,94	3,16	-	5,55
18	18,12	8,53	-	13,32
19	22,93	11,33	22,40	18,89
20	8,04	3,21	-	5,62
21	26,16	13,27	-	19,72
22	21,60	10,54	-	16,07
23	9,68	4,01	-	6,84

Sub bacia	Método (min)			Tc médio
	Ven Te Chow	Kirpich	SCS	
24	5,82	2,18	-	4,00
25	20,60	9,96	-	15,28
26	26,56	13,52	-	20,04
27	23,50	11,67	-	17,59
28	39,63	21,88	33,28	31,60
29	10,00	4,17	-	7,09
30	49,72	28,75	64,23	47,57
31	55,33	32,69	75,70	54,57
32	13,80	6,15	-	9,98
33	21,17	10,29	22,40	17,96
34	26,70	13,60	25,57	21,96

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.



Projeção: Universal Transversa Mercator.

Datum Horizontal: SIRGAS 2000.

Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

Sub bacias

——— Cursos d'água

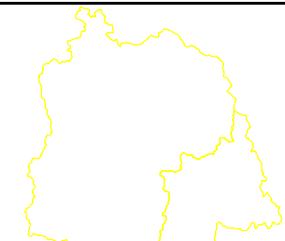
Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	31/01/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRIÇÃO	DATA
-----	-----------	------

Índice Espacial



ÁREA DETALHADA

Projeto: Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais Diagnóstico

Título: Mapa de divisão de sub bacias drenagem do município de Castelo.

Responsável técnico: Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração: Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:53,000 0 375 750 1,500 m

Folha: 1 de 1 Local: Castelo-ES

Papel: A4 Nº: Figura 6-21

Contratante: Consórcio:

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:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad \text{Equação 26}$$

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:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Equação 27}$$

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

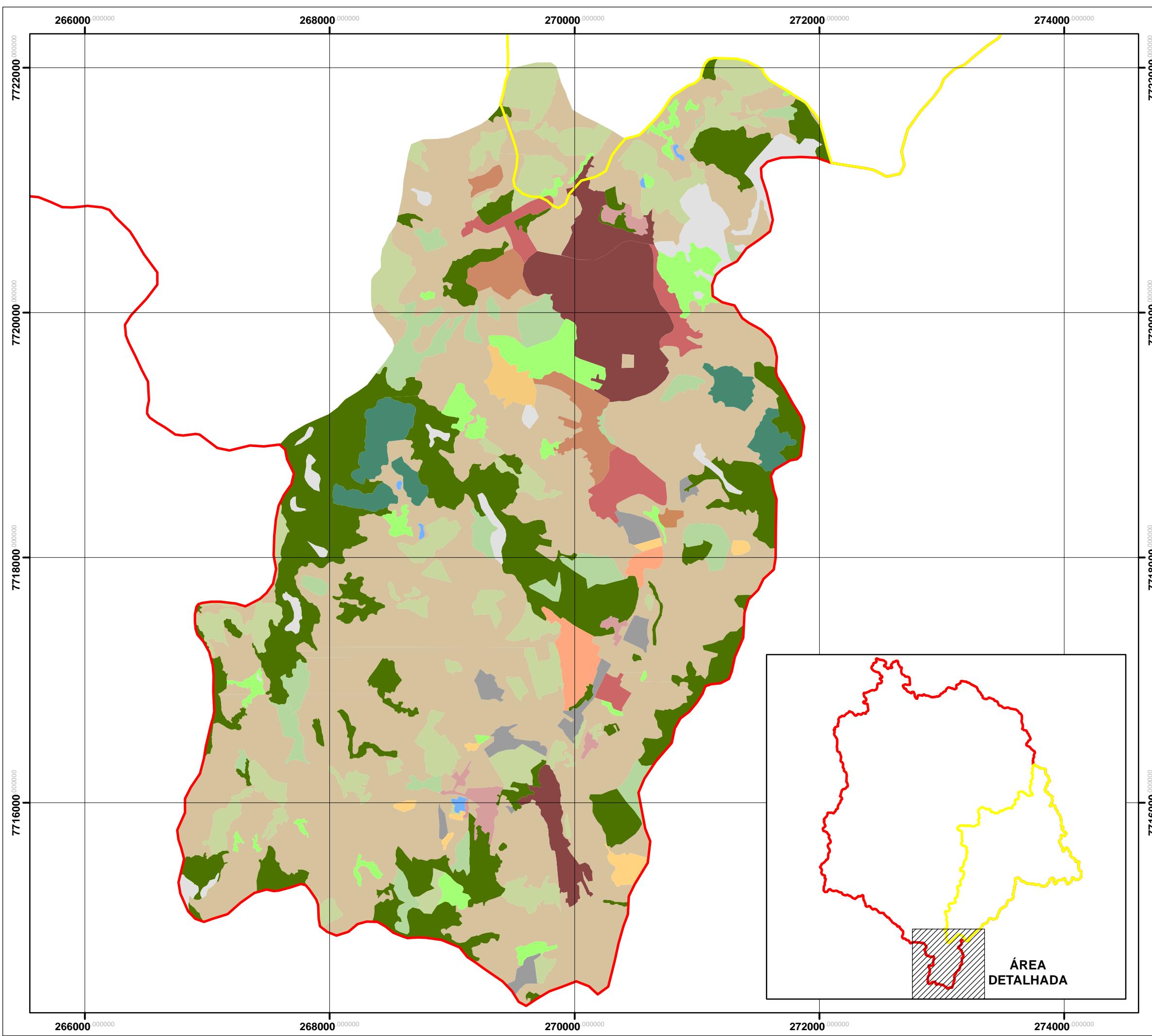
A partir do cruzamento do Mapa de Uso do Solo e do Mapa Pedológico das subbacias da sede municipal de Castelo foram apropriados os valores de CN médio para cada uma de suas sub bacias. O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado em três etapas:

- 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);
- Amostragem e confirmação de usos e ocupação do solo na bacia mapeada durante visitas de campo; e
- Refinamento e elaboração do mapa final.

O mapa de Uso e Ocupação do Solo das sub bacias de drenagem de Castelo está apresentado na **Figura 6-22**.

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 sub bacias da sede municipal de Castelo o qual está apresentado na **Figura 6-23**.



N
E
S
W

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

Legenda

Limites de Bacia

- Bacia do Rio Caxixe
- Bacia do Rio Castelo

Uso do Solo

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

∅	Emissão original	03/02/2014
REV	DESCRÍÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título: Uso do Solo das bacias de drenagem urbana
do município de Castelo para o Cenário Atual.

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Marcela Lopes Barros
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

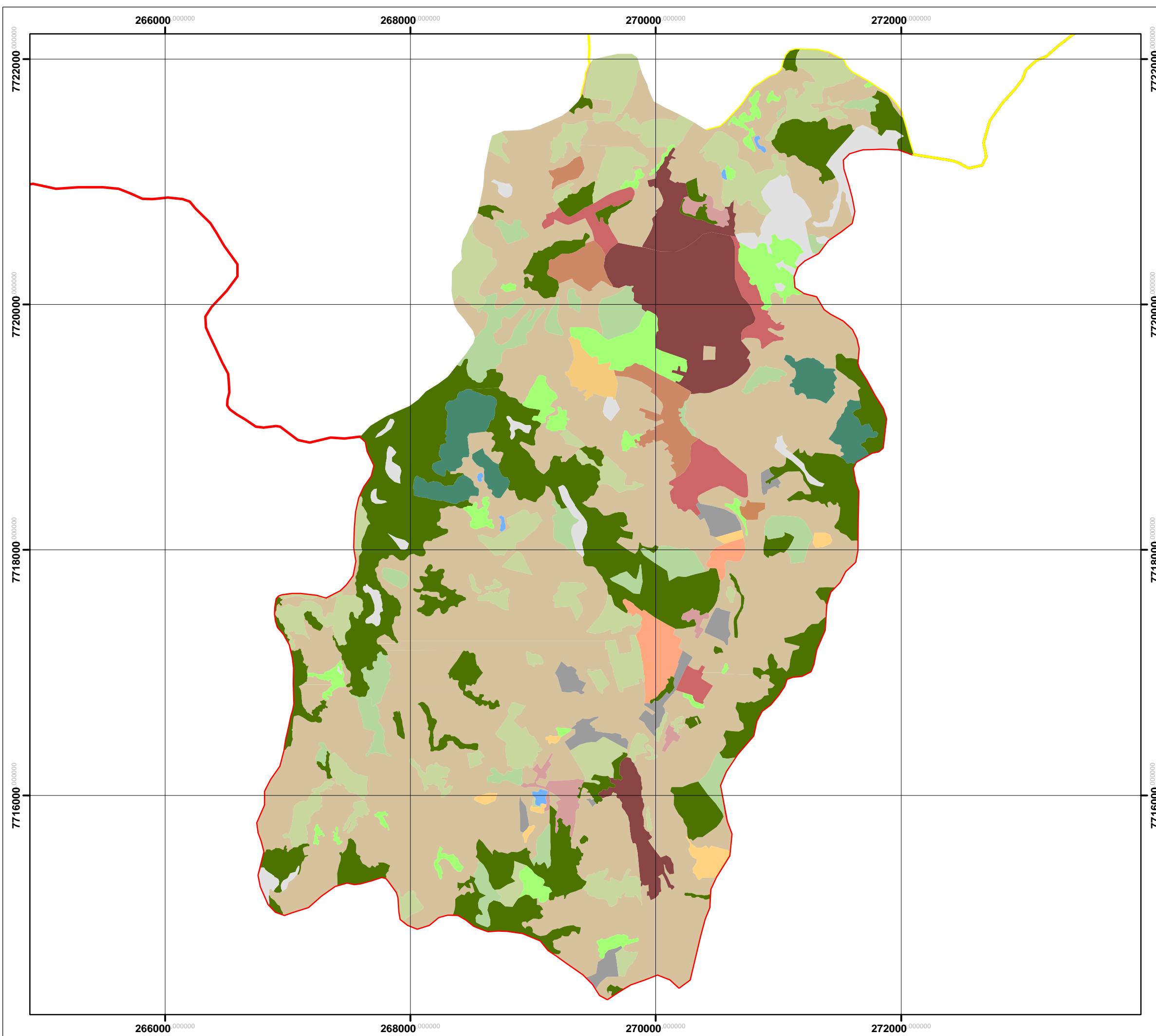
Escala: 1:30,000 0 250 500 1,000 m

Folha: 1 de 1 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Figura 6-22

Contratante:
Consórcio:
Zemlya
AVANTEC Engenharia

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
ESPIRITO SANTO
Crescer é com a gente



A **Tabela 6-11** Erro! Fonte de referência não encontrada., por sua vez, apresenta os valores de CN médio para as sub bacias urbanas de Castelo.

Tabela 6-11: Valores de CN médio para as sub bacias urbanas de Castelo.

Sub bacia	CN médio	Área (Km ²)
1	72,06	0,19
2	74,87	0,10
3	67,15	0,16
4	71,69	0,08
5	66,85	0,06
6	70,87	0,27
7	64,98	0,19
8	80,68	0,06
9	68,58	0,31
10	70,01	0,20
11	84,18	0,14
12	69,00	0,06
13	69,65	1,24
14	83,75	0,21
15	84,24	0,43
16	71,62	1,80
17	72,02	0,28
18	85,73	0,77
19	66,33	0,93
20	70,69	0,26
21	68,76	0,97
22	70,79	0,64
23	71,41	0,27
24	83,11	0,23
25	67,41	0,75
26	69,15	0,46
27	66,28	0,52
28	68,10	1,30

Sub bacia	CN médio	Área (Km ²)
29	69,27	0,84
30	66,05	4,13
31	67,58	5,34
32	71,21	0,41
33	70,16	0,82
34	71,80	0,60

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 km², tendo-se, posteriormente, demonstrada a sua aplicabilidade em bacias de área mais reduzidas, entre 0,005 Km² e 25 km².

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 10 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 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 sub bacias da sede municipal de Castelo com precipitação com duração referente a três ou quatro vezes o tempo de concentração de cada sub bacia.

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.

A tela principal do programa HEC-HMS preparado para a modelagem das sub bacias urbanas de Castelo está apresentada na **Figura 6-24**.

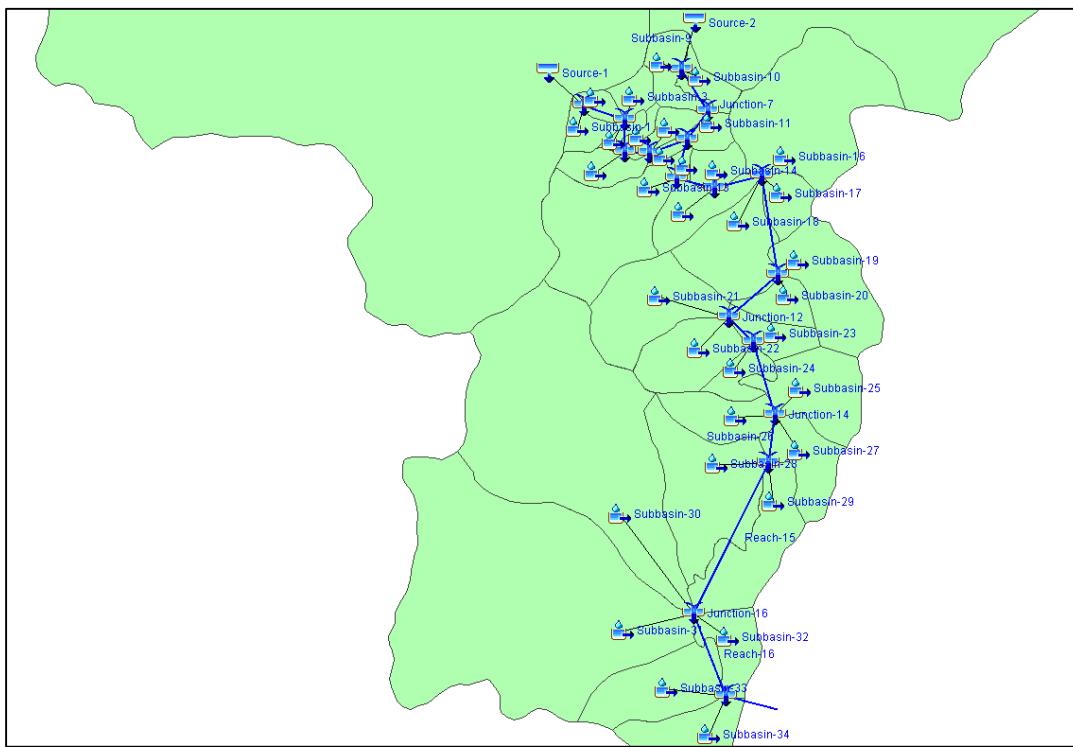


Figura 6-24: Sub bacias urbanas de Castelo modeladas pelo programa HEC-HMS.

A **Tabela 6-12** apresenta os resultados da aplicação do HEC-HMS nas sub bacias da sede municipal de Castelo para chuva de 10 anos.

Tabela 6-12: Resposta hidrológica das sub bacias da sede municipal de Castelo para chuva com tempo de retorno de 10 anos.

Elemento hidrológico	Área drenada		Vazão de pico
	km ²	m ³ /s	
Sub bacia-1	0,19	0,23	
Sub bacia-2	0,10	0,19	
Sub bacia-3	0,16	0,10	
Sub bacia-4	0,20	0,08	
Sub bacia-5	0,06	0,01	
Sub bacia-6	0,27	0,51	
Sub bacia-7	0,19	0,02	
Sub bacia-8	0,06	0,01	

Elemento hidrológico	Área drenada		Vazão de pico
	km ²	m ³ /s	
Sub bacia-9	0,31	0,01	
Sub bacia-10	0,20	0,08	
Sub bacia-11	0,14	0,67	
Sub bacia-12	0,06	0,05	
Sub bacia-13	1,24	2,17	
Sub bacia-14	0,20	1,61	
Sub bacia-15	0,43	3,74	
Sub bacia-16	1,80	4,48	
Sub bacia-17	7,97	8,70	
Sub bacia-18	4,77	0,01	
Sub bacia-19	0,94	1,52	
Sub bacia-20	0,26	0,39	
Sub bacia-21	0,97	1,55	
Sub bacia-22	0,64	1,42	
Sub bacia-23	0,27	0,54	
Sub bacia-24	0,23	1,47	
Sub bacia-25	0,75	1,32	
Sub bacia-26	0,46	0,98	
Sub bacia-27	0,52	0,85	
Sub bacia-28	1,30	2,40	
Sub bacia-29	0,80	0,80	
Sub bacia-30	4,13	6,17	
Sub bacia-31	5,34	8,90	
Sub bacia-32	0,41	0,99	
Sub bacia-33	0,82	1,86	
Sub bacia-34	0,60	1,66	

7 PROGNÓSTICO

7.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, estão discutidos cenários futuros das bacias dos Rios Castelo e Caxixe 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 Castelo 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 Castelo e Caxixe, em seus trechos urbanos, para um horizonte de 20 anos, ao que chamamos de cenário futuro. Para este cenário, foram realizadas simulações hidrológicas nas subbacias para vazões com períodos de retorno de 10 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 Castelo - 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 Castelo; 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 dos Rios Castelo e Caxixe. 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 Castelo – ES estão apresentados na **Tabela 7-1**.

