



**METROPLAN**

Fundação Estadual de Planejamento  
Metropolitano e Regional

## DIAGNÓSTICO

Estudos de concepção e anteprojetos de engenharia para RDC contratação integrada (Lei nº 12462/2011) para proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre-RS



Julho | 2016  
Canoas | RS



## APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico intitula-se Diagnóstico e corresponde a entrega do Produto nº 13. O mesmo visa atender aos preceitos estipulados pelo Termo de Compromisso nº 0402.492-52/2012, processo administrativo nº 000688-22.64/14-0 e Contrato de Prestação de Serviços nº 001/2015 firmado entre: Serviços Técnicos de Engenharia (doravante denominada STE S.A.) e a Contratante Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (doravante denominada METROPLAN). O instrumento contratual que regula os serviços foi originado a partir do processo licitatório vinculado ao Edital Concorrência denominado Estudos de Concepção e Anteprojetos de Engenharia para o Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC) contratação integrada (Lei Federal nº 12.462/2011) de Proteção contra Cheias do rio Gravataí e Afluentes em Alvorada e Porto Alegre e respectivos Anexos, do qual a empresa STE S.A. resultou vencedora.

O prazo foi prorrogado de acordo com o 1º aditivo (ofício nº 013/2015), solicitado em 14 de setembro de 2015, para 20 de janeiro de 2016. Em 17 de novembro de 2015 (ofício nº 018/2015) prorrogou-se o prazo para 20 de julho de 2016. E por meio do ofício nº 022/2016, datado de 17 de junho de 2016 o prazo foi alterado para 20 de dezembro de 2016.



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1 SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERESSE .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3 DIRETRIZES GERAIS .....</b>	<b>17</b>
<b>4 DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>19</b>
4.1 PLANEJAMENTO URBANO E INFRAESTRUTURA.....	19
4.1.1 <i>Sustentabilidade do desenvolvimento urbano e rural sobre os corpos d'água...</i>	20
4.1.1.1 Planos Diretores.....	21
4.1.1.2 Legislação Ambiental.....	28
4.1.1.3 Aglomerados Subnormais.....	30
4.1.1.4 Considerações.....	31
4.1.2 <i>Relação entre o desenvolvimento urbano e as inundações ribeirinhas e drenagem pluvial urbana com base nas machas atuais e futuras de inundações.....</i>	32
4.1.3 <i>Avaliação da vulnerabilidade às inundações .....</i>	36
4.1.3.1 Históricos das Cheias entre 1990 a 2015 .....	36
4.1.3.2 Mapeamento dos locais de inundação baseado em eventos históricos.....	38
4.1.3.3 Zonas sujeitas a riscos de inundações .....	39
4.2 DRENAGEM URBANA E INUNDAÇÕES RIBEIRINHAS .....	40
4.2.1 <i>Análise dos estudos realizados para a bacia hidrográfica .....</i>	40
4.2.2 <i>Identificação das principais inundações ocorridas na ultima década e prejuízos estimados.....</i>	55
4.2.3 <i>Mapeamento dos locais de inundação.....</i>	55
4.2.4 <i>Inundações Ribeirinhas: serão analisados os impactos das inundações proveniente do Delta do Jacuí e, em especial do rio Gravataí.....</i>	55
4.2.4.1 Critérios Metodológicos Adotados .....	57
4.2.4.2 Elaboração da Base Topográfica e Batimétrica Para os Estudos Hidrológicos Realizados.....	59
4.2.5 <i>Drenagem Pluvial Urbana: Análise das inundações devido a chuvas locais sobre a drenagem urbana local.....</i>	86
4.2.5.1 Equação Intensidade-Duração-Frequência para Área de Estudo .....	87
4.2.5.2 Potencial de Geração de Escoamento Superficial: Determinação do Parâmetro <i>Curve Number</i> (CN).....	94
4.2.5.3 Subdivisão das Bacias Urbanas na Área de Estudo.....	101
4.2.5.4 Vazões Máximas e Hidrogramas de Projetos para Diferentes Tempos de Recorrências na Bacias Urbanas .....	108
4.2.5.5 Propagação dos Hidrogramas de Projetos nos Cursos de Águas Afluentes ao rio Gravataí e suas Manchas de Inundações para diferentes tempos de retornos .....	113
4.2.6 <i>Aspectos Ambientais.....</i>	127





4.2.6.1	Processos Erosivos.....	128
4.2.6.2	Análise da Qualidade de Água.....	134
4.3	ESGOTO SANITÁRIO.....	142
4.3.1	<i>Porto Alegre</i> .....	142
4.3.2	<i>Alvorada</i> .....	150
4.4	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	156
4.4.1	<i>Alvorada</i> .....	157
4.4.2	<i>Porto Alegre</i> .....	164
4.4.3	<i>Registro Fotográfico</i> .....	168
4.5	CENÁRIOS DE IMPACTOS E ASPECTOS INTEGRADOS.....	171
<b>5</b>	<b>COMPLEMENTAÇÕES DO RELATÓRIO BASE DE DADOS.....</b>	<b>177</b>
5.1	ALVORADA.....	177
5.2	PORTO ALEGRE.....	179
<b>6</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>181</b>
<b>7</b>	<b>CRONOGRAMA.....</b>	<b>182</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>184</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>190</b>



**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO ..... 12

FIGURA 2. SITUAÇÃO DA ÁREA DA MODELAGEM ..... 14

FIGURA 3. SITUAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO ..... 15

FIGURA 4. ZONEAMENTO DOS PLANOS DIRETORES ..... 24

FIGURA 5. ZONAS DE PRESERVAÇÃO ESTABELECIDAS PELOS PLANOS DIRETORES NA AEH E USO DO SOLO.... 25

FIGURA 6. ÁREAS DE CONFLITO ENTRE O USO PLANEJADO E O ATUAL ..... 27

FIGURA 7. APPS DE CURSO D’ÁGUA, AGLOMERADOS SUBNORMAIS E SEUS RESPECTIVOS USOS DO SOLO..... 29

FIGURA 8. USOS DO SOLO ENCONTRADOS NAS APPS DE CURSO D’ÁGUA ..... 29

FIGURA 9. ÁREAS DE CONFLITO EM APP ..... 30

FIGURA 10. AGLOMERADOS SUBNORMAIS ..... 31

FIGURA 11. EVOLUÇÃO DA MANCHA URBANA NA AEH ..... 34

FIGURA 12. COMPARAÇÃO ENTRE AS MANCHAS DE INUNDAÇÃO ..... 35

FIGURA 13. PLANTA GERAL..... 41

FIGURA 14. CONCEPÇÃO GERAL DO SISTEMA ..... 42

FIGURA 15. RISCO ÀS ENCHENTES DO ARROIO FEIJÓ ..... 43

FIGURA 16. MAPA DE ÍNDICE DO ATENDIMENTO DE ESGOTO..... 44

FIGURA 17. AEROLEVANTAMENTO DE PORTO ALEGRE (ÁREA PRÓXIMA AO ARROIO FEIJÓ)..... 45

FIGURA 18. MAPEAMENTO DAS ZONAS INUNDÁVEIS NO ENTORNO DO ARROIO FEIJÓ - CENÁRIO ATUAL ..... 46

FIGURA 19. ZONA DE OCUPAÇÃO RESTRITA ..... 48

FIGURA 20. ORGANOGRAMA PROPOSTO PELO PLACON ..... 49

FIGURA 21. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO..... 50

FIGURA 22. ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO ..... 51

FIGURA 23. SÉRIE DE NÍVEIS MÁXIMOS ANUAIS NO LAGO GUAÍBA ENTRE 1899-2013..... 52

FIGURA 24. ALCANCE DA CHEIA DO ANO DE 1941..... 52

FIGURA 25. MAPA DA QUARTA FAIXA..... 53

FIGURA 26. LOCALIZAÇÃO DAS RUAS LATERAIS..... 54

FIGURA 27. CURVAS DE NÍVEL DO SRTM..... 60

FIGURA 28. COBERTURA ALTIMÉTRICA FORNECIDA PELO PSA..... 61

FIGURA 29. COBERTURA UTILIZADA DA BASE CORSAN..... 62

FIGURA 30. CURVAS DE NÍVEL DE CANOAS..... 63

FIGURA 31. PORÇÃO DA AEH CONTEMPLADA PELO LEVANTAMENTO DO AERO DE PORTO ALEGRE..... 64

FIGURA 32. CURVAS DE NÍVEL E PONTOS COTADOS DA RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA ..... 65

FIGURA 33. SEÇÕES TOPOBATIMÉTRICAS UTILIZADAS NA ELABORAÇÃO DO MNT..... 66

FIGURA 34. DADOS HISTÓRICOS DOS NÍVEIS MÁXIMOS REGISTRADOS NO LAGO GUAÍBA, NA. DATUM VERTICAL  
IMBITUBA IBGE ..... 69

FIGURA 35. AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DE EXTREMO TIPO LOG-PEARSON III, EM PAPEL  
PROBABILÍSTICO WEIBULL, PARA OS REGISTROS HISTÓRICOS DOS NA NO LAGO GUAÍBA (DATUM VERTICAL  
IMBITUBA IBGE) ..... 70