A **Figura 7-1**, **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 - CASTELO/ES					
DADOS GERAIS					
População*	População Urbana*	População Rural*	Domicílios Particulares*	Domicílios Particulares Permanentes Urbanos*	Domicílios Particulares Permanentes Rural*
34747	21817	12930	11026	7275	3751
Num. Habitantes / Domicílio**		Área Territorial (Km ²)*	Área Territorial Rural (Km ²)**		Área Territorial Urbana
3.15		664.062	637.021		27.378
REFERÊNCIA PARA CÁLCULO DE DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/Km ²)					
Padrão 1	Padrão 2	Padrão 3	Padrão 4	Padrão 5	Padrão 6
até 100	110 a 1.000	1.010 a 3.000	3.010 a 5.000	5.000 a 10.000	10.010 a 15.000
Padrão 7					
15.010 a 25.000					
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO					
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km ²)*	População por Setor (hab)*	Área	Distrito / Comunidade	Bacia Hidrográfica
1682	7456	283	urbano	Sede	Rio Castelo
1683	12690.62	724	urbano	Sede	Rio Castelo
1684	11825.64	637	urbano	Sede	Rio Castelo
1685	9206.82	790	urbano	Sede	Rio Castelo
1686	4703.67	585	urbano	Sede	Rio Castelo
1687	5324.22	642	urbano	Sede	Rio Castelo
1688	18381.14	503	urbano	Sede	Rio Castelo
1689	9502.82	776	urbano	Sede	Rio Castelo
1690	7909.6	791	urbano	Sede	Rio Castelo
1691	3830.14	470	urbano	Sede	Rio Castelo
1692	7762.21	937	urbano	Sede	Rio Castelo
1693	12731.04	695	urbano	Sede	Rio Castelo
1694	5639.41	1545	urbano	Sede	Rio Castelo
1695	7318.56	626	urbano	Sede	Rio Castelo
1696	5240.31	1014	urbano	Sede	Rio Castelo
1697	3070.2	719	urbano	Sede	Rio Castelo
1698	10679.35	714	urbano	Sede	Rio Castelo
1699	4560.79	642	urbano	Sede	Rio Castelo

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

DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km ²)*	População por Setor (hab)*	Área	Distrito / Comunidade	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
1700	3499.57	1324	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1709	5027.5	627	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1711	6061.28	982	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1712	14126.5	398	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1713	4075.97	473	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1714	10849.91	324	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1715	11384.38	343	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1716	24688.19	770	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1717	5964.51	764	urbano	Sede	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Parcial
1718	10899.37	473	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1719	3215.01	317	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1724	238.87	957	urbano	Sede	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Parcial
1725	84.87	320	urbano	Sede	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Parcial
1726	24.85	104	urbano	Sede	Rio Castelo	Total
1727	19.85	81	urbano	Sede	Rio Castelo	Parcial
1728	18.76	83	urbano	Sede	Rio Castelo	Parcial
1729	669.7	125	urbano	Estrela do Norte		
1734	150.18	88	urbano	Limoeiro	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1742	631.99	130	urbano	Monte Pio		
1746	390	41	urbano	Patrimônio do Ouro		
1701	2481.27	1280	rural			
1702	6361.72	1272	rural			
1703	20.52	225	rural			

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

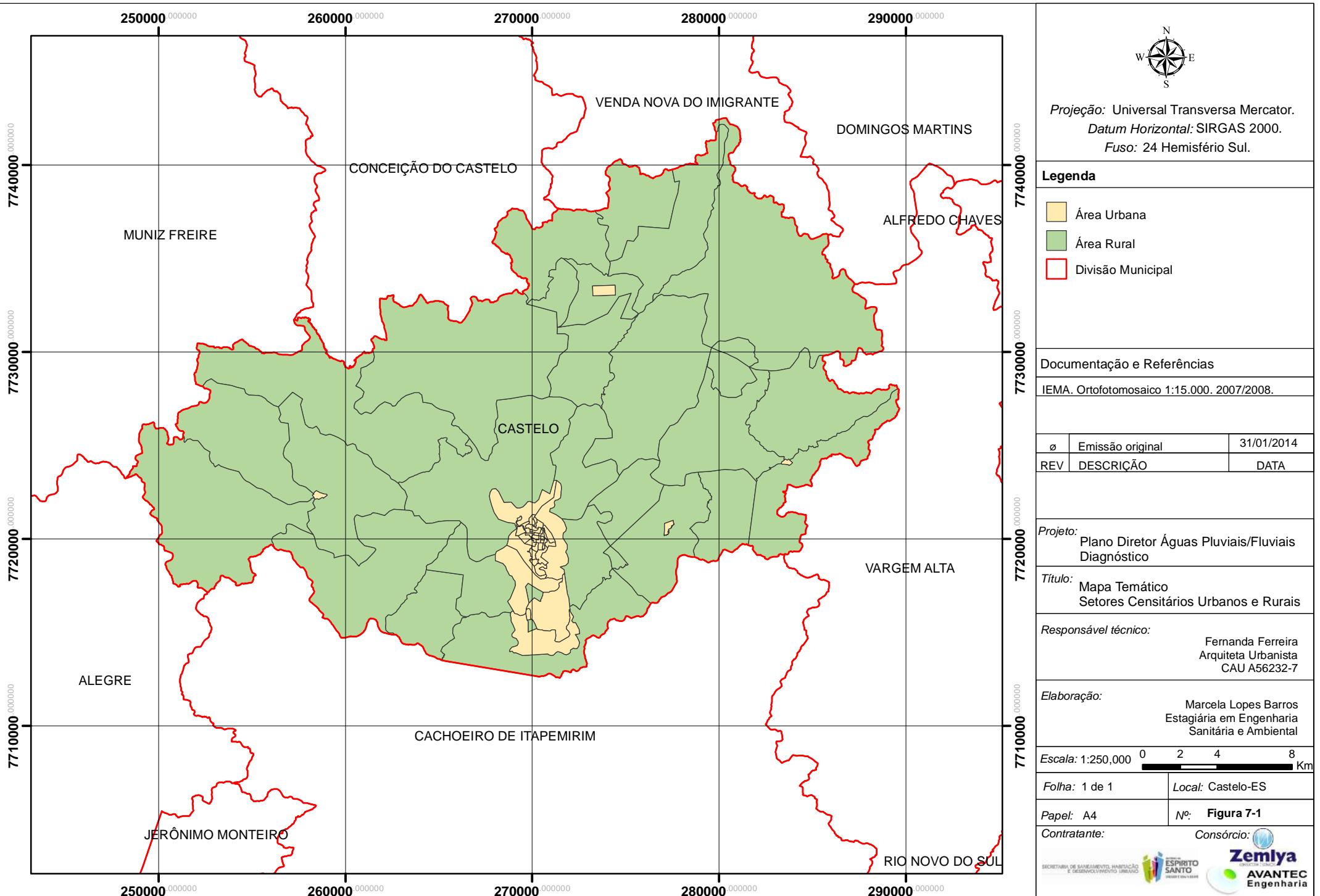
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km ²)*	População por Setor (hab)*	Área	Distrito / Comunidade	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
1704	12.07	427	rural		Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Parcial
1705	17.86	228	rural		Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1706	13.77	565	rural		Rio Castelo	Total
1707	15.34	795	rural		Rio Castelo	Total
1708	15.57	531	rural		Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1710	20.99	249	rural		Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1720	3.28	29	rural			
1721	16.17	319	rural			
1722	14.15	118	rural			
1723	15.4	155	rural			
1730	19.59	484	rural	Estrela do Norte		
1731	17.75	538	rural	Estrela do Norte		
1732	29.54	642	rural	Estrela do Norte		
1733	4.92	198	rural	Estrela do Norte		
1735	27.11	190	rural	Limoeiro	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1736	31.9	516	rural	Limoeiro	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Parcial
1737	19.17	76	rural	Limoeiro	Rio Castelo	Total
1738	37.77	462	rural	Limoeiro	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1739	27.86	550	rural	Limoeiro	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1740	14.53	875	rural	Limoeiro	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total
1741	0	0	rural	Limoeiro	Rio Castelo - Rio Caxixe	Total - Total

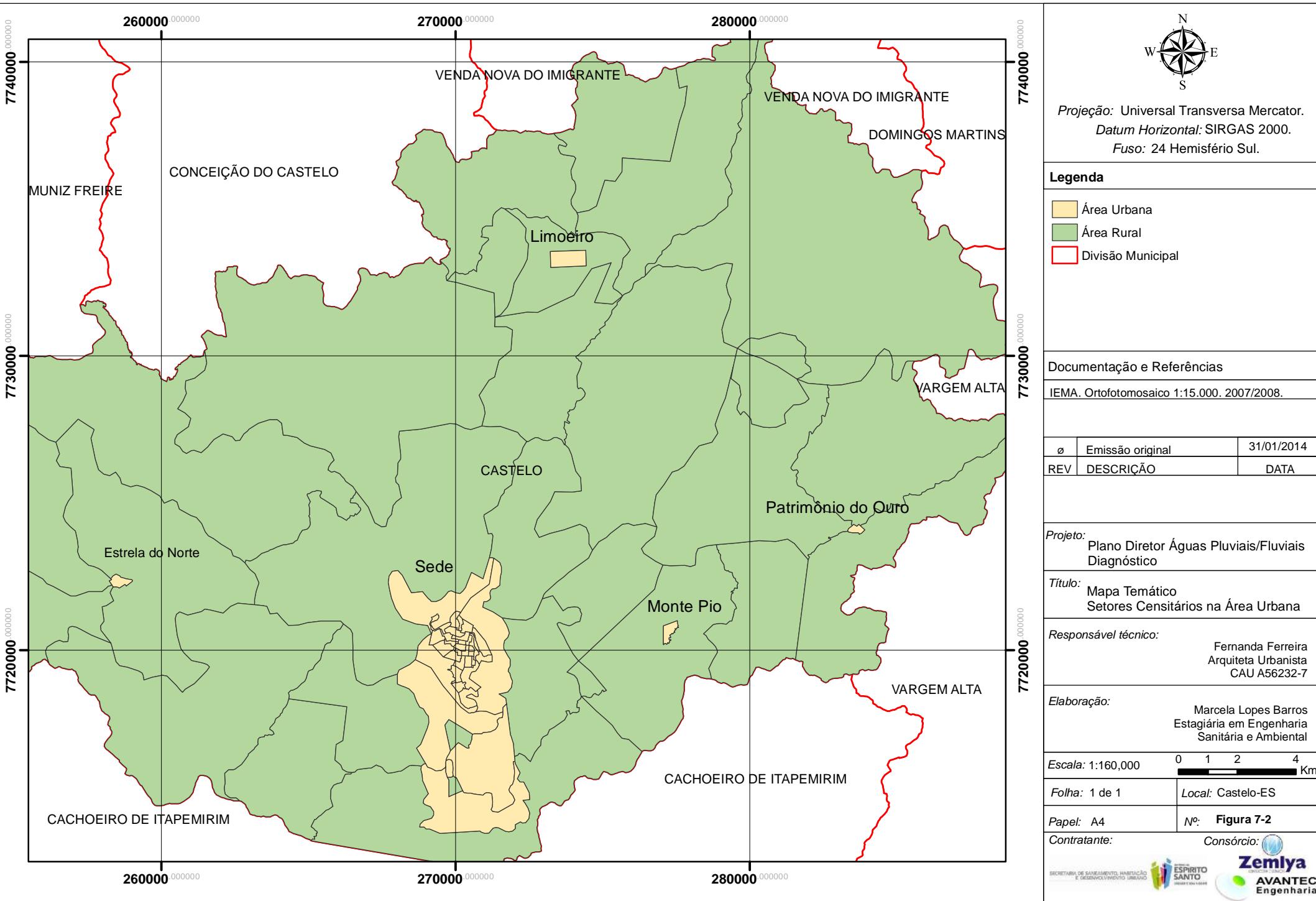
Tabela 7-1 (Continuação): Densidade demográfica por setor censitário.

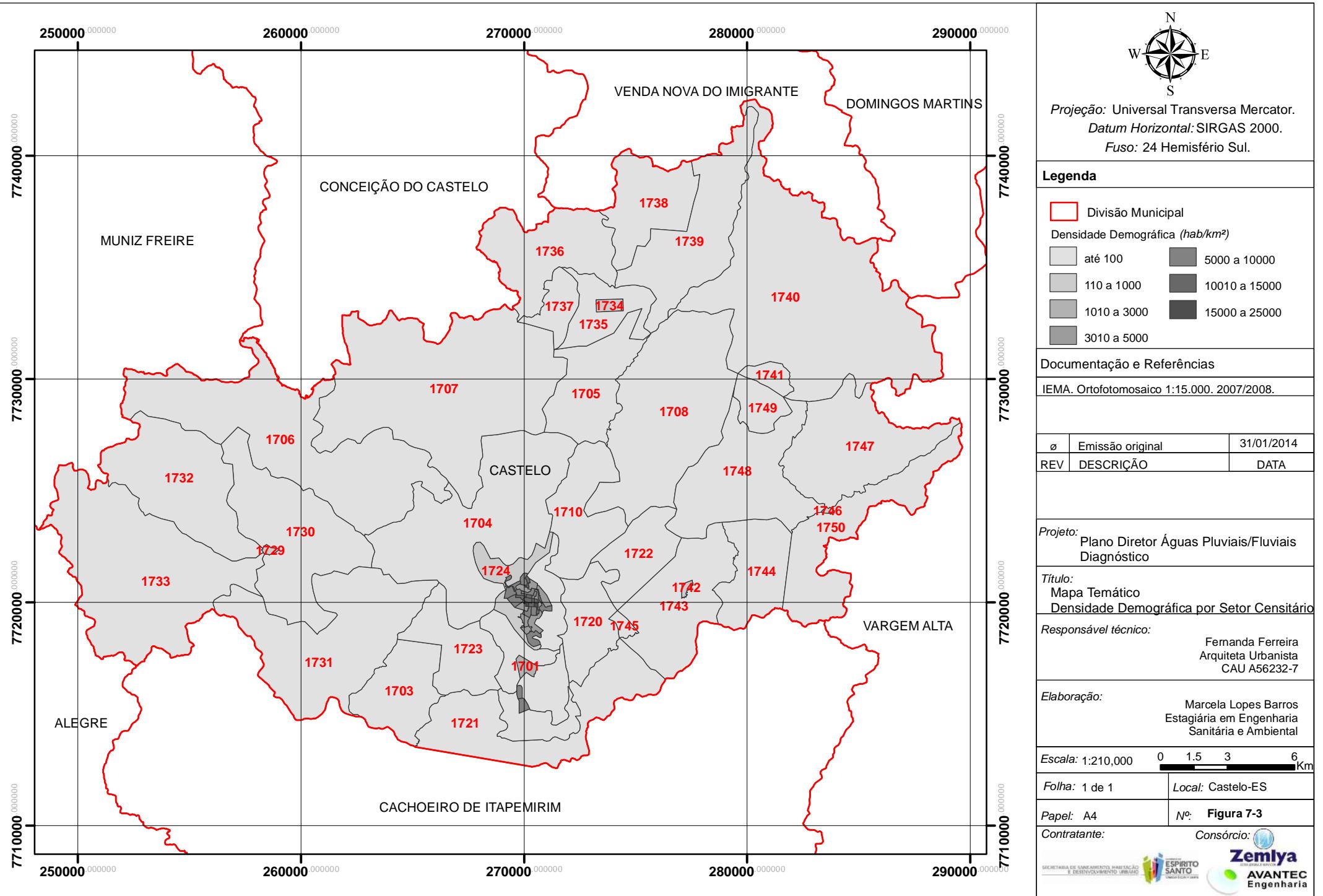
DADOS POR SETOR CENSITÁRIO						
Identificação Setor Censitário*	Densidade (hab/Km ²)*	População por Setor (hab)*	Área	Distrito / Comunidade	Bacia Hidrográfica	Inserção na Bacia
1743	33.59	584	rural	Monte Pio		
1744	14.02	152	rural	Monte Pio		
1745	0	0	rural	Monte Pio		
1747	29.92*	615	rural	Patrimônio do Ouro		
1748	18.61	386	rural	Patrimônio do Ouro		
1749	0	0	rural	Patrimônio do Ouro		
1750	27.71	469	rural	Patrimônio do Ouro		

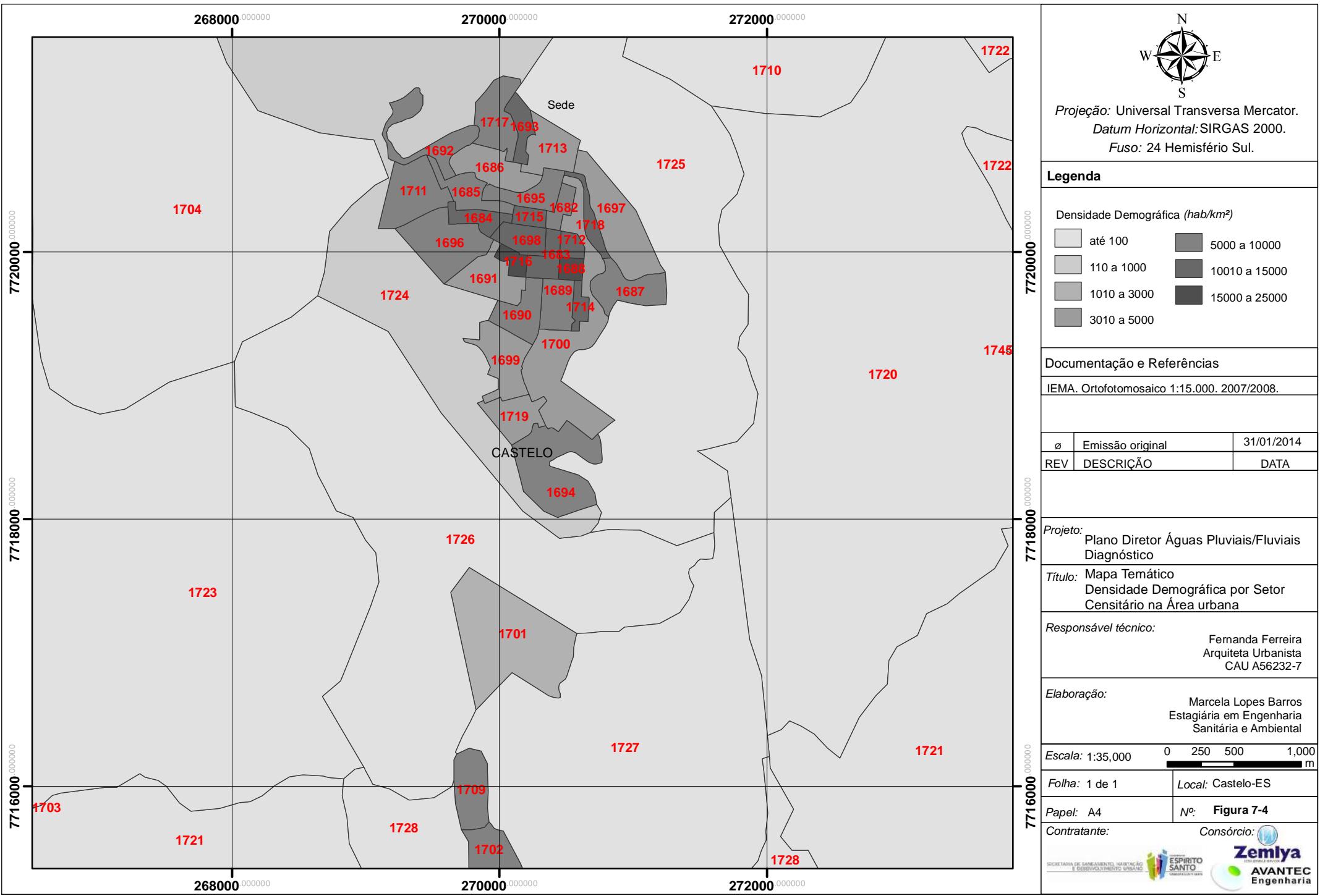
* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

** 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**).

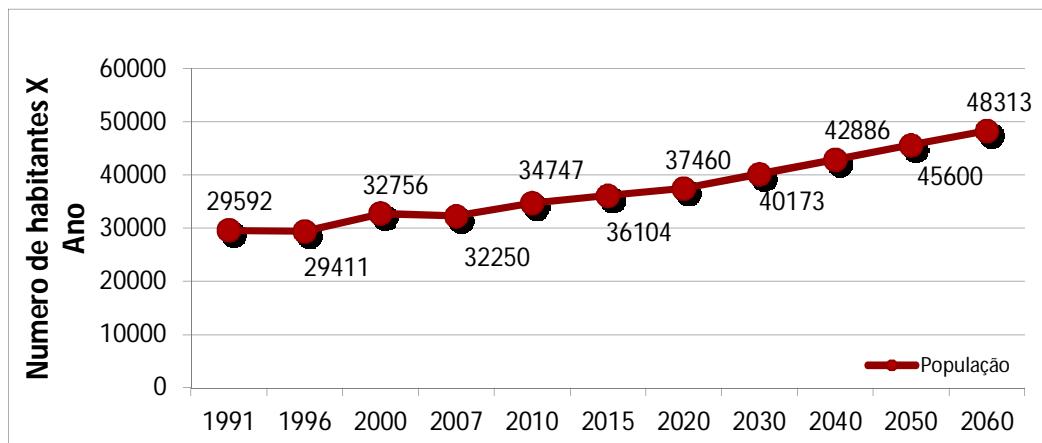


Figura 7-5: Evolução da população de Castelo - ES.

Tabela 7-2: Crescimento populacional por setor censitário.

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO															
Identificação Setor Censitário		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**
1682	H	6989.62	294	H	7252.25	305	H	7514.88	316	H	7777.51	327	H	9353.30	393
1683	O	11896.74	752	O	12343.76	781	O	12790.77	809	O	13237.78	837	O	15919.87	1007
1684	R	11085.88	662	R	11502.42	687	R	11918.97	712	R	12335.52	736	R	14834.80	886
1685	I	8630.86	821	I	8955.16	852	I	9279.46	883	I	9603.76	913	I	11549.56	1098
1686	Z	4409.44	608	Z	4575.12	631	Z	4740.81	654	Z	4906.49	676	Z	5900.59	813
1687	O	4991.14	667	O	5178.68	692	O	5366.22	717	O	5553.76	742	O	6679.00	893
1688	N	17231.22	523	N	17878.67	542	N	18526.13	562	N	19173.58	582	N	23058.31	699
1689	T	8908.30	806	T	9243.03	837	T	9577.76	867	T	9912.48	897	T	11920.83	1079
1690	E	7414.69	822	E	7693.30	853	E	7971.90	884	E	8250.50	915	E	9922.12	1100
1691	-	3590.50	488	-	3725.41	507	-	3860.32	525	-	3995.23	543	-	4804.70	653
1692	-	7276.68	974	-	7550.10	1010	-	7823.51	1047	-	8096.93	1083	-	9737.44	1303
1693	-	11934.81	722	-	12383.25	749	-	12831.70	776	-	13280.14	804	-	15970.81	966
1694	5	5286.46	1605	5	5485.10	1666	5	5683.73	1726	5	5882.37	1786	5	7074.19	2148
1695	10	6860.74	650	10	7118.52	675	10	7376.31	699	10	7634.10	724	10	9180.84	870
1696	A	4912.45	1054	A	5097.03	1093	A	5281.61	1133	A	5466.20	1172	A	6573.69	1410
1697	N	2878.15	747	N	2986.30	775	N	3094.44	803	N	3202.59	831	N	3851.46	1000
1698	O	10011.21	742	O	10387.38	770	O	10763.54	798	O	11139.71	826	O	13396.71	993
1699	S	4275.40	667	S	4436.04	692	S	4596.69	717	S	4757.34	742	S	5721.21	893
1700	-	3280.60	1376	-	3403.87	1427	-	3527.13	1479	-	3650.40	1531	-	4390.00	1841
1701	-	4712.61	651	-	4889.68	676	-	5066.76	700	-	5243.83	725	-	6306.27	872
1702	-	5682.07	1020	-	5895.57	1059	-	6109.08	1097	-	6322.58	1135	-	7603.58	1365
1703	20	13242.77	414	20	13740.36	429	20	14237.95	445	20	14735.54	460	20	17721.08	553
1704	11	3821.02	491	11	3964.59	510	11	4108.17	528	11	4251.74	547	11	5113.18	658
1705	52	10171.13	337	52	10553.31	349	52	10935.48	362	52	11317.66	375	52	13610.71	450
1706	-	10672.26	356	-	11073.27	370	-	11474.27	383	-	11875.28	397	-	14281.31	477
1707	-	23143.68	800	-	24013.29	830	-	24882.90	860	-	25752.52	890	-	30970.19	1071
1708	-	5591.43	794	-	5801.53	824	-	6011.62	853	-	6221.72	883	-	7482.29	1062
1709	-	10217.58	491	-	10601.51	510	-	10985.43	528	-	11369.35	547	-	13672.87	658
1710	-	3013.80	329	-	3127.04	342	-	3240.28	354	-	3353.53	367	-	4032.98	441

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

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO															
Identificação Setor Censitário	HORIZONTE	Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**	IZONTE	Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**	IZONTE	Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**	IZONTE	Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**	IZONTE	Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**
1724		223.92	994		232.34	1032		240.75	1069		249.17	1106		299.65	1331
1725		79.56	332		82.55	345		85.54	357		88.53	370		106.47	445
1726		23.30	108		24.17	112		25.05	116		25.92	120		31.18	145
1727		18.61	84		19.31	87		20.01	90		20.71	94		24.90	113
1728		17.59	86		18.25	89		18.91	93		19.57	96		23.53	115
1729		627.74	130		651.33	135		674.92	140		698.51	145		840.03	174
1734		140.83	91		146.12	95		151.41	98		156.70	102		188.45	122
1742		592.50	135		614.77	140		637.03	145		659.29	150		792.87	181
1746		365.69	43		379.43	44		393.17	46		406.91	47		489.35	57
1701		2325.91	1330		2413.31	1380		2500.70	1430		2588.10	1480		3112.47	1780
1702		5963.21	1322		6187.27	1371		6411.34	1421		6635.40	1471		7979.79	1769
1703		-	19.24	-	19.96	243		-	20.68	-	21.41	260		25.74	313
1704		-	11.32	-	11.74	460		-	12.17	-	12.59	494		15.14	594
1705		5	16.74	237	ANOS	17.37	246	18.00	255	18.63	264	22.41	317		
1706		12.91	587	13.40	609	13.88	631	14.37	653	17.28	786				
1707		14.38	826	14.92	857	15.46	888	16.00	919	19.24	1105				
1708		14.60	552	15.15	572	15.70	593	16.24	614	19.54	738				
1710		19.68	259	20.42	268	21.16	278	21.90	288	26.34	346				
1720		3.07	30	3.19	31	3.30	32	3.42	34	4.11	40				
1721		15.16	331	15.73	344	16.30	356	16.87	369	20.29	444				
1722		13.26	123	13.76	127	14.26	132	14.76	136	17.75	164				
1723		14.43	161	14.98	167	15.52	173	16.06	179	19.31	216				
1730		18.36	503	19.05	522	19.74	541	20.44	560	24.58	673				
1731		16.63	559	17.26	580	17.88	601	18.51	622	22.26	748				
1732		27.69	667	28.73	692	29.77	717	30.81	742	37.05	893				
1733		4.61	206	4.78	213	4.96	221	5.13	229	6.17	275				
1735		25.42	197	26.38	205	27.33	212	28.29	220	34.02	264				
1736		29.91	536	31.04	556	32.16	576	33.28	597	40.03	717				
1737		17.98	79	18.65	82	19.33	85	20.00	88	24.06	106				
1738		35.42	480	36.75	498	38.08	516	39.41	534	47.40	642				

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

CRESCIMENTO POPULACIONAL POR SETOR CENSITÁRIO															
Identificação Setor Censitário		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**		Densidade (hab/Km ²)**	População Estimada**
1739		26.12	571		27.11	593		28.09	614		29.07	636		34.96	765
1740		13.62	909		14.13	943		14.65	977		15.16	1012		18.23	1217
1741	2	0.00	0	2	0.00	0	2	0.00	0	2	0.00	0	2	0.00	0
1743	0	31.49	607	0	32.68	630	0	33.86	652	0	35.04	675	0	42.14	812
1744	1	13.14	158	2	13.64	164	2	14.13	170	3	14.62	176	6	17.59	211
1745	5	0.00	0	0	0.00	0	5	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
1747		28.06	639		29.11	663		30.16	687		31.22	711		37.54	855
1748		17.45	401		18.11	416		18.76	431		19.42	446		23.36	537
1749		0.00	0		0.00	0		0.00	0		0.00	0		0.00	0
1750		25.98	487		26.96	506		27.94	524		28.91	542		34.77	652

* Fonte dos dados: IBGE, Censo 2010.

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

7.3 INUNDAÇÃO NAS BACIAS DOS RIOS CASTELO E CAXIXE NO CENÁRIO FUTURO

No Cenário Futuro, foram previstas alterações do uso do solo das bacias dos Rios Castelo e Caxixe 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 Volta Redonda, áreas urbanas com 38% de impermeabilização passam a área urbana com 85% de impermeabilização. Esse alto crescimento populacional foi adotado devido ao intenso número de moradias em construção no mesmo;
- no bairro Niterói, houve um crescimento urbano no sentido nordeste com área urbana com impermeabilização de 65%;
- no bairro Aracuí, houve um crescimento urbano no sentido oeste com área urbana com impermeabilização de 65%;
- no bairro Exposição, áreas urbanas com 25% de impermeabilização passam a 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 Castelo e Caxixe. A **Tabela 7-3**, por sua vez, apresenta as vazões simuladas para as sub bacias da sede municipal de Castelo, correspondentes a chuvas com períodos de retorno de 10 anos.

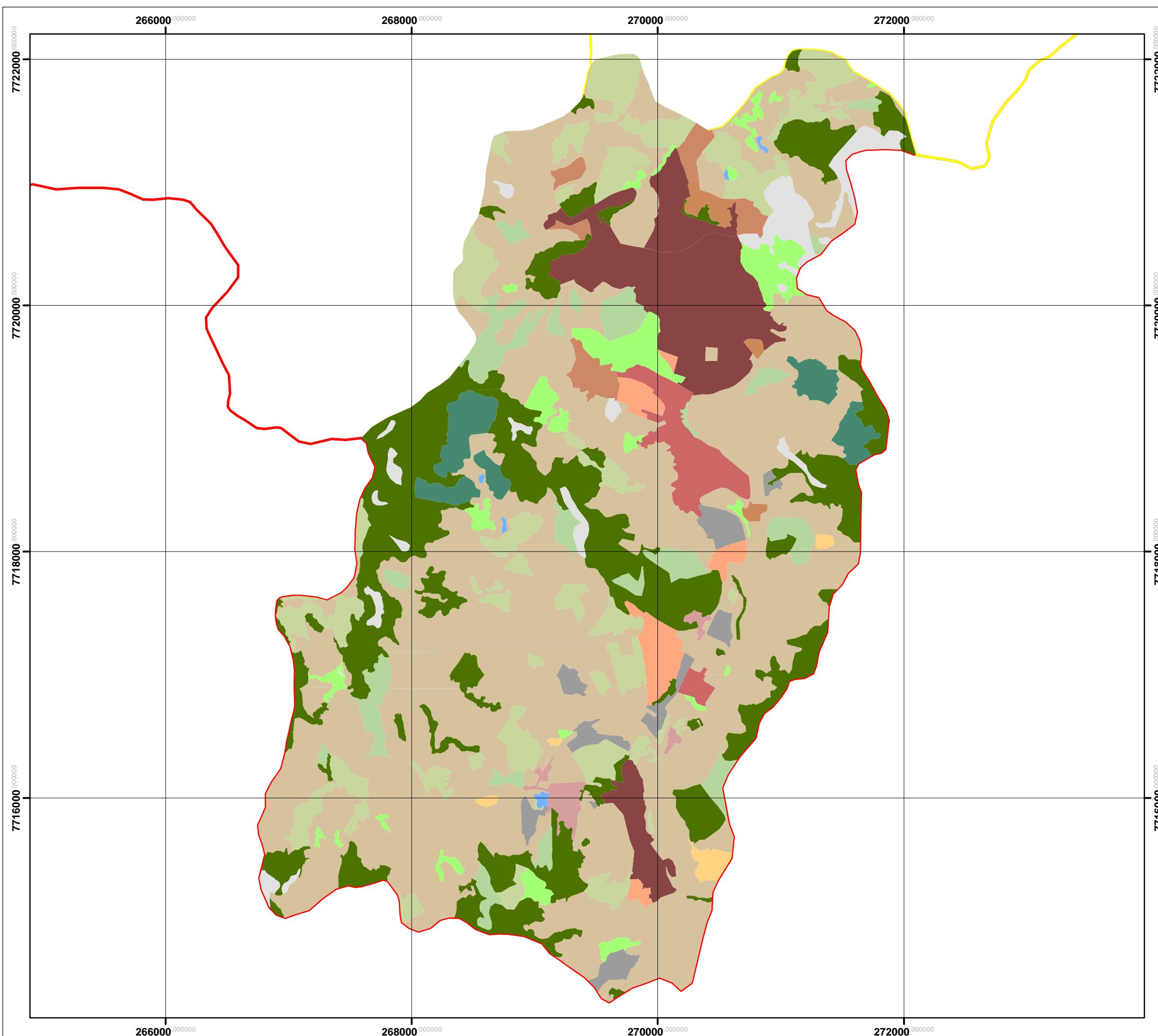


Tabela 7-3: Vazões das sub bacias da sede municipal de Castelo para chuva com período de retorno de 10 anos e uso do solo futuro e aumento percentual em relação às vazões simuladas para o cenário atual.

Elemento hidrológico	Aumento percentual	Vazão de pico
	%	m ³ /s
Sub bacia-1	-	0,23
Sub bacia-2	-	0,19
Sub bacia-3	-	0,10
Sub bacia-4	-	0,08
Sub bacia-5	-	0,01
Sub bacia-6	0,17	0,60
Sub bacia-7	0,50	0,03
Sub bacia-8	-	0,09
Sub bacia-9	-	0,01
Sub bacia-10	0,62	0,13
Sub bacia-11	0,79	1,20
Sub bacia-12	-	0,05
Sub bacia-13	0,21	2,63
Sub bacia-14	0,05	1,69
Sub bacia-15	0,01	3,78
Sub bacia-16	0,03	4,63
Sub bacia-17	-	0,46
Sub bacia-18	-	0,01
Sub bacia-19	0,04	1,58
Sub bacia-20	-	0,39
Sub bacia-21	-	1,55
Sub bacia-22	0,20	1,71
Sub bacia-23	-	0,54
Sub bacia-24	0,03	1,52
Sub bacia-25	-	1,32
Sub bacia-26	0,06	1,04
Sub bacia-27	-	0,85
Sub bacia-28	-	2,40
Sub bacia-29	0,50	1,20

Elemento hidrológico	Aumento percentual	Vazão de pico
	%	m ³ /s
Sub bacia-30	-	6,17
Sub bacia-31	0,01	9,00
Sub bacia-32	-	0,99
Sub bacia-33	0,10	2,06
Sub bacia-34	0,09	1,81

Estas vazões serão observadas para o dimensionamento de drenagem a ser adotada nestas sub bacias em relatório a ser apresentando posteriormente ao presente volume.

7.3.2 Modelagem hidráulica das bacias dos Rios Castelo e Caxixe no Cenário Futuro

Não foi realizada a análise das vazões futuras para a hidráulica dos Rios Castelo e Caxixe, uma vez que, o crescimento urbano da sede municipal de Castelo será insignificante para a vazão destes cursos d'água.

7.4 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Para a resolução dos problemas de cheias nas bacias dos Rios Castelo e Caxixe, foram simulados três cenários alternativos com a implementação de ações estruturais descritas em seguida, as quais são constituídas de barragem, diques e dragagem/derrocagem de canais.

7.4.1 Cenário 1

Este cenário é caracterizado pela dragagem/derrocagem do rio Castelo, para chuvas com período de recorrência de 25 anos, desapropriações em pontos específicos e demolição/reconstrução de duas pontes sobre o rio supracitado.

A dragagem/derrocagem no rio Castelo compreenderá quatro trechos, sendo estes: no entorno do bairro Garagem; na divisa com os bairros Volta Redonda e Independência; na divisa dos bairros Centro e Independência; e na divisa do bairro Cava Roxa com São Miguel, Santo Agostinho, Bela Vista e Esplanada.

No primeiro trecho de dragagem/derrocagem, que compreende o entorno do bairro Garagem, o rio Castelo passará a ter uma calha com dimensões de 28,00m x 4,00m em uma extensão de aproximadamente 580 m, iniciando-se logo a jusante da ponte na Rodovia Vereador M. Travaglia. Nesse trecho, a dragagem/derrocagem proposta foi modelada, de modo a não comprometer a estrutura da ponte supracitada, sendo a profundidade sugerida mesma profundidade que ocorre atualmente neste trecho.

No segundo trecho de dragagem/derrocagem, que compreende a divisa dos bairros Volta Redonda e Independência, o rio Castelo passará a ter calha de 30,00m x 4,00m em uma extensão de aproximadamente 600 m. Neste trecho, serão necessárias 24 desapropriações de áreas residenciais no bairro Volta Redonda.