FIGURA 36. HISTOGRAMA DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA DAS ESTAÇÕES SAPUCAIA DO SUL, GLORINHA,  
AGROPECUÁRIA ANJÚ, FAZENDA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO, LOMBAS E PORTO ALEGRE SOBRE A  
BACIA DO RIO GRAVATAÍ NO EVENTO DE JULHO DE 2015 ..... 71

FIGURA 37. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS SOBRE A BACIA DO RIO GRAVATAÍ ..... 71





FIGURA 38. CALIBRAÇÃO DO COEFICIENTE DE MANNING E VAZÃO MÁXIMA DO RIO GRAVATAÍ NO EVENTO DE CHEIA DE JULHO 2015, ATRAVÉS DA LINHA DE ÁGUA SIMULADA E MARCAS DE CHEIAS MÁXIMAS LEVANTADAS EM CAMPO NO MESMO EVENTO DE JULHO DE 2015 .....	72
FIGURA 39. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA DO RIO GRAVATAÍ EM 2015.....	73
FIGURA 40. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS COM DADOS DISPONÍVEIS NA REGIÃO EM ESTUDO	74
FIGURA 41. CURVA CHAVE DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA PASSO DAS CANOAS AUXILIAR .....	76
FIGURA 42. CURVA CHAVE DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA PASSO DAS CANOAS (87400000) .....	76
FIGURA 43. AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICAS DE EXTREMOS TIPO LOG-PEARSON III PARA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA PASSO DAS CANOAS (87400000), PAPEL WEIBULL .....	77
FIGURA 44. ÁREAS DE ABRANGÊNCIA INSERIDA NO HEC-RAS PARA MODELAGEM HIDRODINÂMICA NÃO-PERMANENTE.....	78
FIGURA 45. EXEMPLO DA LINHA DE ÁGUA DE SAÍDA HEC-RAS APÓS A MODELAGEM. RESULTADO DA CHEIA DE 2015 PARA NÍVEIS MÁXIMOS DE ÁGUA CALCULADOS .....	79
FIGURA 46. PONTES SOB O RIO GRAVATAÍ INSERIDAS NO MODELO HEC-RAS .....	80
FIGURA 47. LINHAS DE ÁGUA AO LONGO DO RIO GRAVATAÍ PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO .....	81
FIGURA 48. LINHAS DE ÁGUA AO LONGO DO RIO GRAVATAÍ PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO COMPARADAS AO EVENTO DE 2015 .....	81
FIGURA 49. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA DO RIO GRAVATAÍ COM TR 2 ANOS.....	82
FIGURA 50. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA DO RIO GRAVATAÍ COM TR 10 ANOS.....	83
FIGURA 51. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA DO RIO GRAVATAÍ COM TR 25 ANOS.....	84
FIGURA 52. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA DO RIO GRAVATAÍ COM TR 50 ANOS.....	85
FIGURA 53. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA DO RIO GRAVATAÍ COM TR 100 ANOS.....	86
FIGURA 54. ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EMPREGADAS PARA DEFINIÇÃO DA EQUAÇÃO IDF NA ÁREA DE ESTUDO HIDROLÓGICO .....	88
FIGURA 55. DADOS PLUVIOMÉTRICOS MÁXIMOS PARA A ESTAÇÃO AEROPORTO, CANOAS, CACHOEIRINHA E 8º DISME NO PERÍODO DE 1975 A 2014 .....	90
FIGURA 56. RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO MÁXIMA ANUAL COM A MÉDIA DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DISPONÍVEIS PARA A ESTAÇÃO AEROPORTO, CANOAS, CACHOEIRINHA E 8º DISME.....	90
FIGURA 57. POLÍGONOS DE THIESSSEN SOBRE A AEH .....	92
FIGURA 58. AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DE EXTREMOS TIPO I GUMBEL DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA ANUAL (1975-2014) DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA CACHOEIRINHA .....	93
FIGURA 59. COMPARAÇÃO ENTRE AS EQUAÇÕES IDF CACHOEIRINHA, IPH E AEROPORTO ANTIGA E ATUAL PARA DURAÇÃO DE EVENTOS DE 1 HORA E DIFERENTES TEMPO DE RETORNO.....	94
FIGURA 60. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO ADOTADO PARA ESTABELEECER O CN NA ÁREA DE ESTUDO HIDROLÓGICO .....	95
FIGURA 61. AMOSTRAGEM DE AI PARA DIFERENTES OCUPAÇÕES EM ALVORADA E PORTO ALEGRE E SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DE INTERESSE PARA O ESTUDO.....	98
FIGURA 62. RELAÇÃO HABITACIONAL X AI .....	99
FIGURA 63. RELAÇÃO ÁREA IMPERMEÁVEL (AI) COM CN .....	99
FIGURA 64. RELAÇÃO HABITACIONAL (HAB/HA) X CN .....	99
FIGURA 65. SUBDIVISÃO DAS BACIAS DOS ARROIOS SANTO AGOSTINHO E FEIJÓ.....	102
FIGURA 66. SUBDIVISÃO DA BACIA DO ARROIO SÃO JOÃO .....	103
FIGURA 67. SUBDIVISÃO DA BACIA DO ARROIO ÁGUAS BELAS.....	104
FIGURA 68. SUBDIVISÃO DA BACIA DO DISTRITO INDUSTRIAL .....	105



FIGURA 69. HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA Tr 25 ANOS, CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, PARA O ARROIO FEIJÓ .....	108
FIGURA 70. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO SANTO AGOSTINHO .....	113
FIGURA 71. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO FUTURA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO SANTO AGOSTINHO .....	113
FIGURA 72. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO FEIJÓ .....	114
FIGURA 73. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO FUTURA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO FEIJÓ .....	114
FIGURA 74. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO FUTURA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO SÃO JOÃO .....	114
FIGURA 75. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO FUTURA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO SÃO JOÃO .....	115
FIGURA 76. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO ÁGUAS BELAS .....	115
FIGURA 77. LINHA DE ÁGUA MÁXIMA OBTIDA PELA PROPAGAÇÃO DOS HIDROGRAMAS DE PROJETO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO, PARA CONDIÇÃO FUTURA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO ARROIO ÁGUAS BELAS .....	115
FIGURA 78. HIDROGRAMAS VERIFICADOS EM DIFERENTES SEÇÕES NO ARROIO SANTO AGOSTINHO PARA Tr 25 ANOS E CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO.....	116
FIGURA 79. HIDROGRAMAS VERIFICADOS EM DIFERENTES SEÇÕES NO ARROIO FEIJÓ PARA Tr 25 ANOS E CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO .....	116
FIGURA 80. HIDROGRAMAS VERIFICADOS EM DIFERENTES SEÇÕES NO ARROIO SÃO JOÃO PARA Tr 25 ANOS E CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO .....	116
FIGURA 81. HIDROGRAMAS VERIFICADOS EM DIFERENTES SEÇÕES NO ARROIO ÁGUAS BELAS PARA Tr 25 ANOS E CONDIÇÃO ATUAL DE USO E OCUPAÇÃO DE SOLO.....	117
FIGURA 82. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA ATUAL COM Tr 2 ANOS .....	118
FIGURA 83. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA ATUAL COM Tr 5 ANOS .....	119
FIGURA 84. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA ATUAL COM Tr 10 ANOS .....	120
FIGURA 85. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA ATUAL COM Tr 25 ANOS .....	121
FIGURA 86. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA ATUAL COM Tr 50 ANOS .....	122
FIGURA 87. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA FUTURA COM Tr 2 ANOS .....	123
FIGURA 88. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA FUTURA COM Tr 5 ANOS .....	124
FIGURA 89. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA FUTURA COM Tr 10 ANOS .....	125
FIGURA 90. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA FUTURA COM Tr 25 ANOS .....	126
FIGURA 91. MANCHA DE INUNDAÇÃO PROVENIENTE DA CHEIA INTERNA FUTURA COM Tr 50 ANOS .....	127





FIGURA 92. PLUVIOMETRIA REGISTRADA DURANTE UM MÊS ANTES DA CAMPANHA .....	133
FIGURA 93. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	136
FIGURA 94. RESULTADO DO PARÂMETRO CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	138
FIGURA 95. RESULTADO DO PARÂMETRO OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	139
FIGURA 96. RESULTADO DO PARÂMETRO TURBIDEZ.....	139
FIGURA 97. COMPORTAMENTO DA CE E OD NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM .....	140
FIGURA 98. ENQUADRAMENTO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ .....	141
FIGURA 99. BAIRROS DE ACORDO COM OS SES E ÁREA DE ESTUDO .....	143
FIGURA 100. LOCALIZAÇÃO DOS SES E A ÁREA DE ESTUDO .....	145
FIGURA 101. BACIAS HIDROSSANITÁRIAS DO MUNICÍPIO DE ALVORADA.....	152
FIGURA 102. FOCOS DE LIXO NA CIDADE DE ALVORADA .....	162
FIGURA 103. LOCALIZAÇÃO DO PRADINHO.....	164
FIGURA 104. PERCENTUAL DE DANOS DIRETOS E INDIRETOS.....	172
FIGURA 105. MAPA COM AS ÁREAS INUNDÁVEIS (MODELAGEM).....	173
FIGURA 106. ÁREA GERAL DE CONFLITO .....	176

**LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1. POPULAÇÃO URBANA E RURAL, SEGUNDO O CENSO DEMOGRÁFICO PARA OS ANOS DE 2000 E 2010 .....	20
QUADRO 2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ZONAS DE PRESERVAÇÃO DOS PLANOS DIRETORES .....	26
QUADRO 3. DIMENSÃO DE APP .....	28
QUADRO 4. PERCENTUAIS DOS ÁGLOMERADOS EM DESACORDO COM A LEGISLAÇÃO.....	31
QUADRO 5. DADOS REFERENTE AO FORMULÁRIO DE INFORMAÇÕES DO DESASTRE FIDE.....	36
QUADRO 6. DADOS REFERENTE AOS PREJUÍZOS DAS ENCHENTES DE 2013 E 2015 .....	37
QUADRO 7. RESUMO DAS ENTREVISTAS .....	39
QUADRO 8. EDIFICAÇÕES SUJEITAS À INUNDAÇÕES DE 2013 E 2015.....	40
QUADRO 9. NÍVEIS DE ÁGUA EM FUNÇÃO DOS TEMPO DE RETORNO .....	43
QUADRO 10. PARÂMETROS DE SIMULAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE INTERESSE.....	45
QUADRO 11. VAZÕES MÁXIMAS (M <sup>3</sup> /S) DOS CENÁRIOS ATUAL (A) E FUTURO (F) PARA AS BACIAS DE INTERESSE .....	46
QUADRO 12. MEDIDAS ESTRUTURAIS PARA O ARROIO SANTO AGOSTINHO.....	46
QUADRO 13. RESERVATÓRIOS DA BACIA DO FEIJÓ .....	47
QUADRO 14. LOCAIS POTENCIAIS DE RESERVAÇÃO DA BACIA DO FEIJÓ.....	47
QUADRO 15. BACIAS DE RETENÇÃO DA BACIA DO FEIJÓ.....	47
QUADRO 16. RELAÇÃO ENTRE NÍVEL (METROS) E TR (ANOS).....	52
QUADRO 17. DADOS HISTÓRICOS DOS NÍVEIS DO LAGO GUAÍBA .....	68
QUADRO 18. NA NO LAGO GUAÍBA PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO .....	70
QUADRO 19. ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS COM DADOS DISPONÍVEIS NO RIO GRAVATAÍ NA AEH.....	73
QUADRO 20. EXTENSÃO DOS DADOS DIÁRIOS DE REGISTROS NAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NO RIO GRAVATAÍ, NO TRECHO MODELADO.....	74
QUADRO 21. VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS MÁXIMAS ANUAIS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA PASSO DAS CANOAS (8740000).....	76





QUADRO 22. VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS COM DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO PARA A ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA PASSO DAS CANOAS (87400000) .....	77
QUADRO 23. EDIFICAÇÕES E ÁREA TOTAL SUJEITAS A INUNDAÇÃO.....	82
QUADRO 24. DADOS PLUVIOMÉTRICOS MÁXIMOS ANUAIS PARA AS ESTAÇÕES AEROPORTO, CANOAS, CACHOEIRINHA E 8º DISME.....	88
QUADRO 25. COEFICIENTES DE DESAGREGAÇÃO DE CHUVAS PARA DIFERENTES DURAÇÕES OBTIDOS NA IDF EXISTENTES NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E MÉDIA BRASIL.....	91
QUADRO 26. PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (MM) PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO PARA ESTAÇÃO AEROPORTO, CACHOEIRINHA E 8º DISME, PERÍODO 1975-2014 .....	91
QUADRO 27. PRECIPITAÇÕES COM DIFERENTES DURAÇÕES E TEMPO DE RETORNO OBTIDAS PELOS COEFICIENTES DE DESAGREGAÇÃO DO IDF NACIONAL COM OS DADOS MÁXIMOS DIÁRIOS PROVENIENTE DA ESTAÇÃO CACHOEIRINHA .....	93
QUADRO 28. EQUAÇÕES IDF DAS PRECIPITAÇÕES EXTREMAS A SEREM EMPREGADAS NA AEH.....	94
QUADRO 29. TIPO DO SOLO VERSUS GRUPO HIDROLÓGICO.....	96
QUADRO 30. CURVE NUMBER (CN) .....	96
QUADRO 31. VALORES DE AI NOS BAIROS OBTIDOS PELA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM .....	97
QUADRO 32. VALORES DE ÁREA IMPERMEÁVEL (AI) NAS AMOSTRAS OBTIDOS PELA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM .....	97
QUADRO 33. POPULAÇÃO ATUAL E FUTURA NA ÁREA DE ESTUDO HIDROLÓGICO INTERNA AO DIQUE SEGUNDO DIVERSOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL .....	100
QUADRO 34. CN ATUAL E FUTURO DAS BACIAS DA ÁREA INTERNA AO DIQUE.....	101
QUADRO 35. CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS URBANAS DOS ARROIOS SANTO AGOSTINHO E FEIJÓ .....	105
QUADRO 36. CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS URBANAS DO ARROIO SÃO JOÃO .....	106
QUADRO 37. CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS URBANAS DO ARROIO ÁGUAS BELAS .....	107
QUADRO 38. CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS URBANAS DO DISTRITO INDUSTRIAL.....	107
QUADRO 39. VAZÕES MÁXIMAS ATUAIS E FUTURAS (M³/S) PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO PARA ARROIOS SANTO AGOSTINHO E FEIJÓ .....	109
QUADRO 40. VAZÕES MÁXIMAS ATUAIS E FUTURAS (M³/S) PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO PARA ARROIO SÃO JOÃO .....	110
QUADRO 41. VAZÕES MÁXIMAS ATUAIS E FUTURAS (M³/S) PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO PARA ARROIO ÁGUA BELAS .....	110
QUADRO 42. VAZÕES MÁXIMAS ATUAIS E FUTURAS (M³/S) PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO PARA DISTRITO INDUSTRIAL .....	112
QUADRO 43. VAZÕES MÁXIMAS VERIFICADAS NA FOZ DE CADA AFLUENTE DO RIO GRAVATAÍ PARA DIFERENTES TEMPO DE RETORNO E CONDIÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	117
QUADRO 44. EDIFICAÇÕES E ÁREA TOTAL SUJEITAS A INUNDAÇÃO.....	117
QUADRO 45. ÁREAS CLASSIFICADAS QUANTO AO GRAU DE SUSCETIBILIDADE A EROSIÃO NA AEH DE TRAININI ET AL .....	132
QUADRO 46. USO DO SOLO E GRAU DE SUSCETIBILIDADE A EROSIÃO QUANTO AS RESPECTIVAS PORCENTAGENS NA AEH .....	132
QUADRO 47. TURBIDEZ NOS PONTOS DE COLETA DA AEH .....	133
QUADRO 48. PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA A CAMPO.....	135
QUADRO 49. RESULTADOS DAS ANÁLISES REALIZADAS A CAMPO .....	137
QUADRO 50. ENQUADRAMENTO AFLUENTES RIO GRAVATAÍ .....	142