No terceiro trecho de dragagem/derrocagem, que compreende a divisa dos bairros Centro e Independência, o rio Castelo passará a ter uma calha com dimensões de 40,00m x 4,00m em uma extensão de aproximadamente 1.200 m,

iniciando-se logo a jusante da ponte na Rua Moura. Nesse trecho, a dragagem/derrocagem proposta foi modelada de modo a uniformizar a declividade do trecho supracitado. Com isso, a ponte Constantino J. Vieira, que faz ligação da Av. Getúlio Vargas e a Av. Alcino Rangel, terá sua estrutura comprometida, sendo necessária sua demolição/reconstrução. Neste trecho, serão necessárias 27 desapropriações no bairro Centro.

As dimensões da dragagem/derrocagem no segundo e terceiro trecho foram estudadas de modo a reduzir o número de residências atingidas pelas inundações do rio Castelo com a melhor profundidade-largura-declividade da calha do rio nos mesmos.

No quarto e último trecho de dragagem/derrocagem, que compreende a divisa do bairro Cava Roxa com São Miguel, Santo Agostinho, Bela Vista e Esplanada, o rio Castelo passará a ter uma calha de 65,00m x 4,00m em uma extensão de aproximadamente 900 m. In loco, observou-se a formação de ilhas de terra (**Figura 7-7:** Ilhas de terra formadas no leito do rio Castelo. Vista montante da ponte na Estrada para a Rodovia do Contorno.) e, a jusante, o afunilamento do rio Castelo provocado pela ponte da Estrada da Rodovia do Contorno (**Figura 7-8**). Assim, priorizou-se a retirada das ilhas e o alargamento das margens do desse rio.



Figura 7-7: Ilhas de terra formadas no leito do rio Castelo. Vista montante da ponte na Estrada para a Rodovia do Contorno.



Figura 7-8: Vista aérea das margens do rio Castelo próximo a ponte na Estrada para a Rodovia do Contorno. Em destaque o afunilamento do rio Castelo após essa ponte.

Entretanto, para o alargamento das margens do rio Castelo neste ponto, será necessária uma desapropriação de área residencial. Ressalta-se que essa dragagem/derrocagem é importante para toda a extensão urbana do rio Castelo a

montante do quarto trecho, pois parte dos problemas de inundação no bairro Centro é decorrente da dificuldade de escoamento do rio neste ponto.

O **ANEXO III** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 1.

O volume total de dragagem e derrocagem estimado para o Cenário 1 foi de **240.000 m³**.

O valor estimado para o cenário 1 foi de **R\$ 39.000.000,00**.

7.4.2 Cenário 2

O Cenário 2 é caracterizado, principalmente, pela implantação de três diques de gabião em trechos específicos do rio Castelo. Esses diques têm como propósito evitar a entrada das águas deste na sede municipal de Castelo.

Os disques de gabião estão localizados em três pontos do rio Castelo e totalizam uma extensão de 1.800 metros, sendo eles: no bairro Volta Redonda (margem direita); no bairro Centro (margem direita); e na divisa do bairro Centro com o bairro Ponto Alto (margem esquerda).

O primeiro trecho de muro de gabião, que compreende a margem direita do rio Castelo no bairro Volta Redonda, o dique possuirá extensão de 980 m, 1,5 m de altura e cota média de 102 m.

No segundo trecho de muro de gabião, que compreende a margem direita do rio Castelo no bairro Centro, o dique possuirá extensão de 900 m, 1,2 m de altura acima da cota da rua e cota média de 100 m.

No terceiro e último trecho de muro gabião, que compreende a margem esquerda do rio Castelo no bairro Ponto Alto, o dique possuirá extensão de 170 m, 1,2 m de altura e cota média de 100 m. Neste trecho, a ponte Constantino J. Vieira, que faz ligação da Av. Getúlio Vargas e a Av. Alcino Rangel, terá sua estrutura comprometida, sendo necessária sua demolição/reconstrução.

Com a implantação deste cenário toda a microdrenagem das áreas onde os diques serão implantados deverá ser concentrada em pontos que serão dotados de casa de bombas e de comporta “stop log”, de modo a evitar que as águas do

rio Castelo causem o efeito de remanso dentro do sistema de drenagem da sede municipal de Castelo, causando o alagamento dos bairros.

Em paralelo à proposição desses diques, o Cenário 2 contará com a dragagem/derrocagem no rio Castelo, para chuvas com período de recorrência de 25 anos, demolição/reconstrução de duas pontes sobre o rio supracitado e uma desapropriação residencial.

A dragagem/derrocagem no rio Castelo compreenderá quatro trechos, sendo estes: no entorno do bairro Garagem; na divisa com os bairros Volta Redonda e Independência; na divisa dos bairros Centro e Independência; e na divisa do bairro Cava Roxa com São Miguel, Santo Agostinho, Bela Vista e Esplanada. Nesses trechos, a calha do rio Castelo possuirá dimensões semelhantes às descritas no **item 7.4.1**.

Com o alargamento das margens do rio Castelo no quarto trecho, será necessária uma desapropriação em área residencial e a demolição/reconstrução da ponte Jacarandá.

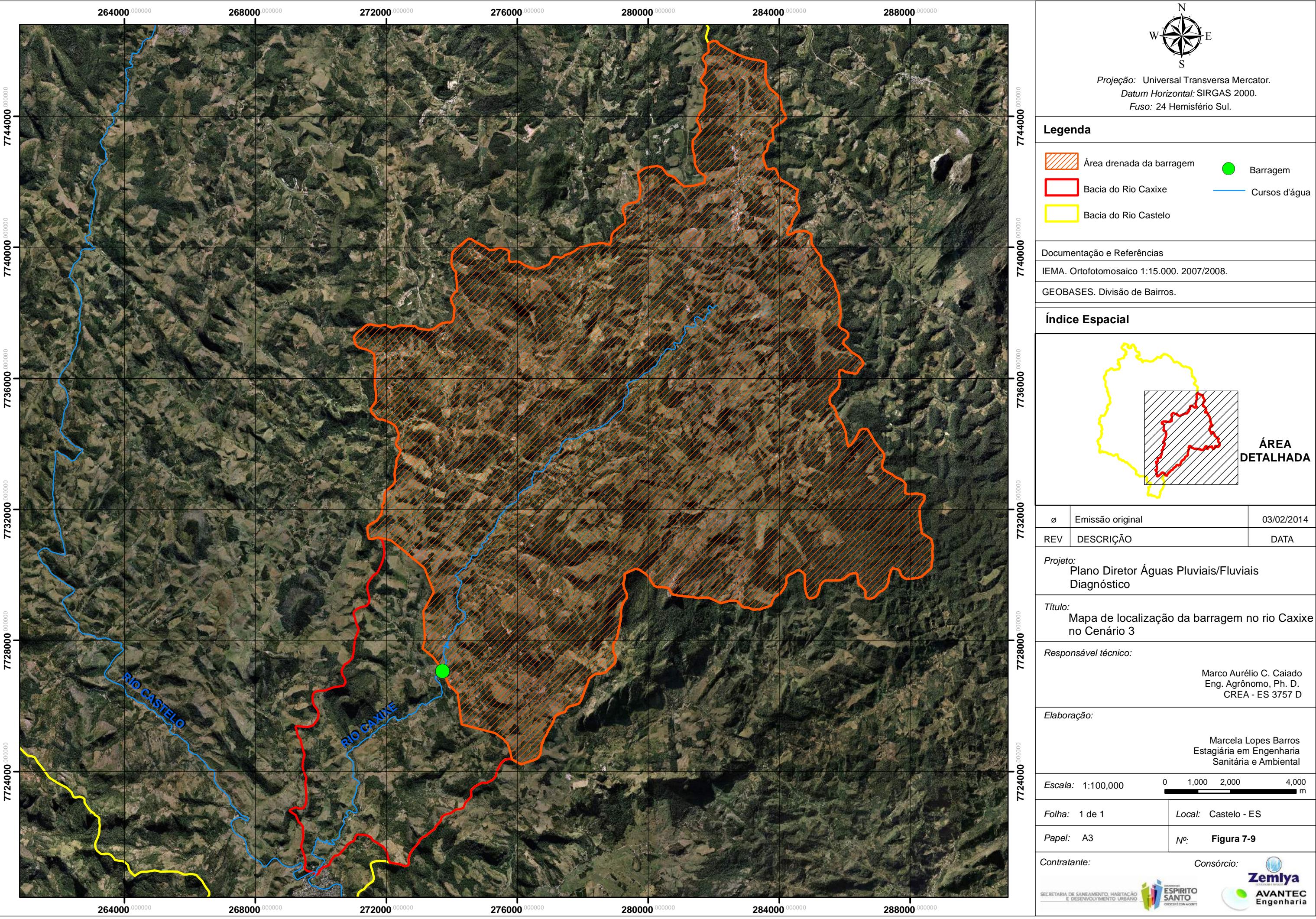
O **ANEXO IV** apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 2.

O volume total de dragagem e derrocagem estimado para o Cenário 2 foi de **240.000 m³**.

O valor estimado para o cenário 2 foi de **R\$ 37.000.000,00**.

7.4.3 Cenário 3

O Cenário 3 é caracterizado, principalmente, pela implantação de um reservatório de detenção de cheias no rio Caxixe (**Figura 7-9**). Este cenário foi estudado no intuito de responder à proposta de solução de inundação urbana feita pela Defesa Civil do município de Castelo.



Essa barragem foi planejada com 8 metros de altura de crista e volume útil de 4.389.230 m³, considerando que o mesmo não irá verter para a vazão de 50 anos de recorrência. A **Figura 7-10** apresenta a curva Cota x Volume do reservatório, obtida com base em imagens aéreas e curvas de nível existentes.

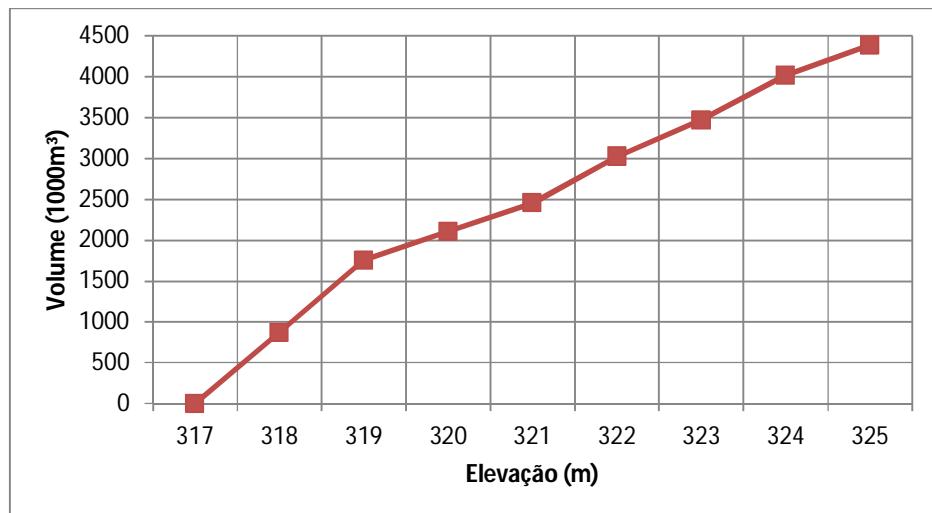


Figura 7-10: Relação Cota x Volume do reservatório do Rio Caxixe.

A **Tabela 7-4** apresenta as principais características das barragens estudadas.

Tabela 7-4: Principais características da barragem estudada.

Característica	Barragem
Área drenada (Km ²)	252,03
Altura da crista (m)	8
Comprimento da barragem (m)	85
Área alagada (m ²)	1.068.440
Capacidade volumétrica (m ³)	4.389.230
Pico da vazão produzida pela bacia de drenagem para recorrência de 25 anos (m ³ /s)	84,82

Com a modelagem hidráulica, conclui-se que a implantação desse reservatório pouco influenciará nas vazões do rio Castelo e, consequentemente, nas áreas de inundações da área urbana do município de Castelo. Além disso, os bairros ribeirinhos ao rio Caxixe continuarão sofrendo com inundações causadas pelo remanso do rio Castelo.

Assim, além dos reservatórios de detenção, foram planejadas dragagem/derrocagem do rio Castelo e implantação de diques, para chuvas com período de recorrência de 25 anos, demolição/reconstrução de pontes e uma desapropriação.

A dragagem/derrocagem no rio Castelo compreenderá quatro trechos, sendo estes: no entorno do bairro Garagem; na divisa com os bairros Volta Redonda e Independência; na divisa dos bairros Centro e Independência; e na divisa do bairro Cava Roxa com São Miguel, Santo Agostinho, Bela Vista e Esplanada.

No primeiro trecho de dragagem/derrocagem, que compreende o entorno do bairro Garage, o rio Castelo passará a ter uma calha com dimensões de 28,00m x 4,00m em uma extensão de aproximadamente 580 m, iniciando-se logo a jusante da ponte na Rodovia Vereador M. Travaglia. Nesse trecho a dragagem/derrocagem proposta foi modelada de modo a não comprometer a estrutura da ponte supracitada, sendo a profundidade sugerida à mesma atualmente no trecho descrito.

No segundo trecho de dragagem/derrocagem, que compreende a divisa dos bairros Volta Redonda e Independência, o rio Castelo passará a ter calha de 30,00,00m x 3,50m em uma extensão de aproximadamente 600 m.

No terceiro trecho de dragagem/derrocagem, que compreende a divisa dos bairros Centro e Independência, o rio Castelo passará a ter uma calha com dimensões de 38,00m x 4,00m em uma extensão de aproximadamente 1.200 m, iniciando-se logo a jusante da ponte na Rua Moura. Nesse trecho, a dragagem/derrocagem proposta foi modelada de modo a uniformizar a declividade do trecho supracitado. Com isso, a ponte Constantino J. Vieira, que faz ligação da Av. Getúlio Vargas e a Av. Alcino Rangel, terá sua estrutura comprometida, sendo necessária sua demolição/reconstrução.

No quarto e último trecho de dragagem/derrocagem, que compreende a divisa do bairro Cava Roxa com São Miguel, Santo Agostinho, Bela Vista e Esplanada, o rio Castelo passará a ter uma calha de 62,00m x 4,00m em uma extensão de aproximadamente 900 m.

Com o alargamento das margens do rio Castelo no quarto trecho, será necessária uma desapropriação em área residencial e a demolição/reconstrução da ponte Jacarandá.

Em paralelo à dragagem/derrocagem do rio Castelo, a área urbana do município de Castelo contará com a implantação de diques em extensões específicas do mesmo curso d'água.

Os disques de gabião estão localizados em três pontos do rio Castelo, totalizando uma extensão de 1.800 metros, sendo eles: no bairro Volta Redonda (margem direita); no bairro Centro (margem direita); e na divisa do bairro Centro com o bairro Ponto Alto (margem esquerda).

O primeiro trecho de muro de gabião, que compreende a margem direita do rio Castelo no bairro Volta Redonda, o dique possuirá extensão de 980 m, 1,5 m de altura e cota média de 102 m.

No segundo trecho de muro gabião, que compreende a margem direita do rio Castelo no bairro Centro, o dique possuirá extensão de 900 m, 1,2 m de altura e cota média de 100 m.

No terceiro e último trecho de muro gabião, que compreende a margem esquerda do rio Castelo no bairro Ponto Alto, o dique possuirá extensão de 170 m, 1,2 m de altura e cota média de 100 m.

Com a implantação deste cenário toda a microdrenagem das áreas onde os diques serão implantados deverá ser concentrada para um ponto que será dotado de casa de bombas e de comporta “*stop log*”, de modo a evitar que as águas do rio Castelo causem o efeito de remanso dentro do sistema de drenagem da sede municipal de Castelo, causando o alagamento dos bairros.

O ANEXO V apresenta o mapa de soluções propostas para o Cenário 3.

O volume total de dragagem e derrocagem estimado para o Cenário 3 foi de **230.000 m³**.

O valor estimado para o cenário 3 foi de **R\$ 39.950.000,00**.

8 CONCLUSÕES

Como resultado deste trabalho, conclui-se que:

- Os problemas de macrodrenagem do município de Castelo 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.
- Observou-se, a partir da modelagem hidráulica, que 450 domicílios estão na área de risco classificada como muito alto (inundação com 5 anos de recorrência);
- Observou-se, ainda, que 760 domicílios são inundados com vazões de 25 anos de recorrência (vazão de projeto);
- As OAE's da Rodovia Vereador M. Travaglia, Rua Ana Rangel, Rua Moura e Lucidio Martins (Rio Castelo) e da Estrada para Córrego Agia (Rio Caxixe) não apresentaram eficiência hidráulica para a vazão de projeto de 100 anos de recorrência no cenário atual;
- A população de Castelo 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.
- Previu-se que a expansão urbana projetada para Bom Jesus do Norte não modificará as manchas de inundação de forma significativa, uma vez que o incremento das vazões em função da redução das taxas de infiltração foi insignificante para o montante da bacia hidrográfica, por outro lado é importante controlar a drenagem das sub bacias urbanas para evitar problemas de alagamento mais locais;

- Para a solução dos problemas de inundação do município de Castelo foram propostos dois cenários alternativos.
- O Cenário 1 é caracterizado pela dragagem/derrocagem do rio Castelo, para chuvas com período de recorrência de 25 anos, desapropriações em pontos específicos e demolição/reconstrução de duas pontes sobre o rio supracitado, com custo estimado em **R\$ 39.000,00**;
- O Cenário 2 é caracterizado, principalmente, pela implantação de três diques de gabião em trechos específicos do rio Castelo e dragagem/derrocagem do rio Castelo, para chuvas com período de recorrência de 25 anos, uma desapropriação e demolição/reconstrução de duas pontes sobre o rio supracitado, com custo estimado em **R\$ 37.000.000,00**.
- O Cenário 3 é caracterizado, principalmente, pela implantação de uma barragem no rio Caxixe, três diques de gabião em trechos específicos do rio Castelo e dragagem/derrocagem do rio Castelo, para chuvas com período de recorrência de 25 anos, uma desapropriação e demolição/reconstrução de uma pontes sobre o rio supracitado, com custo estimado em **R\$ 39.950.000,00**.