QUADRO 51. DISTRIBUIÇÃO DOS BAIRROS CONSIDERANDO O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	143
QUADRO 52. DISTRIBUIÇÃO DOS BAIRROS CONSIDERANDO O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	144
QUADRO 53. OBRAS NECESSÁRIAS RELATIVAS AO SES SARANDI.....	147
QUADRO 54. OBRAS NECESSÁRIAS RELATIVAS AO SES RUBEM BERTA .....	148
QUADRO 55. OBRAS NECESSÁRIAS RELATIVAS AO SES RUBEM BERTA .....	148
QUADRO 56. AÇÕES PARA REDUÇÃO DOS GASTOS CORRENTES RELACIONADOS À MODALIDADE ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	149
QUADRO 57. AÇÕES PARA REDUÇÃO DOS GASTOS CORRENTES E PROGRAMAS DESENVOLVIDOS NO DMAE RELACIONADOS À MODALIDADE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	149
QUADRO 58. TIPOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE ALVORADA .....	151
QUADRO 59. SITUAÇÃO DAS REDES COLETORAS NO MUNICÍPIO DE ALVORADA .....	152
QUADRO 60. ETES NO MUNICÍPIO DE ALVORADA .....	153
QUADRO 61. INVESTIMENTOS RELACIONADOS AO SAA.....	153
QUADRO 62. INVESTIMENTOS RELACIONADOS AO SES .....	154
QUADRO 63. INVESTIMENTOS RELACIONADOS A DRENAGEM PLUVIAL .....	154
QUADRO 64. RESPONSABILIDADE DOS RESÍDUOS EM ALVORADA .....	158
QUADRO 65. INDICADORES GERAIS DE MANEJO DE RSU .....	159
QUADRO 66. INDICADORES GERAIS DE MANEJO DE RSU .....	159
QUADRO 67. DESPESAS COM O MANEJO DE RESÍDUOS DE ACORDO COM O TIPO DE SERVIÇO .....	159
QUADRO 68. RESPONSABILIDADE DA GESTÃO DOS RESÍDUOS .....	165
QUADRO 69. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS PARA DIMINUIÇÃO DE RESÍDUOS NAS DRENAGENS.....	171
QUADRO 70. DANOS INDIRETOS SOBRE DANOS DIRETOS .....	172
QUADRO 71. EDIFICAÇÕES ATINGIDAS E PREJUÍZO ESTIMADO SEGUNDO AS MANCHAS DE INUNDAÇÃO .....	173
QUADRO 72. VALORES DE INVESTIMENTOS PREVISTOS NO MUNICÍPIO DE ALVORADA .....	177
QUADRO 73. EQUIPE TÉCNICA .....	181



**LISTA DE SIGLAS**

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>AEH</b>	Área de Estudo Hidrológico
<b>AM</b>	Área de Modelagem
<b>AMH</b>	Área para Modelagem Hidrodinâmica
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>APA</b>	Área de Proteção Ambiental
<b>APP</b>	Área de Preservação Permanente
<b>APUA</b>	Área para Fins de Planejamento Urbano e Ambiental
<b>ARA</b>	Área de Restituição Aerofotogramétrica
<b>ART</b>	Anotação de Responsabilidade Técnica
<b>AGS</b>	Aglomerados Subnormais
<b>CEEE</b>	Companhia Estadual de Energia Elétrica
<b>CEMADEM</b>	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
<b>CFB</b>	Código Florestal Brasileiro
<b>CN</b>	Curve Number
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional de Meio Ambiente
<b>CORSAN</b>	Companhia Riograndense de Saneamento
<b>CPRM</b>	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
<b>DEP</b>	Departamento de Esgotos Pluviais
<b>DEGEAT</b>	Departamento de Geoinformação e Acervo Técnico
<b>Dmae</b>	Departamento Municipal de Água e Esgotos
<b>DMLU</b>	Departamento Municipal de Limpeza Urbana
<b>DNOS</b>	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
<b>EBE</b>	Estação de Bombeamento de Esgoto
<b>EBET</b>	Estação de Bombeamento de Esgoto Tratado
<b>EIA</b>	Estudo de Impacto Ambiental
<b>ETA</b>	Estação de Tratamento de Água
<b>ETE</b>	Estação de Tratamento de Esgoto
<b>FEPAM</b>	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
<b>FIDE</b>	Formulário de Informações do Desastre
<b>GNSS</b>	<i>Global Navigation Satellite System</i>
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ICEA</b>	Instituto de Controle do Espaço Aéreo
<b>IPTU</b>	Imposto Predial e Territorial Urbano
<b>LDO</b>	Lei de Diretrizes Orçamentárias
<b>MD</b>	Margem Direita
<b>ME</b>	Margem Esquerda
<b>METROPLAN</b>	Fundação Estadual de Planejamento Metropolitan e Regional
<b>MNT</b>	Modelo Digital de Elevação do Terreno
<b>NA</b>	Nível da Água
<b>PAC</b>	Programa de Aceleração do Crescimento
<b>PBRG</b>	Plano de Bacia do Rio Gravataí
<b>PDDrU</b>	Plano Diretor de Drenagem Urbano de Porto Alegre
<b>PDDUAA</b>	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Alvorada
<b>PDE</b>	Plano Diretor de Esgotos
<b>PDV</b>	Plano Diretor de Viamão
<b>PERS</b>	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
<b>PLACON</b>	Plano Municipal de Contingência de Proteção e Defesa Civil de Alvorada
<b>PMA</b>	Prefeitura Municipal de Alvorada
<b>PMPA</b>	Prefeitura Municipal de Porto Alegre
<b>PMSB</b>	Plano Municipal de Saneamento Básico
<b>PNRS</b>	Política Nacional de Resíduos Sólidos
<b>PSA</b>	Plano de Saneamento de Alvorada
<b>PT</b>	Plano de Trabalho
<b>RCC</b>	Resíduos da Construção Civil
<b>RCD</b>	Resíduo de Construção e Demolição
<b>RDC</b>	Regime Diferenciado Contratações Públicas
<b>RH</b>	Regiões Hidrográficas





<b>RIMA</b>	Relatório de Impacto Ambiental
<b>RMPA</b>	Região Metropolitana de Porto Alegre
<b>RRT</b>	Registro de Responsabilidade Técnica
<b>RSD</b>	Resíduos Sólidos Domiciliares
<b>RSI</b>	Resíduos Sólidos Industriais
<b>RSS</b>	Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde
<b>RSU</b>	Resíduos Sólidos Urbanos
<b>S2ID</b>	Sistema Integrado de Informações sobre Desastre
<b>SAA</b>	Sistema de Abastecimento de Água
<b>SCS</b>	Soil Conservation Service
<b>SEHADUR</b>	Secretaria de Habitação, Saneamento e Desenvolvimento Urbano
<b>SEMA</b>	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
<b>SEMSU</b>	Secretaria Municipal de Serviços Urbanos
<b>SES</b>	Sistema de Esgotamento Sanitário
<b>SIG</b>	Sistema de Informações Geográficas
<b>SINAPI</b>	Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil
<b>SINPDEC</b>	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
<b>SMAM</b>	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
<b>SMOV</b>	Secretaria Municipal de Obras e Viação
<b>SMS</b>	Secretaria Municipal de Saúde
<b>SNIS</b>	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
<b>SPH</b>	Superintendência de Portos e Hidrovias
<b>SPHA</b>	Secretaria de Planejamento e Habitação de Alvorada
<b>STE</b>	Serviços Técnicos de Engenharia S.A.
<b>TAC</b>	Termo de Ajustamento de Conduta
<b>Tc</b>	Tempo de Concentração
<b>Tr</b>	Tempo de Retorno
<b>TR</b>	Termo de Referência
<b>UBS</b>	Unidade Básica de Saúde
<b>UDC</b>	Unidade de Destino Certo
<b>UTM</b>	Universal Transversa de Mercator



## 1 SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERESSE

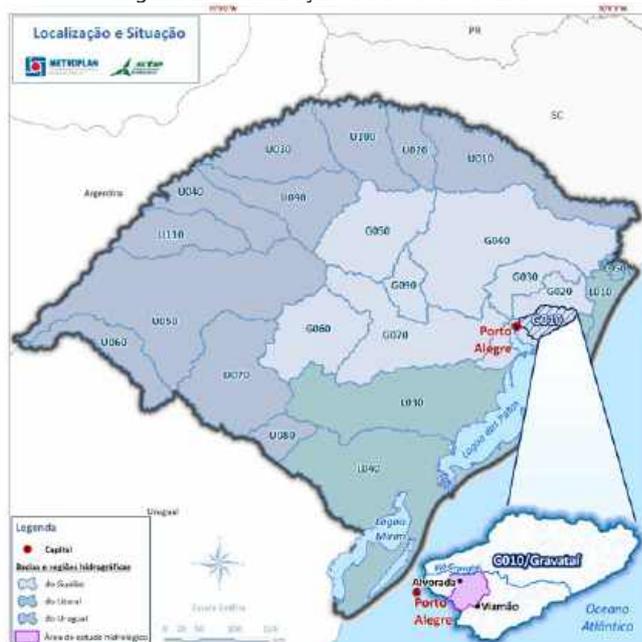
A área de interesse está inserida na Região Metropolitana de Porto Alegre, e intercepta os municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada. No contexto hidrográfico, está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba, Bacia do Rio Gravataí (G010), situada na porção nordeste do Rio Grande do Sul.