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 Hidráulicas.** 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> 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>. 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. 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

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

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

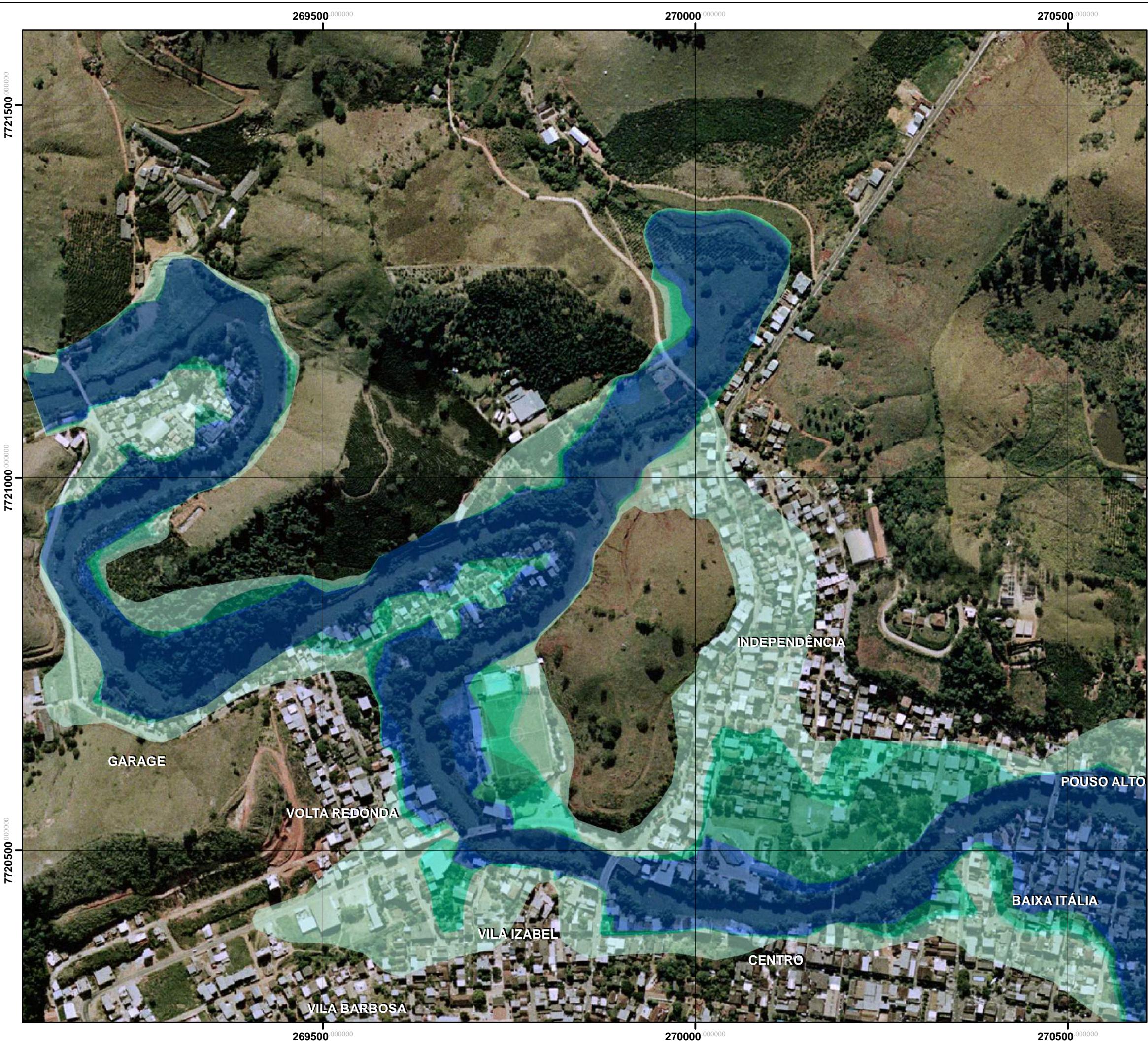
Profissional	Fillipe Tesch
Formação	Tecgº em Saneamento Ambiental, Mestrando em Eng. Ambiental
Empresa	AVANTEC Engenharia Ltda.
Registro no Conselho de Classe	CREA-ES 24.763/D
Responsável pela(s) seção(ões)	Modelagem Hidrológica, Diagnóstico das Bacias, Proposição de Cenários e Coordenação Operacional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

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

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

Apoio Técnico	
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 à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 98).



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

Legenda

Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno
(Área molhada)

5 anos (82 ha)	30 anos (112 ha)
10 anos (92 ha)	50 anos (118 ha)
20 anos (105 ha)	100 anos (178 ha)
25 anos (109 ha)	

Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno
(Domicílios Atingidos)

5 anos (450 domicílios)
25 anos (760 domicílios)

Índice Espacial

98
76
55
38
23

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Susceptibilidade à Inundação para a Área
Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000 m

Carta: 98 Local: Castelo - ES

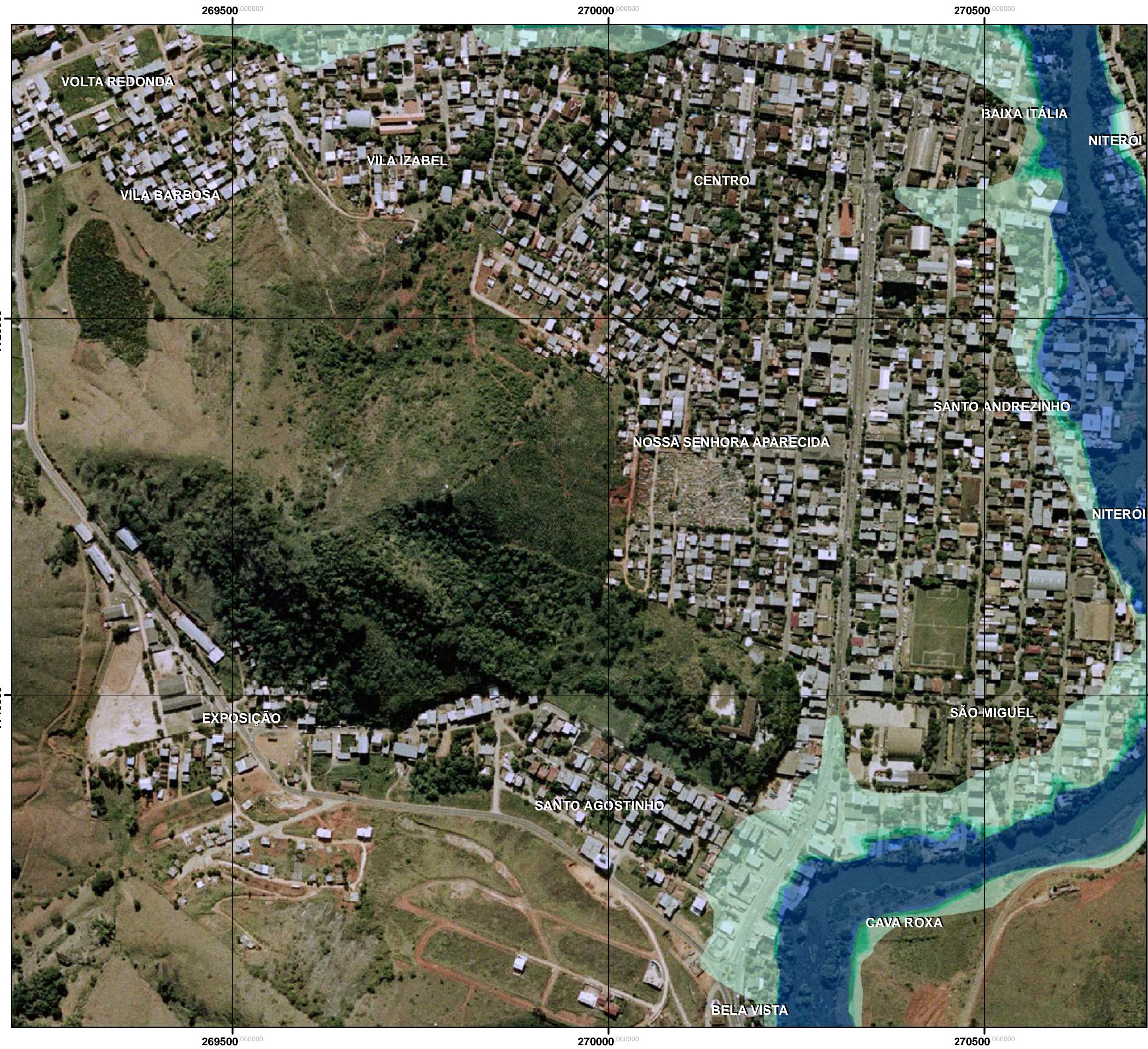
Papel: A3 Nº: Anexo I - a

Contratante:
Consórcio:

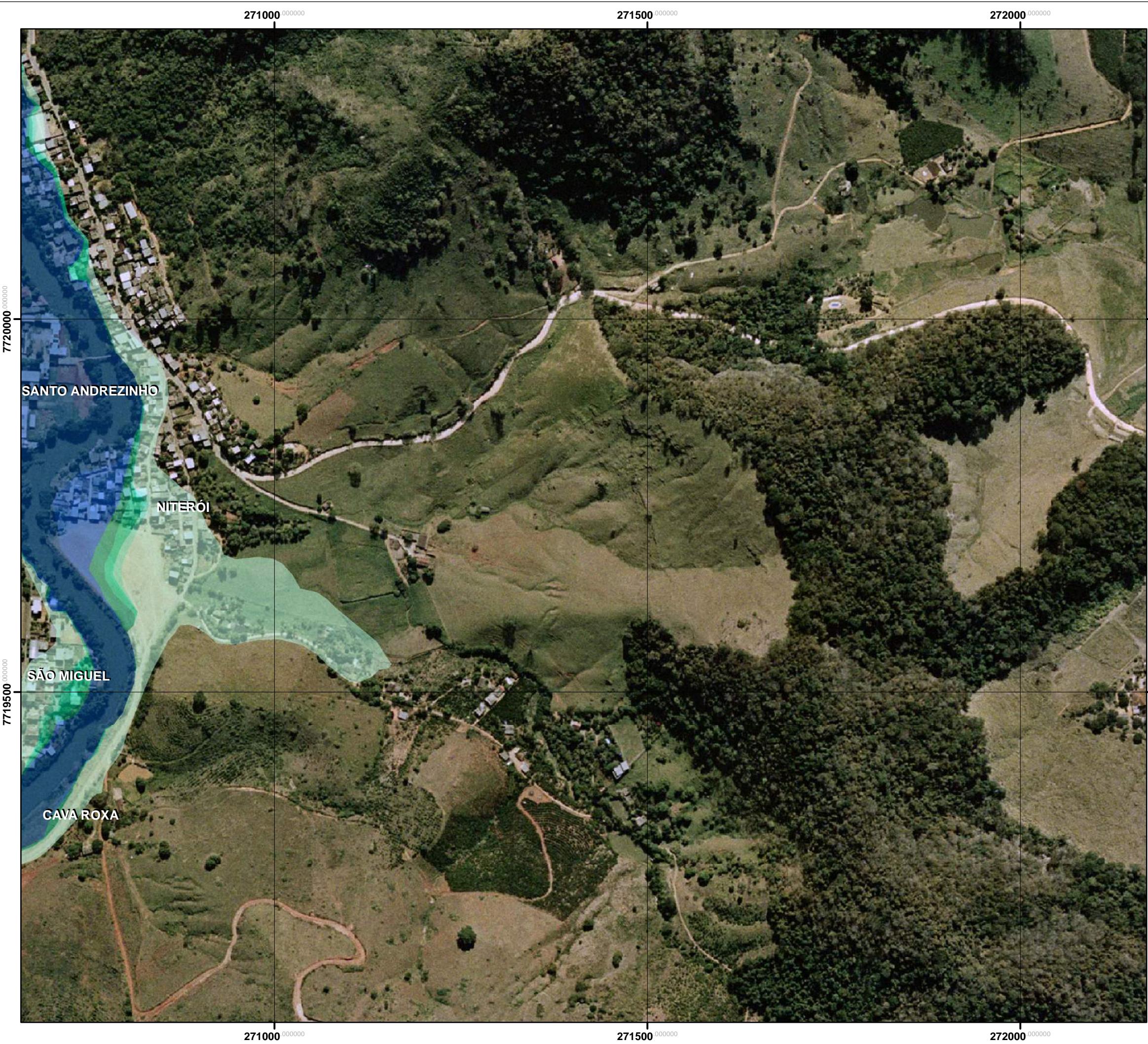
SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
Crescer é com a gente

Zemlya
AVANTEC
Engenharia

ANEXO I-b: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 76).



ANEXO I-c: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 77).



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

Legenda

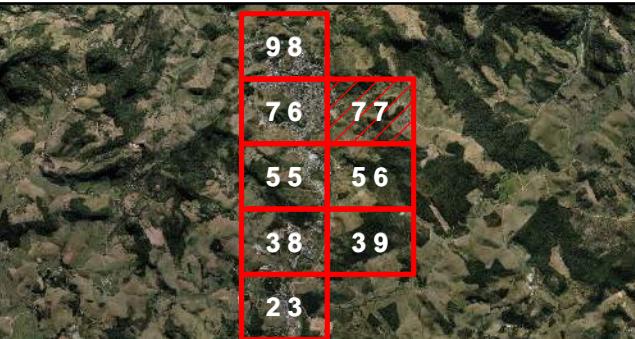
Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Área molhada)

5 anos (82 ha)	30 anos (112 ha)
10 anos (92 ha)	50 anos (118 ha)
20 anos (105 ha)	100 anos (178 ha)
25 anos (109 ha)	

Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Domicílios Atingidos)

5 anos (450 domicílios)
25 anos (760 domicílios)

Índice Espacial



Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Susceptibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000 m

Carta: 77 **Local:** Castelo - ES

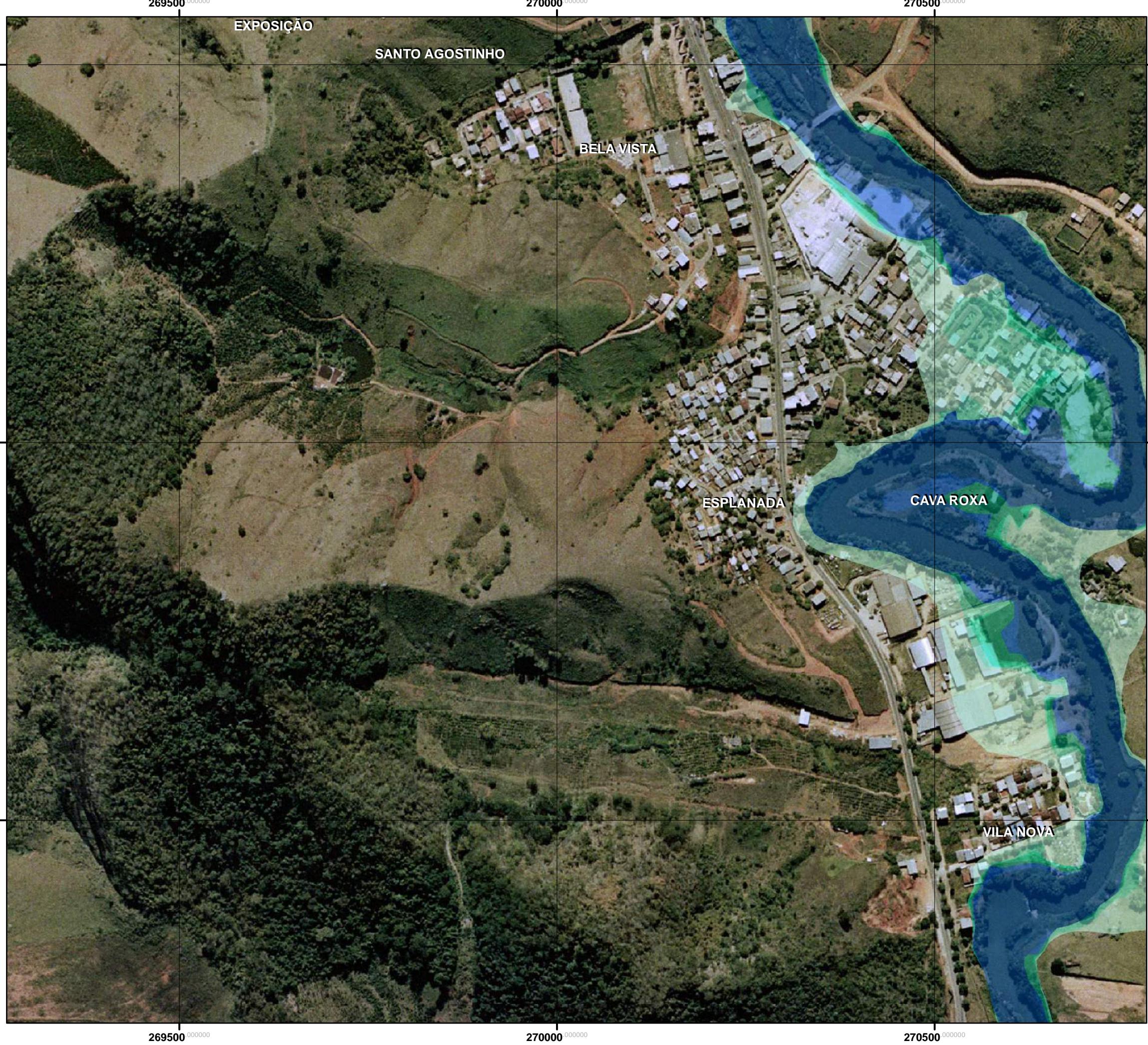
Papel: A3 **Nº:** Anexo I - c

Contratante:

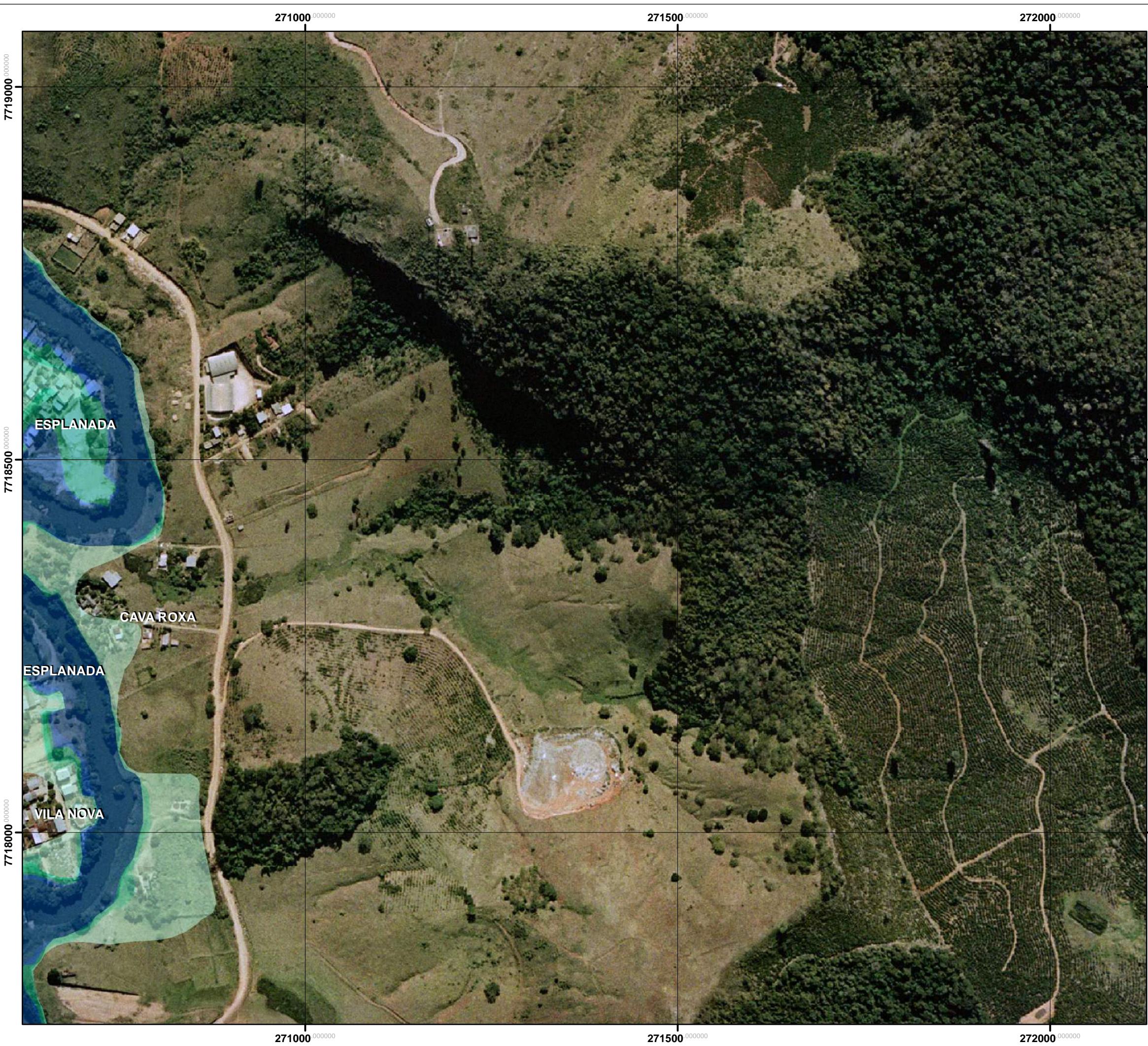
Consórcio:

Zemlya
AVANTEC Engenharia

ANEXO I-d: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 55).



ANEXO I-e: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 56).



ANEXO I-f: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 38).



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

Legenda

Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno
(Área molhada)

5 anos (82 ha)	30 anos (112 ha)
10 anos (92 ha)	50 anos (118 ha)
20 anos (105 ha)	100 anos (178 ha)
25 anos (109 ha)	

Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno
(Domicílios Atingidos)

5 anos (450 domicílios)
25 anos (760 domicílios)

Índice Espacial

9 8		
7 6	7 7	
5 5	5 6	
3 8	3 9	
2 3		

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRÍÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Susceptibilidade à Inundação para a Área
Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000
m

Carta: 38 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Anexo I - f

Contratante:
Consórcio:

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
ESPIRITO SANTO
Crescer é com a gente

AVANTEC
Engenharia

ANEXO I-g: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 39).



ANEXO I-h: Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 23).



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

Legenda

Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Área molhada)

5 anos (82 ha)	30 anos (112 ha)
10 anos (92 ha)	50 anos (118 ha)
20 anos (105 ha)	100 anos (178 ha)
25 anos (109 ha)	

Susceptibilidade à inundação associada ao tempo de retorno (Domicílios Atingidos)

5 anos (450 domicílios)
25 anos (760 domicílios)

Índice Espacial

9 8		
7 6	7 7	
5 5	5 6	
3 8	3 9	
2 3		

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Susceptibilidade à Inundação para a Área Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000 m

Carta: 23 **Local:** Castelo - ES

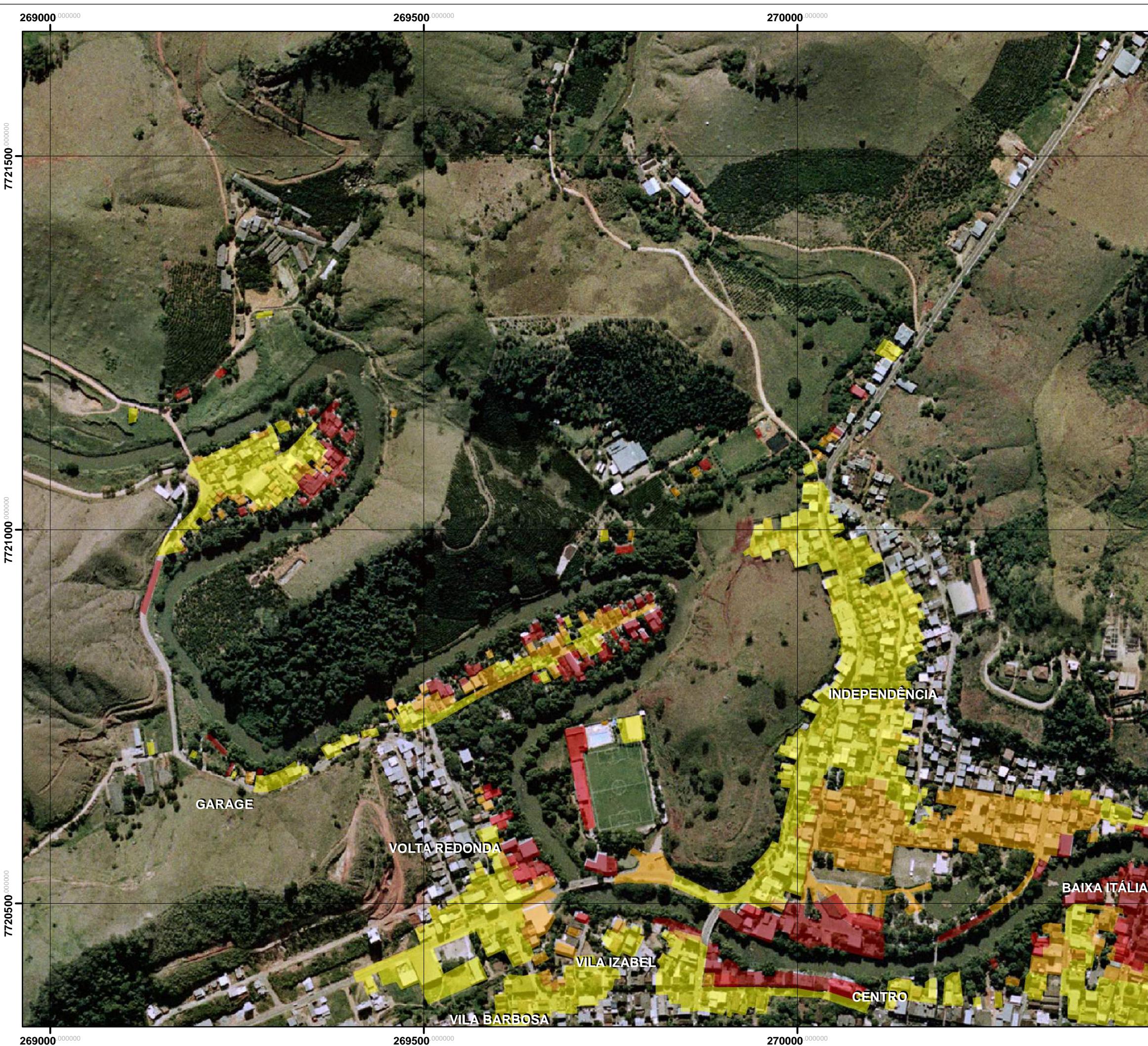
Papel: A3 **Nº:** Anexo I - h

Contratante:
Consórcio:


SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
Crescer é com a gente

AVANTEC
Engenharia

ANEXO II-a: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 98).



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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial

9 8		
7 6	7 7	
5 5	5 6	
3 8	3 9	
2 3		

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Risco à Inundação para a Área
Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000

0 1,500 3,000 6,000 m

Carta: 98 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - a

Contratante:
Consórcio:


SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
ESPIRITO SANTO
CRESCE É COM A GENTE

ANEXO II-b: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 76).



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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial

9 8		
7 6	7 7	
5 5	5 6	
3 8	3 9	
2 3		

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Risco à Inundação para a Área
Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

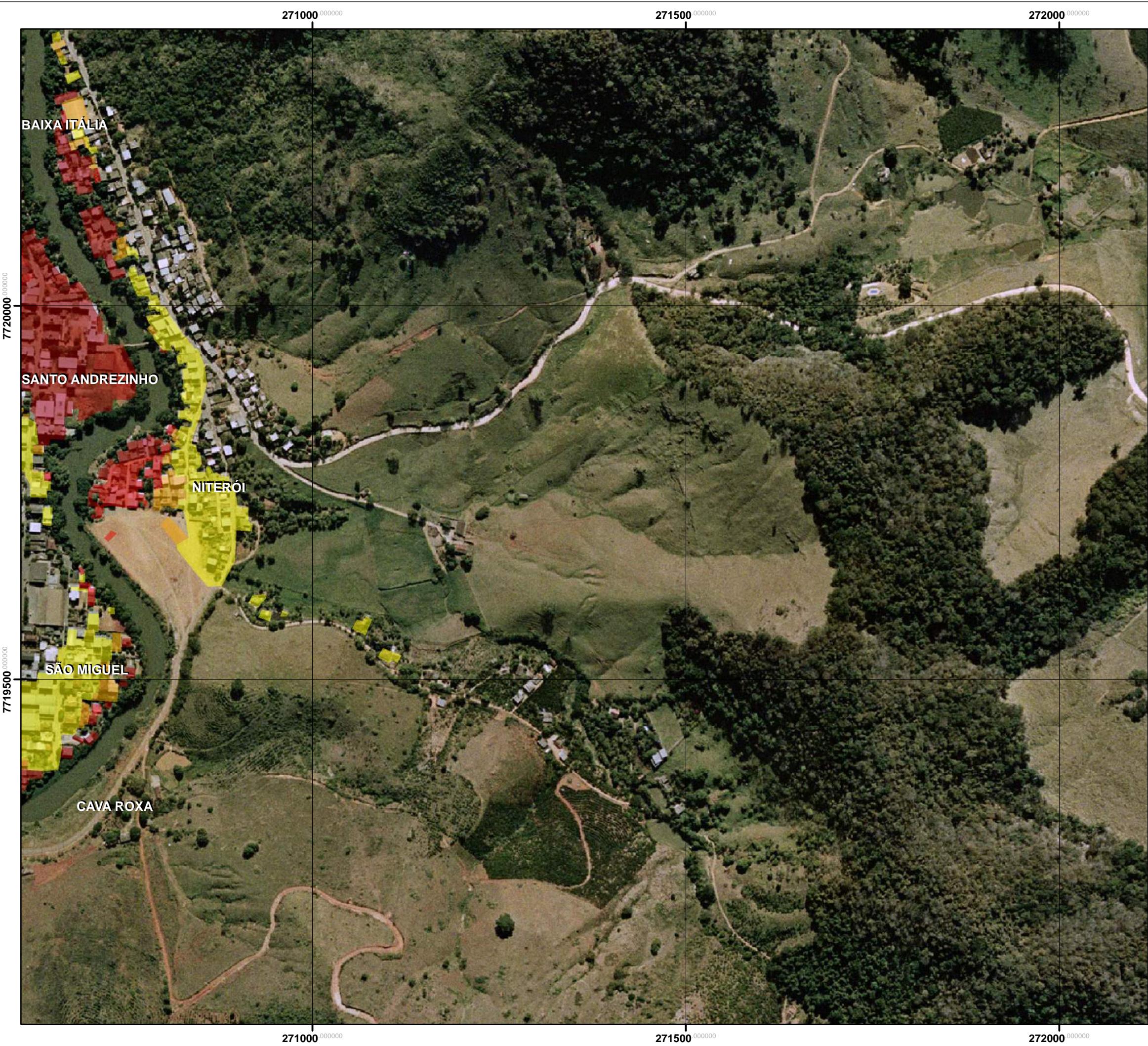
Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000 m

Carta: 76 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - b

Contratante:
Consórcio:
 SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
ESPIRITO SANTO
Crescer é com a gente

ANEXO II-c: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 77).



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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

Amarelo	Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
Laranja	Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
Vermelho	Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
Marrom	Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial

98	
76	77
55	56
38	39
23	

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	Descrição	Data

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Risco à Inundação para a Área
Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000 m

Carta: 77 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - c

Contratante:
Consórcio:

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
Crescer é com a gente

ANEXO II-d: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 55).



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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

- Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
- Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
- Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
- Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial

9 8	
7 6	7 7
5 5	5 6
3 8	3 9
2 3	

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

∅	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRIÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título: Mapa de Risco à Inundação para a Área Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico: Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CRA-ES 3757-D

Elaboração: Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5.000

Carta: 55 Local: Castelo - ES

Papel: A3 *Nº:* Anexo II - d

Contratante: SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO E DESenvolvimento URBANO

Consórcio:  

ANEXO II-e: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 56).



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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

	Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
	Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
	Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
	Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial

9 8	
7 6	7 7
5 5	5 6
3 8	3 9
2 3	

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRÍÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Risco à Inundação para a Área
Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000
m

Carta: 56 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - e

Contratante:
Consórcio:

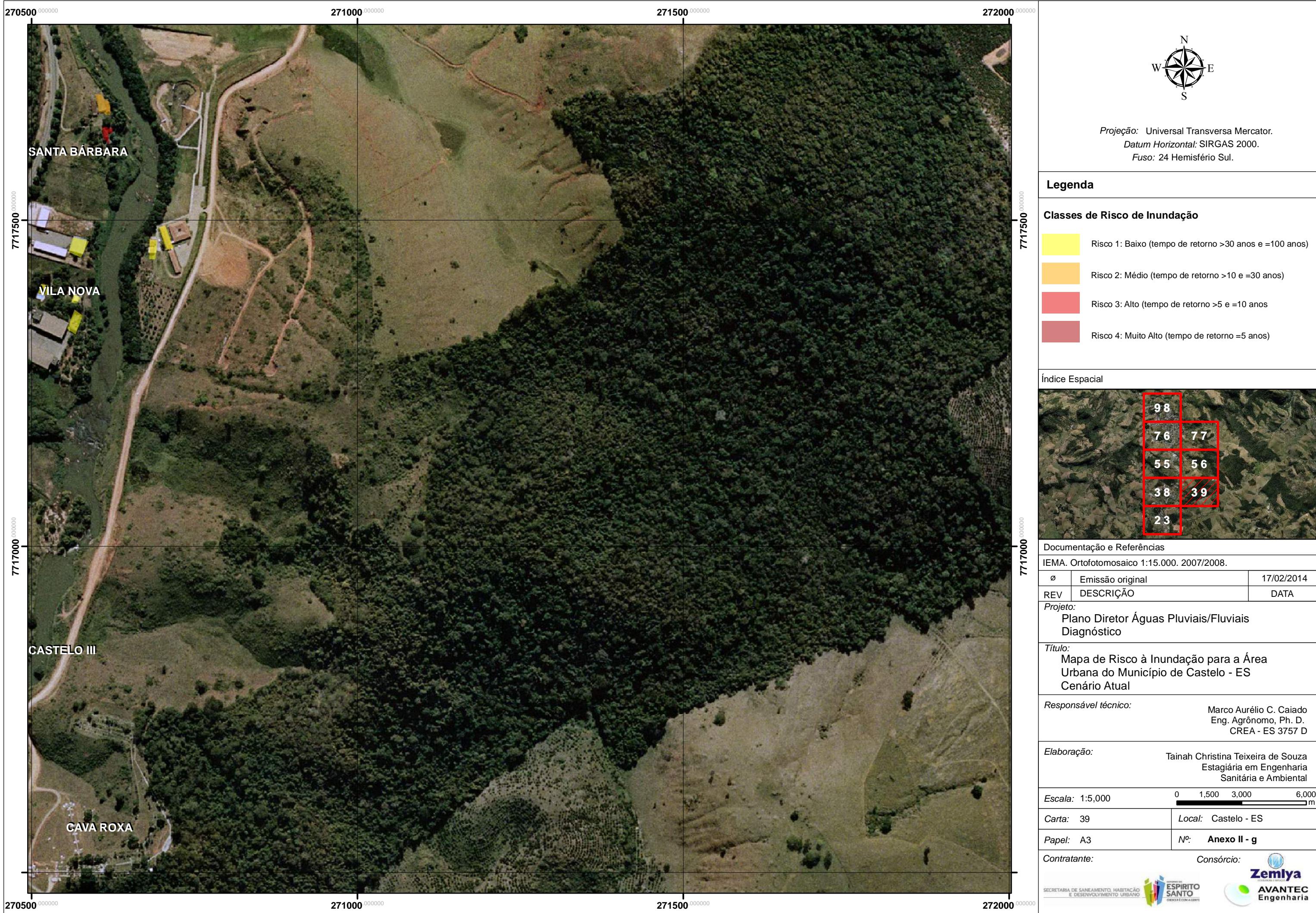

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
Crescer é com a gente

AVANTEC
Engenharia

ANEXO II-f: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 38).



ANEXO II-g: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 39).



ANEXO II-h: Mapa de Risco de Inundação para o município de Castelo-ES no cenário atual (Carta 23).