De acordo com dados do Plano de Bacia do Rio Gravataí- PBRG (SEMA, 2011), a área de drenagem da bacia totaliza uma área de 2.020 km<sup>2</sup> e está delimitada ao sul pela região hidrográfica das bacias litorâneas, ao norte pela bacia do rio dos Sinos (G020), a oeste pela bacia do Lago Guaíba (G080) e a sudeste Litoral Médio (L020). Abrange os municípios de Porto Alegre, Canoas, Alvorada, Viamão, Cachoeirinha, Gravataí, Glorinha, Taquara e Santo Antônio da Patrulha (Figura 1).

O relevo plano da bacia propiciou ao seu principal curso d'água desenvolver-se como um rio de planície, de baixa velocidade, sinuoso e com muitos meandros. Essas características favoreceram a formação de terraços de inundação, onde se desenvolvem atividades de agricultura irrigada que imprimiram ao sistema hidrográfico uma malha de canais de irrigação artificiais. O uso da água para irrigação prejudica o abastecimento de água em períodos de estiagem, gerando conflito pelo seu uso na bacia.

A bacia do rio Gravataí caracteriza-se fisicamente por apresentar maiores elevações ao norte, menores ao sul e a oeste e uma planície central (SEMA, 2011). O rio Gravataí, principal curso d'água da bacia, forma-se no município de Santo Antônio da Patrulha, junto a uma extensa área alagadiça conhecida como Banhado Grande, percorrendo a bacia no sentido oeste-leste, desaguando no Delta do Rio Jacuí, onde se forma o Lago Guaíba (SEMA, 2011).

Figura 1. Localização da área de estudo





Devido à proximidade e interrelação da área de estudo com municípios adjacentes, Canoas, Cachoeirinha e Viamão, faz-se importante delimitar a área de interesse considerando o escopo do estudo de concepção, dividida em quatro recortes geográficos.

A necessidade de subdivisão da área tem por objetivo balizar as diferentes informações primárias e/ou secundárias a serem trabalhadas, provendo o detalhamento esperado para o anteprojeto do dique e macrodrenagem pluvial urbana dos polders. São elas:

- Área de Estudo Hidrológico (AEH);
- Área de Restituição Aerofotogramétrica (ARA);
- Área para Modelagem Hidrodinâmica (AMH);
- Área para Fins de Planejamento Urbano e Ambiental (APUA).

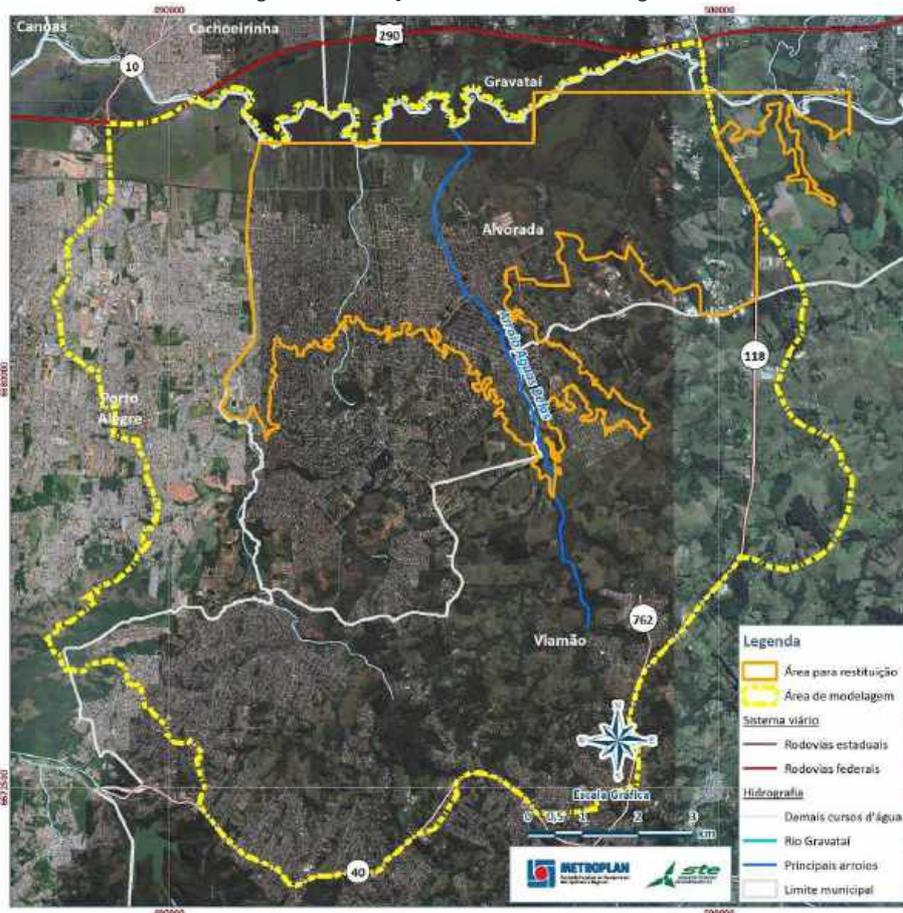
A AEH insere-se junto ao curso inferior do rio Gravataí, essencialmente no município de Alvorada, abrangendo a leste uma pequena porção do município de Porto Alegre e ao sul o município de Viamão. Os arroios Feijó e Águas Belas são os principais cursos d'água da área de estudo e favorecem, em períodos de cheia, inundação das áreas adjacentes junto à confluência com o rio Gravataí, local onde será estudada a solução para contenção de tais eventos que acarretam prejuízos, principalmente, socioeconômicos relevantes à comunidade.

A AEH foi delimitada de modo a contemplar, além da área indicada no item 4 do Termo de Referência (TR), áreas adjacentes que fossem relevantes à elaboração do presente estudo. Portanto, possui os seguintes limites: ao norte, a margem direita do rio Gravataí ao longo da extensão do dique projetado (figura 2 do TR), a leste a RS-118 ou o divisor de águas mais próximo a esta, ao norte o divisor de águas da área de drenagem interna à área de estudo (considerando, sempre que possível, vias existentes) e a oeste o limite da sub-bacia do arroio Feijó até o encontro com a avenida Bernardino Silveira Amorim, por onde segue até a avenida Assis Brasil, desta segue a direita até a BR-290 onde, no sentido capital-interior prossegue em direção a ponte sobre o rio Gravataí, onde encontra novamente a margem direita do mesmo, totalizando 144,84 km<sup>2</sup>, conforme pode ser visto na Figura 3.

Ainda foi necessário para este relatório definir outra área de estudo, intitulada Área de Modelagem (AM), esse novo perímetro contempla a AEH e foi incorporado a bacia do arroio Santo Agostinho totalizando 152,2 km<sup>2</sup> (Figura 2).



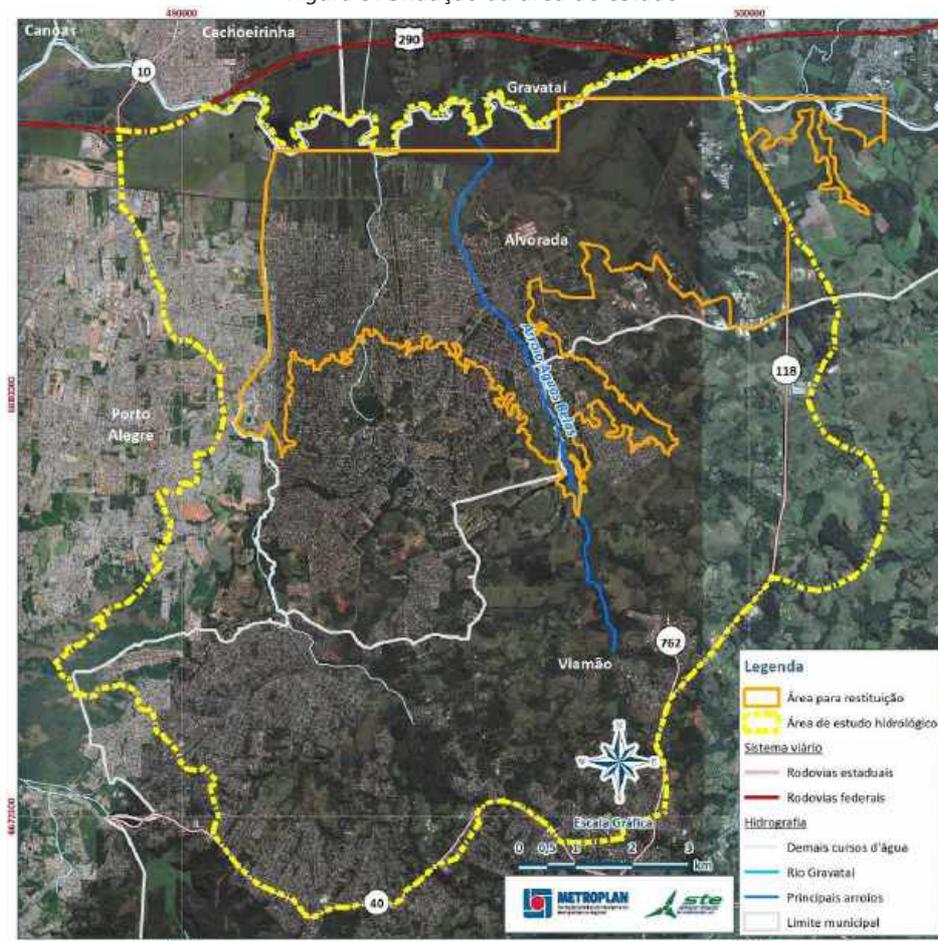
Figura 2. Situação da área da modelagem



Os estudos hidrológicos direcionados para dimensionamento da cota de coroamento do dique terão sua abrangência à bacia hidrográfica do rio Gravataí, cuja área territorial é de 2.020 km<sup>2</sup>. O trecho de interesse é o tramo entre a RS-118 e o Lago Guaíba, conforme já descrito. Os cursos de águas de interesse para a determinação das vazões internas ao polder, formado pelo dique serão aqueles definidos por áreas hidrográficas superiores a 100 ha e delimitados pela cartografia disponível, bem como, a bacia hidrográfica dos arroios Feijó e Águas Belas. Na Figura 3 é apresentada a área de interesse dos estudos hidrológicos que será empregada neste estudo.



Figura 3. Situação da área de estudo



A ARA será formatada dentro da área de interesse da modelagem hidrodinâmica do rio Gravataí, e, arroyos Feijó e Águas Belas. A restituição estará limitada nas aerofotos disponibilizadas do município de Alvorada, ao Sul pela elevação altimétrica de 20 m, e, ao norte, leste e oeste pelo limite das ortofotos, conforme ilustrado na Figura 2, contemplado no máximo 45 km<sup>2</sup>.

A AMH contemplará 2,5 km de largura da várzea de inundação do rio Gravataí, internas aos diques existentes de proteção, desde o Lago Guaíba até 9 km a montante da RS-118. Para os canais internos de macrodrenagem, arroio Feijó e arroio Águas Belas, a área de modelagem será aquela compreendida pelo levantamento topobatimétrico disponível, consolidado juntamente com a Fiscalização, limitada a 400 seções de 50 m de extensão, dentro da ARA.

A APUA será aquela definida após consolidação do estudo de concepção e viabilidade das obras a serem implantadas pelo RDC. Naturalmente, ela caracteriza-se pela área diretamente afetada pelo dique e polders e das obras projetadas em nível conceitual, limitada à ARA.



## 2 OBJETIVOS

Em continuidade, são relacionados os objetivos gerais e específicos dos serviços em questão.

### 2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo principal elaborar os estudos de concepção e anteprojetos de engenharia para RDC contratação integrada (Lei Federal nº 12.462/2011) para proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre/RS, delimitada pelas áreas de estudo descritas no item anterior.

### 2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, o trabalho terá como metas específicas de acordo com o TR a concepção geral que envolve a extensão do dique projetado de proteção contra cheias do rio Gravataí no perímetro do município de Alvorada, bem como os diques internos nos arroios Feijó e Águas Belas, casas de bombas para a drenagem interna aos diques e medidas não-estruturais complementares.

Portanto, os objetivos específicos do trabalho em tela constam dos seguintes itens de acordo com o TR:

- Avaliação do risco de inundação devido ao extravasamento do rio Gravataí e afluentes pela margem esquerda em Alvorada e Porto Alegre, no caso do Feijó;
- Análise de alternativa do traçado do dique e de sua altura frente ao risco de proteção previsto para a área;
- Análise da capacidade conjugada de armazenamento, canalização e bombeamento para atender a demanda.

Para alcançar o objetivo principal deste trabalho serão entregues produtos parciais, que conforme previsto no TR estão divididos nas seguintes etapas:

- Consolidação do Plano de Trabalho (PT);
- Participação Pública;
- Levantamento dos Dados;
- Levantamento de Campo;
- **Diagnóstico;**
- Estudo de Concepção;
- Anteprojetos de Engenharia;
- Projeto de Trabalho Socioambiental;
- Plano de Ação.



### 3 DIRETRIZES GERAIS

De acordo com o TR, o estudo contemplará as seguintes diretrizes para o desenvolvimento:

- Os anteprojetos de engenharia das medidas de controle estruturais serão elaborados, no que couber, em conformidade com as Normas Técnicas da ABNT;
- Lei Federal nº 12.462, de 04 de agosto de 2011 e atualizações, que dispõe sobre o RDC;
- Orientações para operacionalização de RDC Contratação Integrada da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades<sup>1</sup>, de maio de 2013;
- Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais (Programa 2040), da Sistemática 2012 do Ministério das Cidades;
- Estudo de Concepção compreende o desenvolvimento de estudos de alternativas de solução(ões) e modernização técnica para ampliação e melhoria dos sistemas de drenagem para prevenção de inundações locais e promoção do escoamento regular das águas pluviais, a jusante e a montante, proporcionando segurança sanitária, patrimonial e ambiental;
- Todas as diretrizes, estudos, projetos e Planos Diretores, em nível municipal, estadual e federal, que possam ter influência ou sobreposição sobre os estudos a serem desenvolvidos;
- Serão avaliadas obras em andamento, paralisadas ou fora de operação, relacionadas aos estudos em andamento, somente durante a fase de levantamento de dados, sendo analisada a pertinência de sua inclusão na definição do sistema;
- Os orçamentos serão elaborados de acordo com o pré-dimensionamento das unidades do sistema, tendo como base preferencial os preços da Tabela de Preços do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), nos termos da Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) vigente e a tabela SICRO/DNIT, no que couber. Quando existirem, serão utilizados, também, custos globais de referência para sistemas de saneamento ou custos básicos por tipo de obra, a exemplo de redes, galerias, canais em concreto, edificações/habitação por área construída;
- Os custos de cada alternativa serão apresentados em termos econômicos, discriminando a mão-de-obra, materiais, equipamentos, e custos de operação;
- A comparação das diferentes alternativas será feita através do cálculo do fluxo de caixa, a valor presente, dos custos de investimento, operação e manutenção, não considerando os custos de depreciação e inflação, à taxa de desconto de 12%, ao longo do período de projeto;
- Para efeito de comparação de alternativas e análise benefício-custo, serão incluídos os impactos sobre a mancha urbana pelos custos dos terrenos atingidos e protegidos;
- A alternativa proposta de proteção selecionada irá corresponder àquela cujo conjunto de obras, fatores e aspectos sociais, técnicos, ambientais, econômicos e

---

<sup>1</sup>[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosCidades/PAC/Manuais-Gerais-PAC/RDC-Contratao\\_Integrada.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosCidades/PAC/Manuais-Gerais-PAC/RDC-Contratao_Integrada.pdf)