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

Legenda

Classes de Risco de Inundação

	Risco 1: Baixo (tempo de retorno >30 anos e =100 anos)
	Risco 2: Médio (tempo de retorno >10 e =30 anos)
	Risco 3: Alto (tempo de retorno >5 e =10 anos)
	Risco 4: Muito Alto (tempo de retorno =5 anos)

Índice Espacial

9 8		
7 6	7 7	
5 5	5 6	
3 8	3 9	
2 3		

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Ø	Emissão original	17/02/2014
REV	DESCRÍÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Risco à Inundação para a Área
Urbana do Município de Castelo - ES
Cenário Atual

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:5,000 0 1,500 3,000 6,000
m

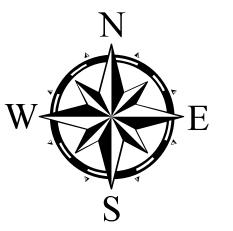
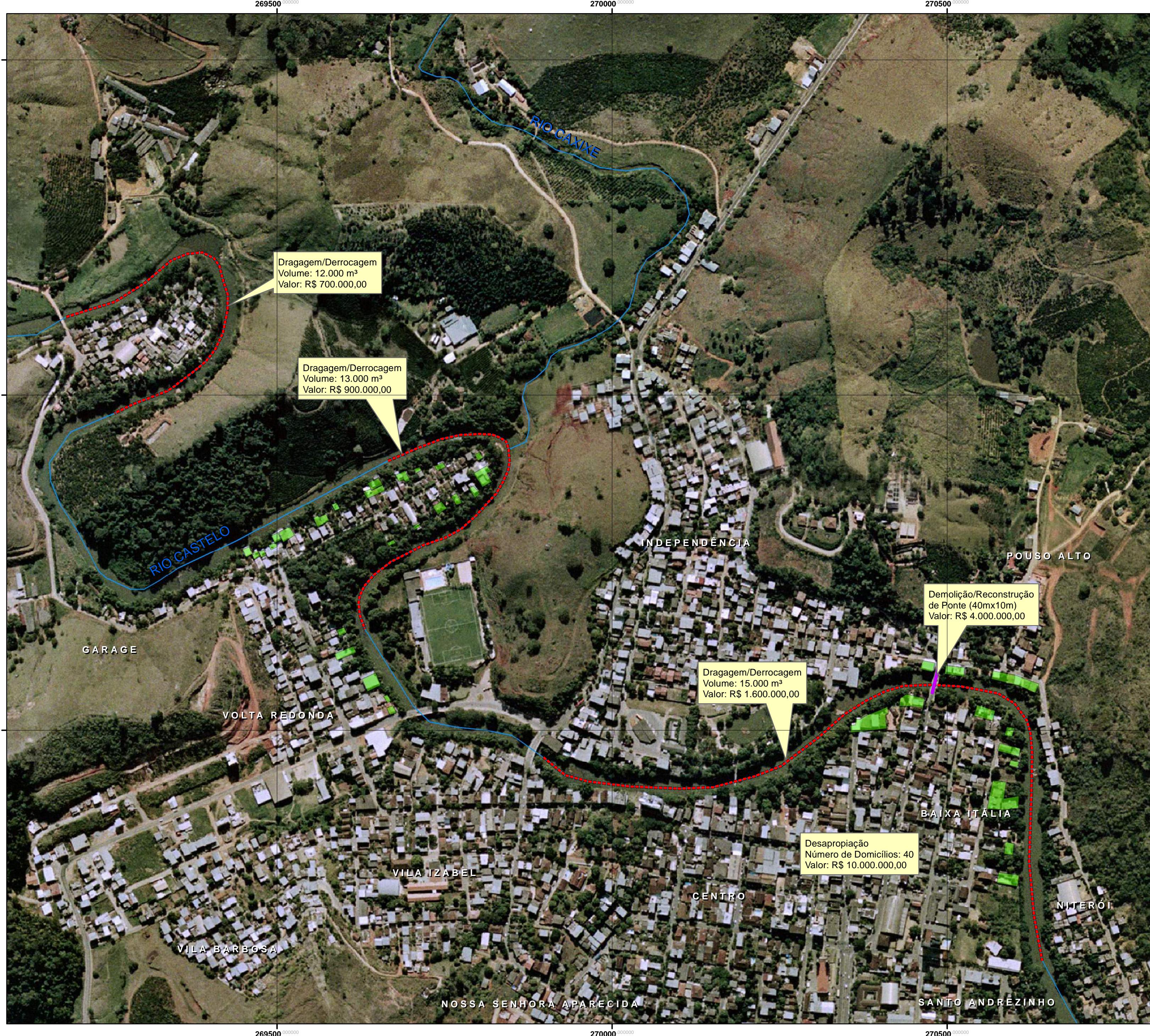
Carta: 23 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Anexo II - h

Contratante:
Consórcio:

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
ESPIRITO SANTO
CRESCE É COM A GENTE

ANEXO III: Mapa de soluções propostas para o município de Castelo no Cenário 1.



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

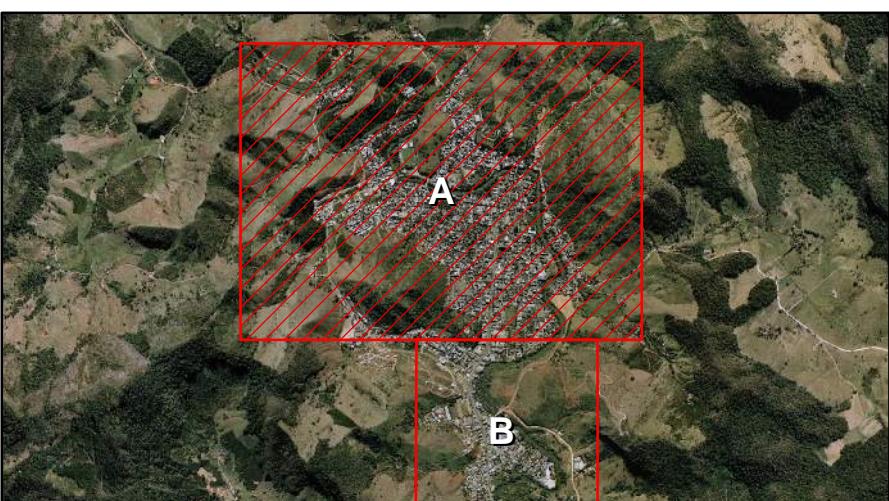
Legenda

- Ponte
- Dragagem/Derrocagem
- Cursos d'água
- Desapropriação

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Índice Espacial



Ø	Emissão original	24/02/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRÍÇÃO	DATA
-----	-----------	------

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Castelo - Cenário 1

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

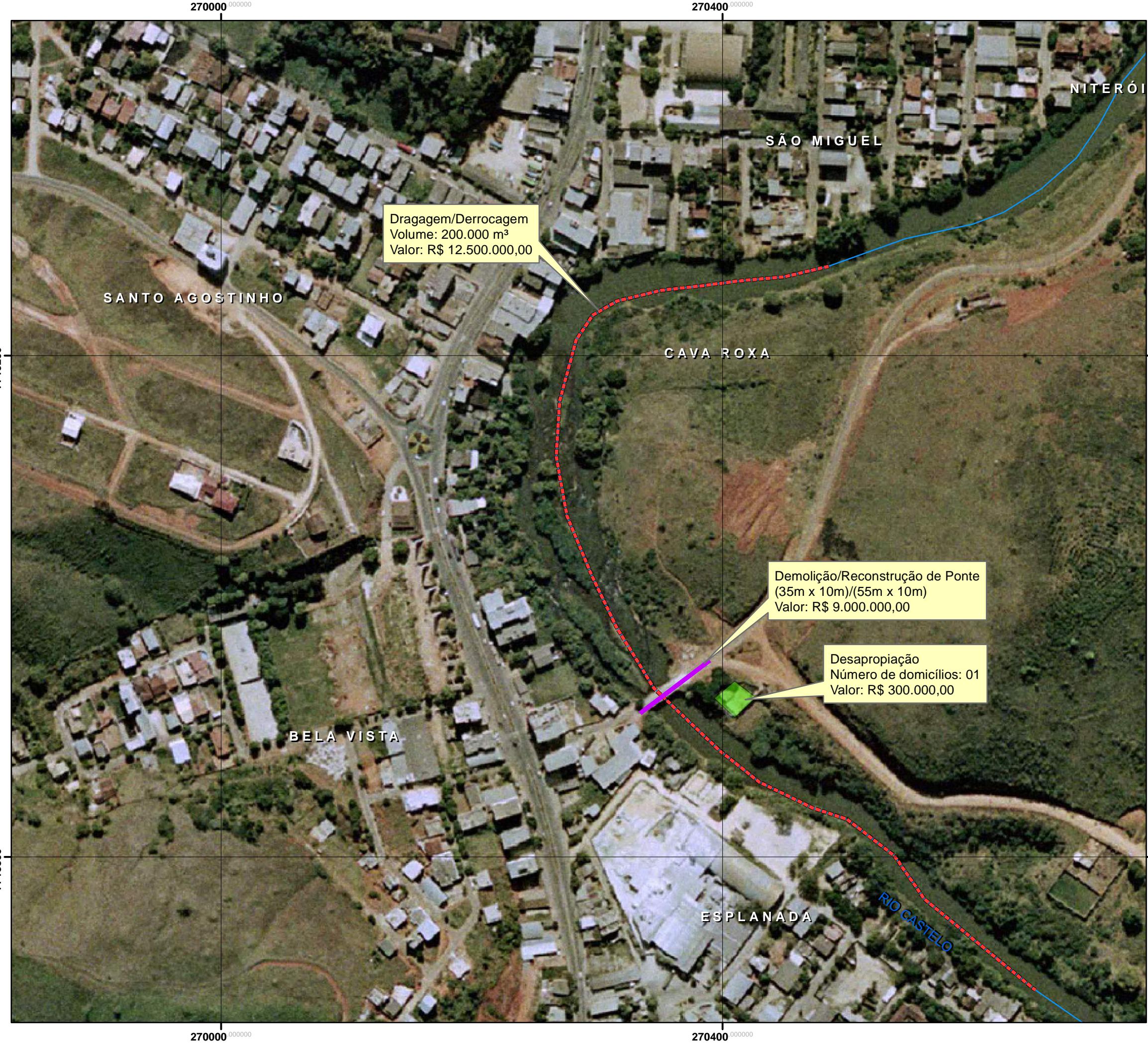
Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:4,000 0 750 1.500 3.000
m

Folha: 1 de 2 Local: Castelo - ES

Papel: A2 Nº: Anexo III-a

Contratante:
Consórcio:
Zemlya
GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
ESPIRITO SANTO
CRESCE E COM A GENTE
AVANTEC
Engenharia



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

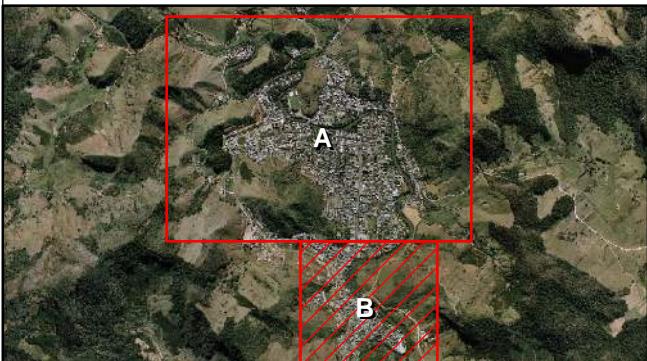
Legenda

- Ponte
- - - Dragagem/Derrocagem
- Desapropriação
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Área detalhada



∅	Emissão original	24/02/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRÍÇÃO	DATA
-----	-----------	------

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Castelo - Cenário 1

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:3,000 0 700 1.400 2.800
m

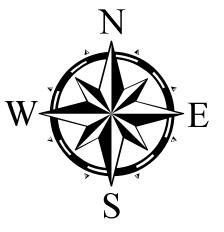
Folha: 2 de 2	Local: Castelo - ES
---------------	---------------------

Papel: A3	Nº: Anexo III-b
-----------	-----------------

Contratante:
Consórcio:

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
ESPIRITO SANTO
Zemlya
AVANTEC
Engenharia

ANEXO IV: Mapa de soluções propostas para o município de Castelo no Cenário 2.



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

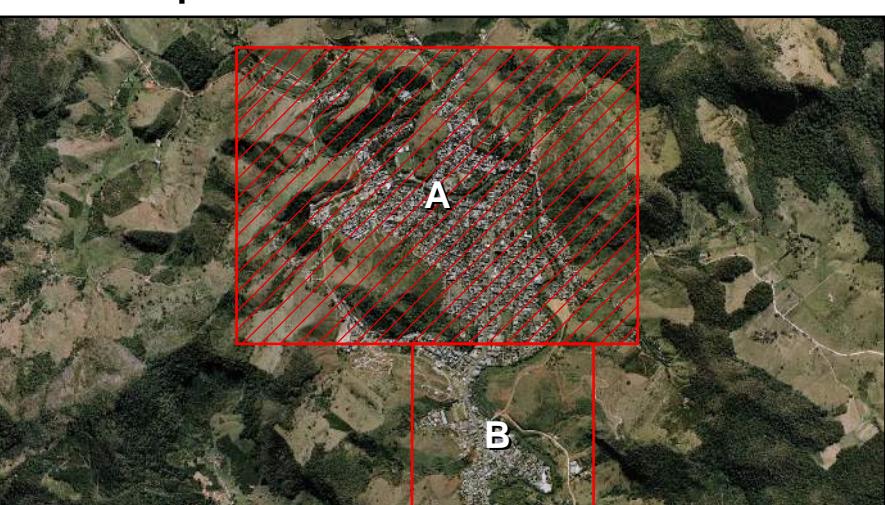
Legenda

- Ponte
- Dique
- Casa de bomba
- Dragagem/Derrocagem
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Índice Espacial



Ø	Emissão original	24/02/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRÍÇÃO	DATA
-----	-----------	------