- financeiros serão os mais apropriados a todas as partes beneficiadas pelo projeto. A solução vencedora será definida junto a Fiscalização do contrato, priorizando o menor custo econômico;
- estudo de concepção irá indicar a ordem de prioridade das intervenções da alternativa recomendável, dentro do fluxo de caixa disponibilizado pela Fiscalização, orientando quanto ao desenvolvimento dos projetos básico e executivo, considerando os aspectos de funcionalidade e custo-benefício;
  - Para o acompanhamento dos trabalhos serão realizadas reuniões sistemáticas a serem definidas junto a Fiscalização, com a participação do Coordenador Geral e membros da equipe da STE S.A. envolvidos com as atividades em curso;
  - Ao final de cada produto, a Fiscalização deverá encaminhar a avaliação dos resultados do trabalho que, caso necessário, sofrerão os ajustes que ambas as partes (METROPLAN e STE S.A.) acordarem pertinentes. As atividades sucessoras vinculadas aos trabalhos avaliados iniciarão após o aceite da Fiscalização;
  - Todos os estudos existentes na área de interesse serão disponibilizados pela Fiscalização e serão relacionados e identificados pela STE S.A. Todas as informações utilizadas terão sua fonte identificada;
  - Os procedimentos metodológicos adotados serão claramente indicados e sempre justificados em relatório. As hipóteses e considerações simplificadas serão mencionadas no decorrer do trabalho, convenientemente explicitadas e justificadas;
  - Os softwares utilizados serão preferencialmente públicos e todos os arquivos de entrada e saída, condições de contorno e parâmetros adotados deverão constar em relatório e serem disponibilizados a Fiscalização em seus formatos originais;
  - As medidas estruturais corretivas na drenagem pluvial urbana e inundações ribeirinhas serão realizadas numa visão integrada da bacia hidrográfica;
  - Os planos e projetos de drenagem pluvial urbana buscarão minimizar a transferência de impacto para jusante ou montante da área de interesse. Os impactos oriundos da implantação do anteprojeto conceitual serão identificados além de previstas medidas mitigadoras para atenuar os possíveis danos. As áreas atingidas externas a área de interesse terão seus impactos pontuados e indicadas sugestões que possam atenuar os mesmos;
  - A entrega e aprovação dos Produtos serão marcos balizadores para iniciar determinadas atividades que estão descritas nos itens subsequentes do PT;
  - Salvo os dados necessários para a elaboração dos Anteprojetos Conceituais, as atividades serão realizadas com dados secundários fornecidos pela METROPLAN.

As metas ou resultados esperados na concepção das intervenções relacionadas com águas pluviais visam:

- Proteção contra alagamentos em locais e zonas com riscos às populações, ocupações regulares, estruturas e projetos de engenharia nos municípios dentro área de interesse para tempos de retorno estipulados para cada região;
- Identificação das áreas de risco e de interferência ao escoamento das águas pluviais, sugerindo a área de desocupação necessária para bom escoamento das águas pluviais;
- Elaboração de programa educacional com o objetivo de redução da quantidade de resíduos sólidos na drenagem.



## 4 DIAGNÓSTICO

O diagnóstico da situação existente em Porto Alegre e Alvorada, foi elaborado com base nos levantamentos de campo, resultados das simulações hidrológicas aqui obtidas e informações secundárias previstas nos Planos Diretores e de saneamento, além das entrevistas realizadas no âmbito da inundação ocorrida em julho de 2015.

As vulnerabilidades e riscos socioeconômicos foram obtidas com os referidos resultados e os dados secundários disponíveis, caracterizando os componentes da estrutura urbano e rural, aspectos relacionados à drenagem pluvial urbana e inundações sazonais nas margens do rio Gravataí, arroio Feijó e arroio Águas Belas.

Visto que o rio Gravataí margeia diversos municípios fora da área de estudo propriamente definida, como Canoas, Cachoeirinha, Gravataí e Viamão, foram apontados os riscos de inundações para essas regiões, junto ao rio Gravataí, e, suas repercussões nas obras previstas por outros projetos já finalizados.

### 4.1 Planejamento Urbano e Infraestrutura

O planejamento urbano, segundo KRUCKEBERG (1978 *apud* CUNHA, 2006) é a ciência que permite aos planejadores adotarem tomadas de decisões futuras, visando o crescimento de maneira ordenada, atendendo as necessidades do meio socioeconômico, com base no conhecimento prévio das inter-relações e sinergia existentes com o meio físico.

Os instrumentos atualmente reconhecidos são os Planos Diretores, que se popularizaram através da Lei Federal nº 10.157 de 10 de julho de 2001, denominado Estatuto da Cidade. Esta Lei estabelece normas que regulam o uso da propriedade urbana visando o bem-estar e segurança dos cidadãos, além do equilíbrio ambiental e define como obrigação o Plano Diretor para cidades com mais de 20.000 habitantes, entre outros. Nesses instrumentos devem-se considerar medidas estruturais e não estruturais para ocorrência do desenvolvimento sustentável. Entretanto, sabe-se que, o planejamento urbano ainda está em fase de amadurecimento, sendo ainda hoje uma prática tipicamente política no Brasil.

Segundo Cunha (2006), o Brasil possuía no início do século XX, aproximadamente, 17 milhões de habitantes, sendo que cerca de 36% estavam nas cidades, quando já se observavam conflitos pelo uso do espaço em decorrência desse crescimento.

Até 1940, 30% da população brasileira vivia em áreas urbanas, evoluindo para quase 70% nos anos de 1980 (STROHAECKER, 2007), e, 84% em 2010 (IBGE, 2010). No estado do Rio Grande do Sul, onde está inserida a AEH, segundo Ghezzi (1990, *apud* CUNHA, 2006), o aumento percentual da população urbana no período compreendido entre 1960 e 2010 é inferior ao Nacional, isto é, 50% em 1960, igualando a média nacional de 85% (IBGE, 2010) em 2010. Essa concentração de população nas áreas urbanas veio aliada a falta de planejamento, que permitiu, na maioria dos municípios brasileiros, a ocupação de áreas factíveis de desastres, tais como inundações e desabamentos, causando prejuízos socioeconômicos expressivos.



Os municípios contemplados pela AEH possuem Plano Diretor. Em Porto Alegre, pode se verificar ocupação das margens do arroio Feijó, cujas características assemelham-se com o padrão visto uso do solo na margem direita do referido curso hídrico, dentro do município de Alvorada, onde apresenta grande fragilidade a inundações pela posição marginal aos arroios Feijó, São João, Águas Belas e rio Gravataí. Praticamente, boa parte do município está inserido nas várzeas de inundações dos arroios mencionados, sendo que, 100% da população está concentrada em área urbana. O município de Viamão possui 93% da sua população em área urbana, apesar das grandes porções de áreas com características rurais. Existindo, portanto, grande pressão socioeconômica sobre a infraestrutura urbana na AEH.

O Quadro 1 apresenta a população dos municípios da AEH, dividida em urbana e rural. No ano 2000 residiam aproximadamente 3% da população em áreas rurais dos municípios em estudo, já em 2010, esse índice reduziu para menos de 1%.

Quadro 1. População urbana e rural, segundo o censo demográfico para os anos de 2000 e 2010

Municípios	População urbana				População rural				População total	
	2000	%	2010	%	2000	%	2010	%	2000	2010
Alvorada	183.365	99,7%	195.673	100,0%	603	0,3%	0	-	183.968	195.673
Porto Alegre	1.320.739	97,1%	1.409.351	100,0%	39.851	2,9%	0	-	1.360.590	1.409.351
Viamão	211.612	93,0%	224.943	94,0%	15.817	7,0%	14.441	6,0%	227.429	239.384

Fonte: Censo demográfico do IBGE (2000; 2010)

Os dados apresentados mostram que a população urbana ocupa, essencialmente, a maior parte a AEH. O item 4.2.1.2 ilustra a densidade da distribuição da população junto aos arroios e várzea do rio Gravataí.

#### 4.1.1 Sustentabilidade do desenvolvimento urbano e rural sobre os corpos d'água

O desenvolvimento urbano é um dos principais aspectos causadores de impactos sobre os recursos naturais, podendo comprometer sua sustentabilidade. De acordo com Tucci (2014 *apud* MELLO, 2014), o motivo da migração da população rural em direção aos centros urbanos é o desenvolvimento econômico, o que resulta em maior consumo, e, conseqüentemente implica em degradação ambiental.

Segundo Tucci (2014 *apud* MELLO, 2014) a humanidade vem ocupando o espaço de forma rápida e desordenada, sendo que as primeiras aglomerações urbanas localizavam-se próximas a cursos d'água, onde o homem possuía acesso ao referido recurso.

A ocupação do solo nas cidades passou a ocorrer primordialmente a partir das áreas mais altas, onde o risco de inundações era menor, Tucci (2014 *apud* MELLO, 2014). Essas áreas eram destinadas a população de maior poder aquisitivo ou ainda a equipamentos sociais, como igrejas.

Já as áreas de várzea começaram a ser ocupadas por população de baixa renda, que se estabelecia de acordo com a disponibilidade de locais e facilidades topográficas. As inundações tornavam as terras férteis, por isso também eram usadas para plantio, apesar dos riscos que elas representavam.