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Castelo - Cenário 2

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:4,000 0 750 1.500 3.000
m

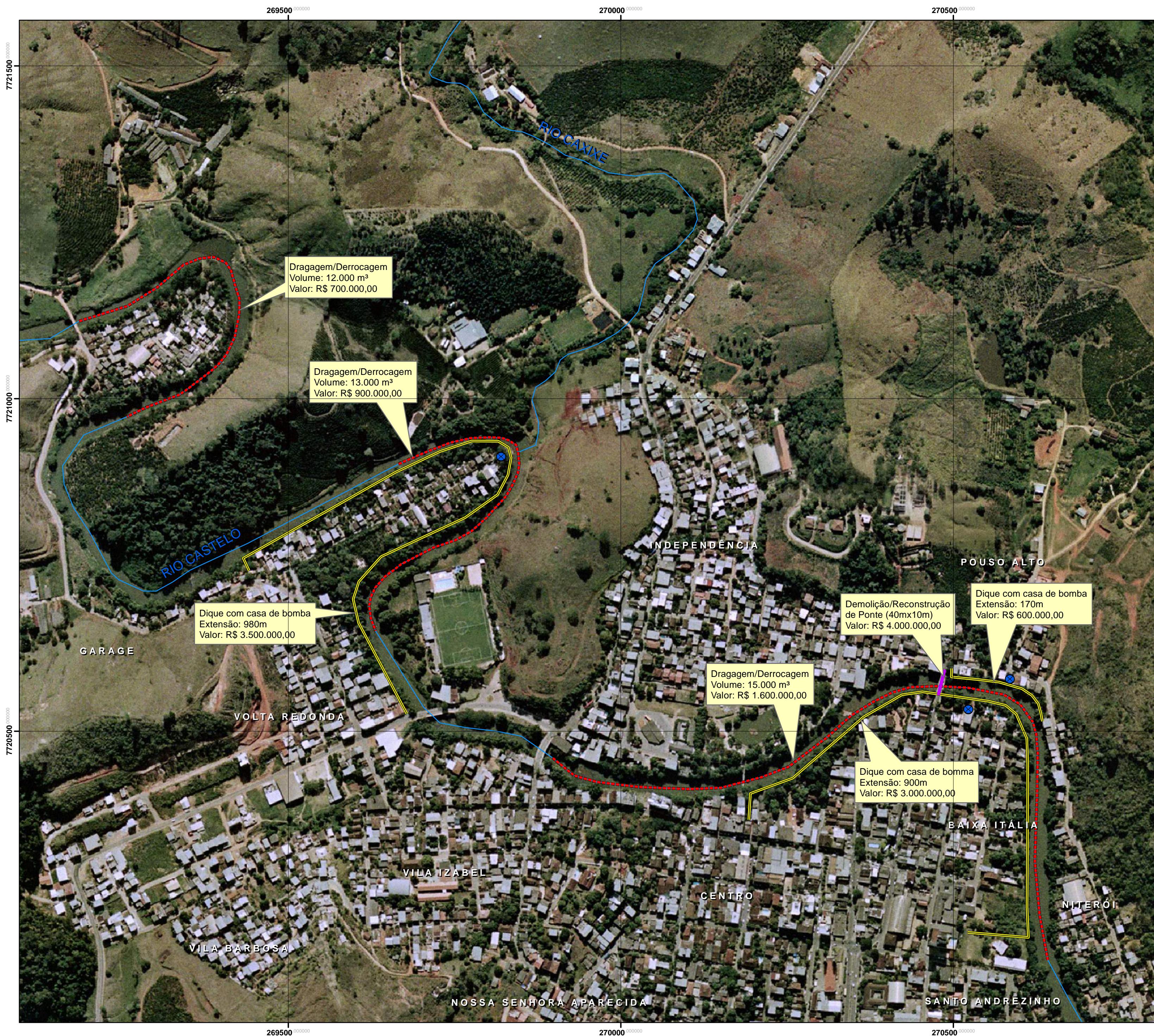
Folha: 1 de 2 Local: Castelo - ES

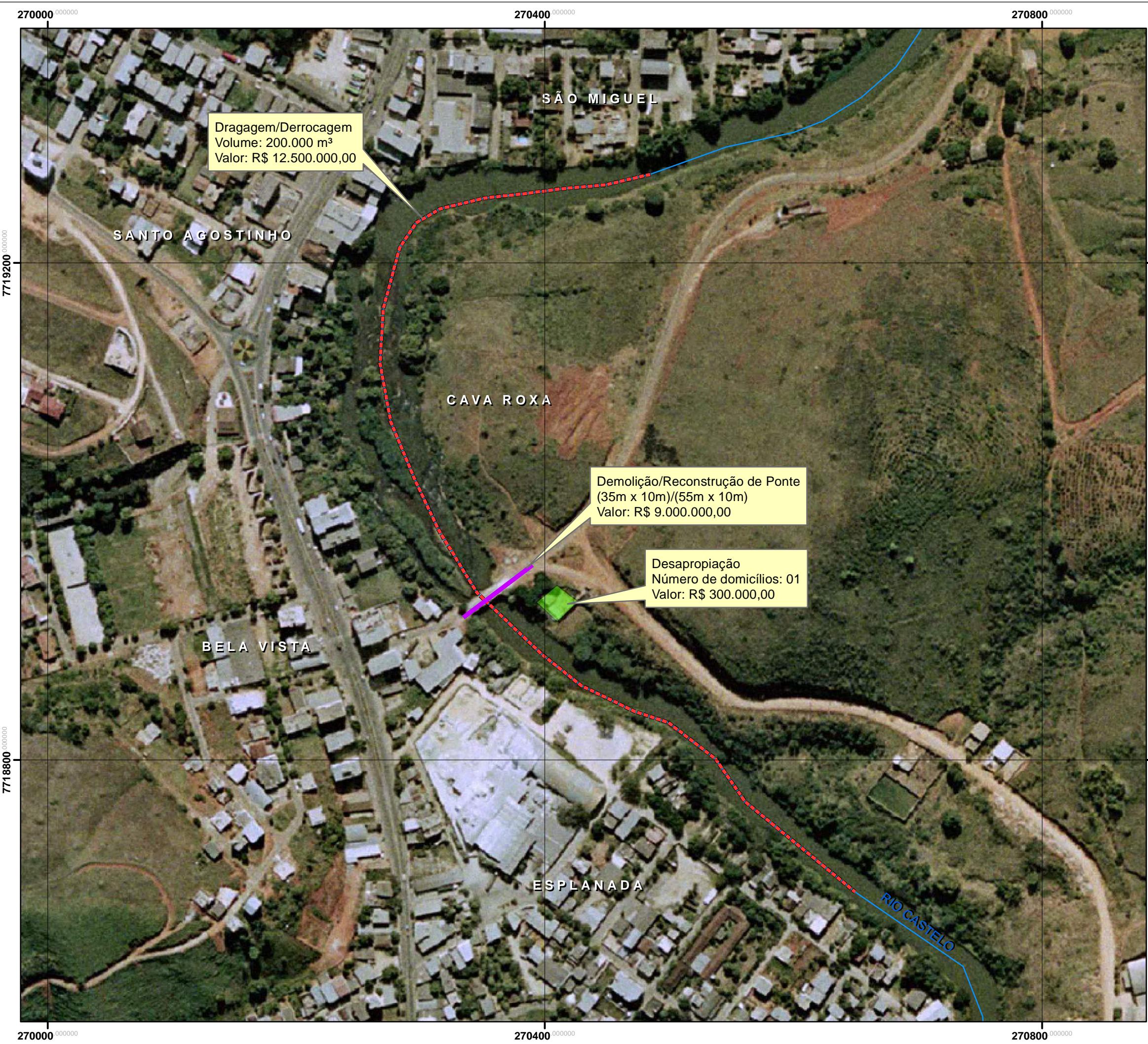
Papel: A2 Nº: Anexo IV-a

Contratante: Consórcio:

Zemlya
GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
ESPIRITO SANTO
CRESCE E COM A GENTE

AVANTEC
Engenharia





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

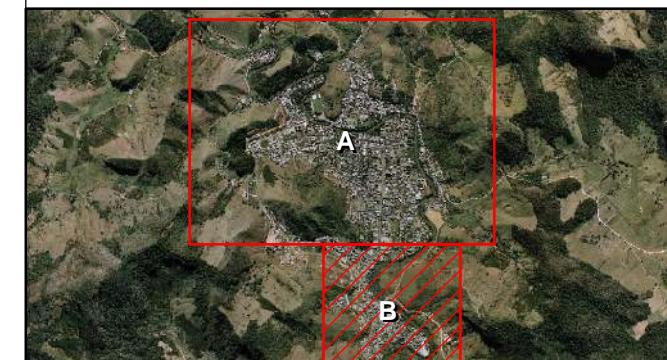
Legenda

- Ponte
- - - Dragagem/Derrocagem
- Desapropriação
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Área detalhada



∅	Emissão original	24/02/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRÍÇÃO	DATA
-----	-----------	------

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Castelo - Cenário 2

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:3.000 0 700 1.400 2.800
m

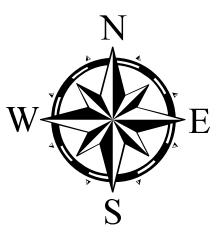
Folha: 2 de 2	Local: Castelo - ES
---------------	---------------------

Papel: A3	Nº: Anexo IV-b
-----------	----------------

Contratante: Consórcio:

Zemlya
ESPIRITO SANTO
AVANTEC
Engenharia

ANEXO V: Mapa de soluções propostas para o município de Castelo no Cenário 3.



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

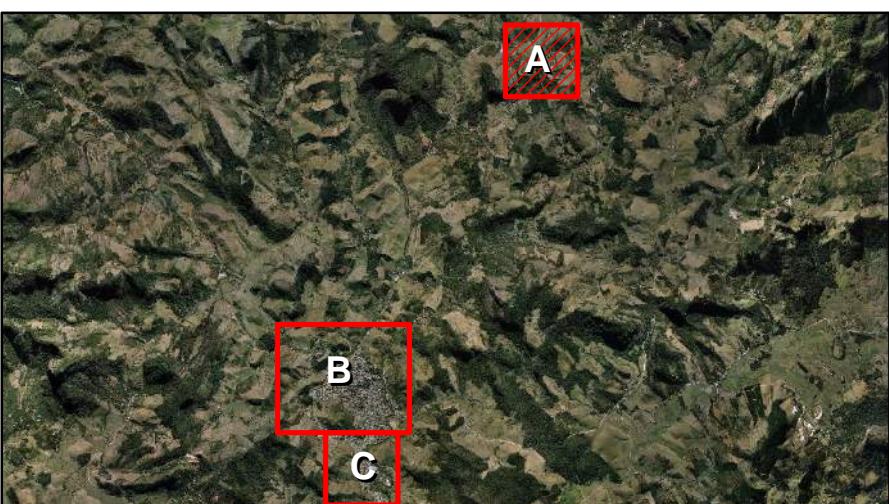
Legenda

- Barragem
- Área temporariamente alagada
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Índice Espacial



Ø	Emissão original	24/02/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRIPÇÃO	DATA
-----	------------	------

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Castelo - Cenário 2

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

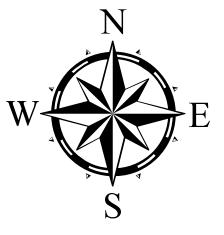
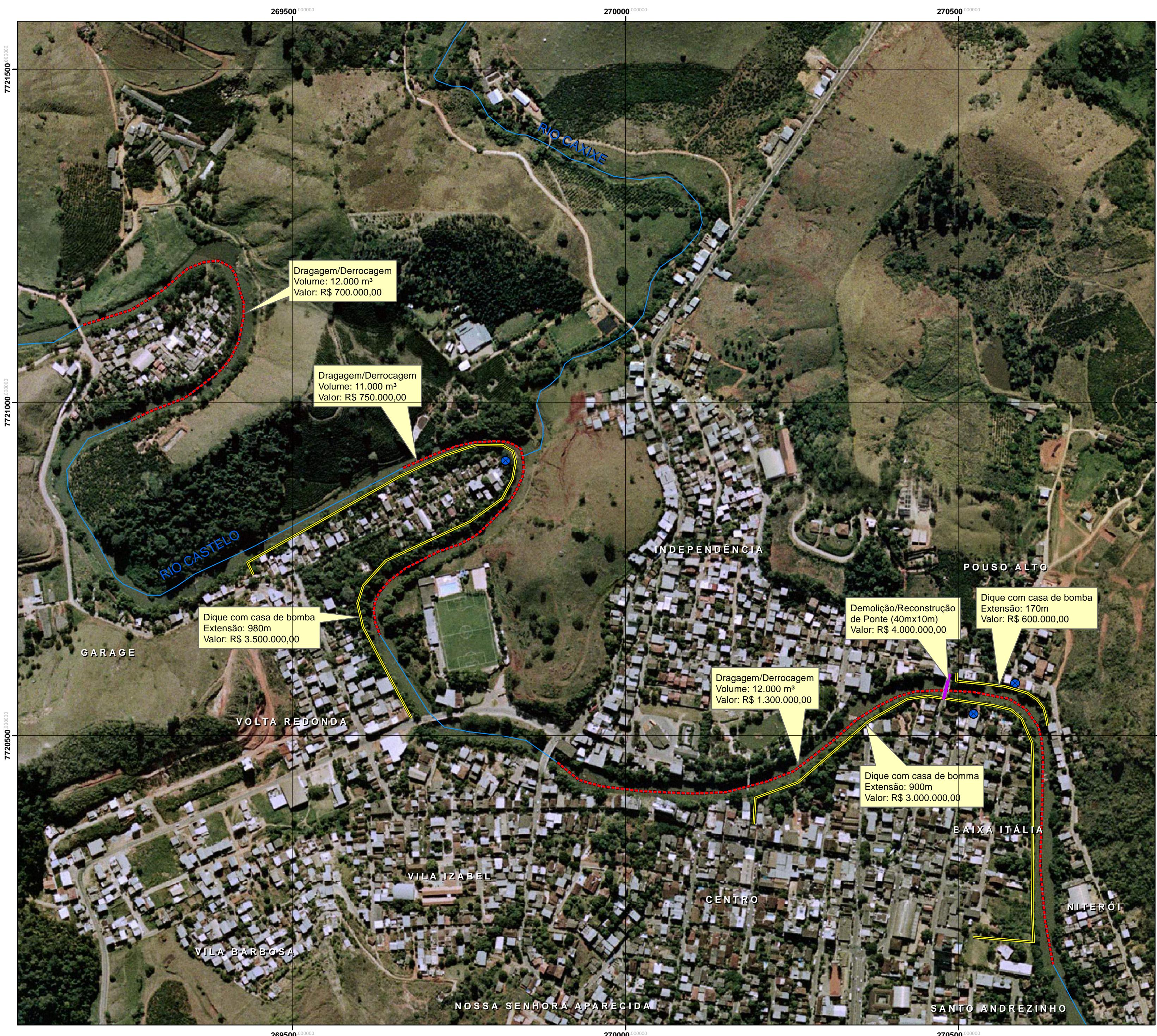
Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:7.000 0 2,250 4,500 9,000 m

Folha: 1 de 2	Local: Castelo - ES
---------------	---------------------

Papel: A3	Nº: Anexo V-a
-----------	---------------

Contratante:
Consórcio:
Zemlya
GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO
AVANTEC
Engenharia



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

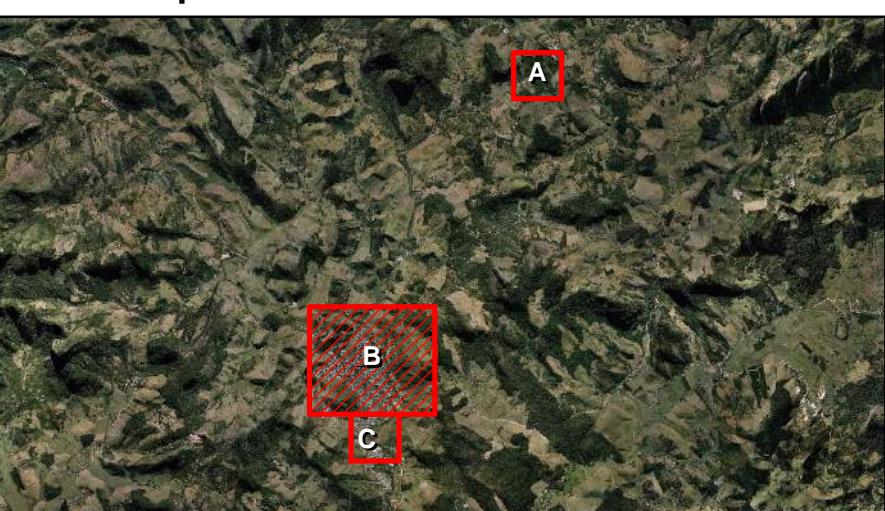
Legenda

- Ponte
- Dique
- Casa de bomba
- Dragagem/Derrocagem
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Índice Espacial



∅	Emissão original	24/02/2014
REV	DESCRIPÇÃO	DATA

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Castelo - Cenário 3

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

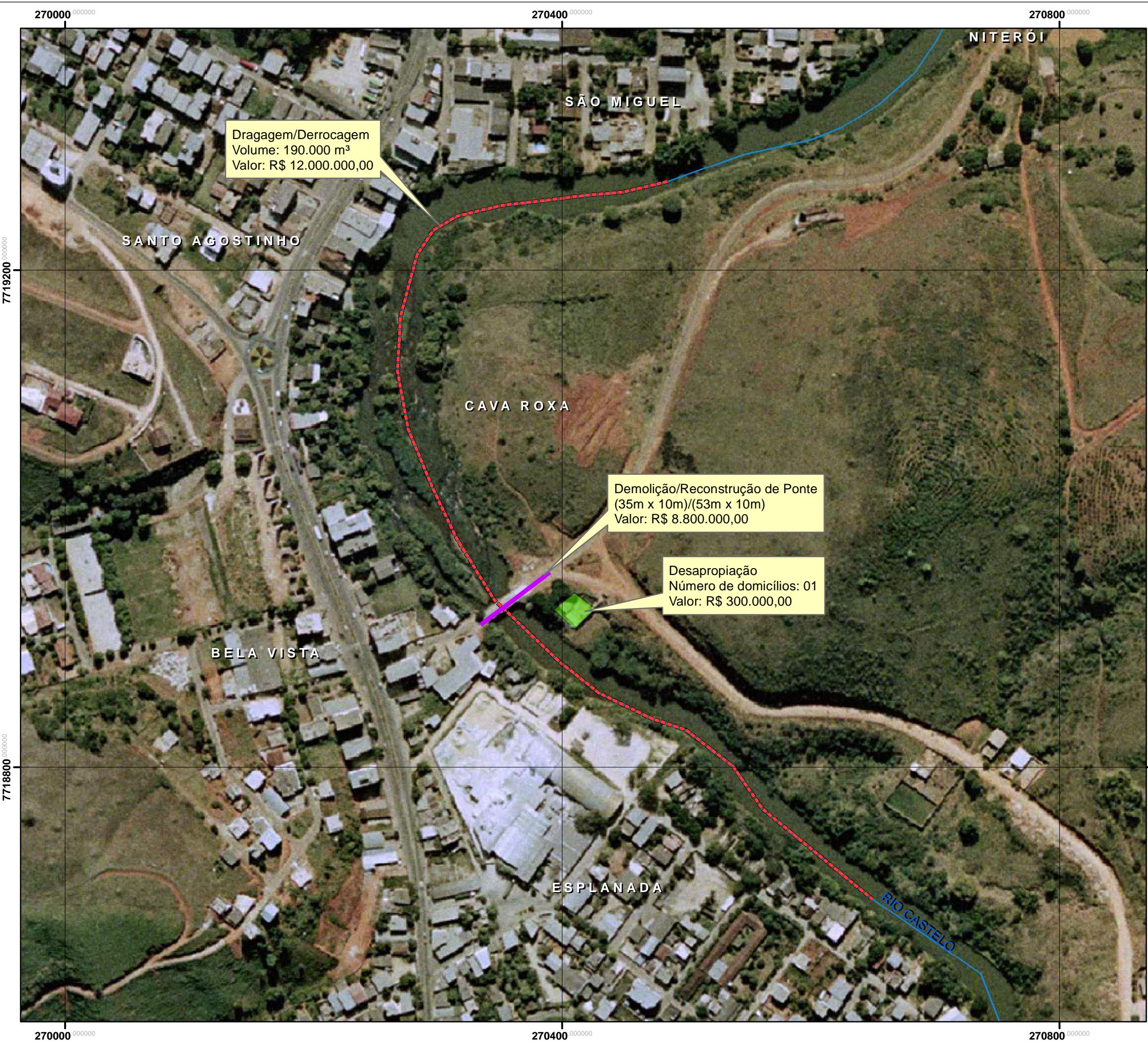
Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:4,000 0 2,250 4,500 9,000
m

Folha: 1 de 2 Local: Castelo - ES

Papel: A3 Nº: Anexo V-b

Contratante: Consórcio:



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

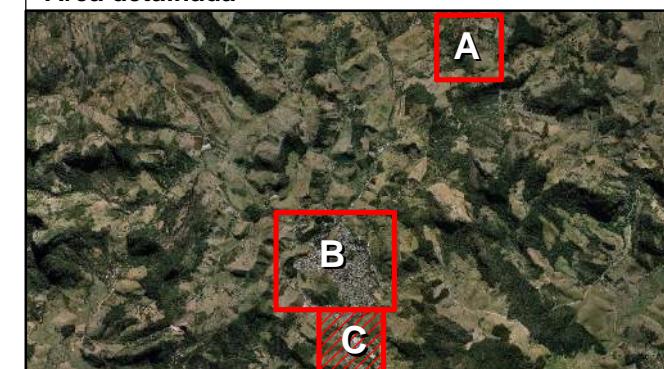
Legenda

- Ponte
- - - Dragagem/Derrocagem
- Desapropriação
- Cursos d'água

Documentação e Referências

IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.

Área detalhada



∅	Emissão original	24/02/2014
---	------------------	------------

REV	DESCRÍÇÃO	DATA
-----	-----------	------

Projeto:
Plano Diretor Águas Pluviais/Fluviais
Diagnóstico

Título:
Mapa de Intervenções e Soluções Construtivas
de Castelo - Cenário 3

Responsável técnico:
Marco Aurélio C. Caiado
Eng. Agrônomo, Ph. D.
CREA - ES 3757 D

Elaboração:
Tainah Christina Teixeira de Souza
Estagiária em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Escala: 1:3,000 0 1,550 3,100 6,200
m

Folha: 2 de 2	Local: Castelo - ES
---------------	---------------------

Papel: A3	Nº: Anexo V-c
-----------	---------------

Contratante:
Consórcio:

SECRETARIA DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO URBANO

Zemlya

AVANTEC
Engenharia