Segundo Righetto *et al.* (2009), a intensificação da ocupação das várzeas deu-se pelo desenvolvimento tecnológico e viário, com conseqüências diretas na destruição da vegetação ripária, essenciais à manutenção do ecossistema. A consolidação do sistema





viário e das redes de distribuição de saneamento, aliado a ausência de regulamentação e fiscalização sobre a ocupação, comprometeu o espaço urbano, tornando-o, em muitos casos, desordenado. Esses fatos propiciaram problemas de escoamentos das águas pluviais urbanas antes inexistentes. O desenvolvimento de novas áreas imobiliárias e impermeabilização do solo vem agravando os problemas de esgotamento pluvial.

#### 4.1.1.1 Planos Diretores

A AEH é tipicamente uma região que alia o desenvolvimento urbano desordenado numa área de várzea sujeita a inundações sazonais. A AEH abrange, principalmente os municípios de Alvorada, Porto Alegre e Viamão, com semelhanças socioambientais e territoriais.

##### ***Município de Alvorada***

De acordo com dados da Secretaria de Planejamento e Habitação de Alvorada - SPHA (2005), a urbanização da área pertencente ao município de Alvorada iniciou-se na década de 1940, quando ainda pertencia a Viamão. Nessa época foram abertas vias ao longo das quais foram implantados loteamentos sem abastecimento de água, energia elétrica, esgoto pluvial e sanitário, escolas ou postos de saúde. Até 1960, o abastecimento de água era realizado por meio de bicas públicas. A emancipação do município aconteceu em 1965.

A cidade de Alvorada cresceu sem planejamento e sua evolução foi calcada na especulação imobiliária de forma desordenada (SPHA, 2005). Os financiamentos imobiliários disponíveis no período de sua formação acabaram por excluir a população de baixa renda, o que levou a ocupação de áreas de riscos (SPHA, 2005). Em 2010, a população de Alvorada estava em 195.673 habitantes, com uma tendência de crescimento de aproximadamente 0,65% ao ano.

O primeiro Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) foi elaborado em 2000, a partir da Lei Municipal nº 1.137/2000, após 35 anos da sua fundação, quando a cidade já estava praticamente consolidada.

Em 2004, o Plano Diretor de Alvorada foi alterado através da Lei Municipal nº 1.461, onde toda a área do município passou a ser legalmente urbana, alterando dessa forma a Lei Municipal nº 862/97, que mudou o zoneamento indicado para ocupação do uso do solo.

A Lei Municipal nº 2.316/2011 instituiu o PDDUA que encontra-se em vigor. Esse instrumento objetiva promover o desenvolvimento econômico, visando a qualidade residencial, preservação e recuperação do meio ambiente, controle dos espaços públicos pela sociedade, regulamentação do uso dos espaços privados no interesse da cidade, proporcionar ao poder público recursos para o alcance de suas metas e a gestão participativa do planejamento municipal.

O PDDUA de 2011 divide a cidade em 11 macrozonas, cada uma segue seu modelo de organização natural, que abrange características próprias históricas do tipo e forma de ocupação segundo aspectos socioeconômicos, paisagísticos e tendências evolutivas semelhantes.

No que se refere a conservação dos recursos hídricos, o PDDUA de Alvorada (2011) prevê áreas de interesse ambiental, tais como: matas, margens dos cursos d'água, banhados e



sistemas ecológicos. Essas áreas, de caráter público ou privado, são contempladas por Zonas de Preservação no zoneamento do uso do solo, estando legalmente protegidas e sujeitas a restrições de uso. As atividades previstas nas mesmas são recuperação e aproveitamento turístico-cultural e habitacional de ocupação rarefeita, de forma que garanta sua perenidade. As zonas previstas para preservação em Alvorada podem ser verificadas na Figura 4.

Outras zonas definidas no Plano Diretor são as residenciais, estabelecidas no PDDUA (2011) definidas conforme as características socioambientais das áreas em questão. Pode-se observar ainda a Zona Especial de Interesse Habitacional, onde estão previstas habitações populares, sejam em áreas públicas ou privadas, passíveis de regularização fundiária.

O PDDUA (Alvorada, 2011) prevê ainda a não ocupação de áreas potencialmente inundáveis, determinando que não sejam loteados ou arruados os terrenos alagadiços ou sujeitos a inundações, sem que sejam drenados ou aterrados até a cota livre de enchentes, sendo a cota mínima de 5,00m.

#### ***Município de Porto Alegre***

Já o município de Porto Alegre, possui maior maturidade no planejamento urbano, tendo seu primeiro Plano Diretor da cidade elaborado em 1959. O mesmo foi reformulado em 1979, e, depois em 1999, quando foi sancionado como Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA). Houveram mais duas reformulações, em 2010 e a última publicada na Lei Complementar nº 667, de janeiro de 2011.

O PDDUA (Porto Alegre, 2011) divide a cidade em nove macrozonas, das quais três, Cidade Xadrez, Cidade de Transição e Áreas de Conservação do Delta do Jacuí, estão inseridas dentro da AEH. Nessas três macrozonas, encontram-se tipologias diferentes de zonas de uso, a saber: Área de Proteção Ambiental (APA), Mista (01, 02 e 04) e Residencial (01, 02 e 03). As zonas previstas podem ser verificadas na Figura 4.

O PDDUA (Porto Alegre, 2011) exige que seja preservada a vegetação de faixas marginais no entorno de nascentes e olhos d'água, bem como, ao longo de cursos d'água, conforme legislação vigente. Prevê ainda que a Área de Proteção do ambiente natural seja utilizada de forma a preservar e perpetuar o patrimônio natural.

O PDDUA (Porto Alegre, 2011) prevê o Programa de Gestão Ambiental, que contém o Plano Setorial de Drenagem Pluvial Urbana (PDPUr), que visa estabelecer prioridades de atuação, soluções e custos de implantação de obras nas bacias hidrográficas com problemas de escoamento das águas das chuvas. Além disso, o PDPUr prevê estudos que determinem a interferência na infraestrutura de drenagem pluvial urbana de novos empreendimentos; delimitando faixas não edificáveis, e zonas de interesse para implantação de reservatórios de retenção de águas pluviais.

O PDDUA (Porto Alegre, 2011) também possui uma política habitacional de interesse social (Plano Municipal de Habitação de Interesse Social de Porto Alegre). Dentre suas diretrizes, o plano prevê a regularização fundiária, democratização de acesso à terra para populações de média e baixa renda, produção de padrões habitacionais que atendam às necessidades básicas, técnicas e ambientais, tendo por princípio, a moradia digna.



### ***Município de Viamão***

Quanto a Viamão, a Lei Municipal nº 4.154/2013 institui o Plano Diretor de Viamão (PDV), que é um instrumento regulador e estratégico para desenvolvimento municipal, determinante para os agentes públicos e privados que atuam no município. Este é um mediador dos processos de transformação dos espaços e sua estrutura territorial, visto que, apenas Viamão ainda possui áreas rurais.

Um dos instrumentos do PDV (Viamão, 2013) é o macrozoneamento que tem por finalidade fixar regras e definir diretrizes de ordenamento do território. São quatro macrozonas dentro da AEH, a saber: Rural, Urbana de Ocupação Orientada, Urbana de Consolidação e Urbana de Grandes Empreendimentos, consolidadas dentro de um eixo de comércio e serviços, e, outro de proteção do Morro Santana. As zonas previstas podem ser verificadas na Figura 4.

O PDV (Viamão, 2013), por meio do Plano de Gestão Ambiental municipal, visa garantir a quantidade e qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a reprodução da vida e a prevenção, controle e combate a poluição e à erosão por meio da recuperação ambiental das sub-bacias degradadas, priorizando os mananciais de abastecimento público. As medidas previstas no Plano para esse fim são recuperação dos mananciais de abastecimento público, prevenção, combate e controle da poluição e erosão em quaisquer de suas formas. Outrossim recuperar Áreas de Preservação Permanente (APP), restringir a ocupação em áreas inundáveis e alagáveis e disciplinar o uso de agroquímicos em áreas ambientalmente sensíveis.

O PDV (Viamão, 2013) objetiva assegurar a toda população os serviços de drenagem pluvial urbana, procurando estabelecer uma política de metas cujos fundamentos são: localizar, controlar e eliminar cargas poluidoras nos mananciais de abastecimento humano, vincular a aprovação de loteamentos com a destinação correta do esgoto sanitário (implantação, coleta, transporte e tratamento), garantir a coleta geral dos resíduos sólidos, bem como, melhoria da existente, incentivar a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos, ampliar a rede de existente, fiscalizar e preservar a faixa de domínio ao longo dos corpos hídricos.

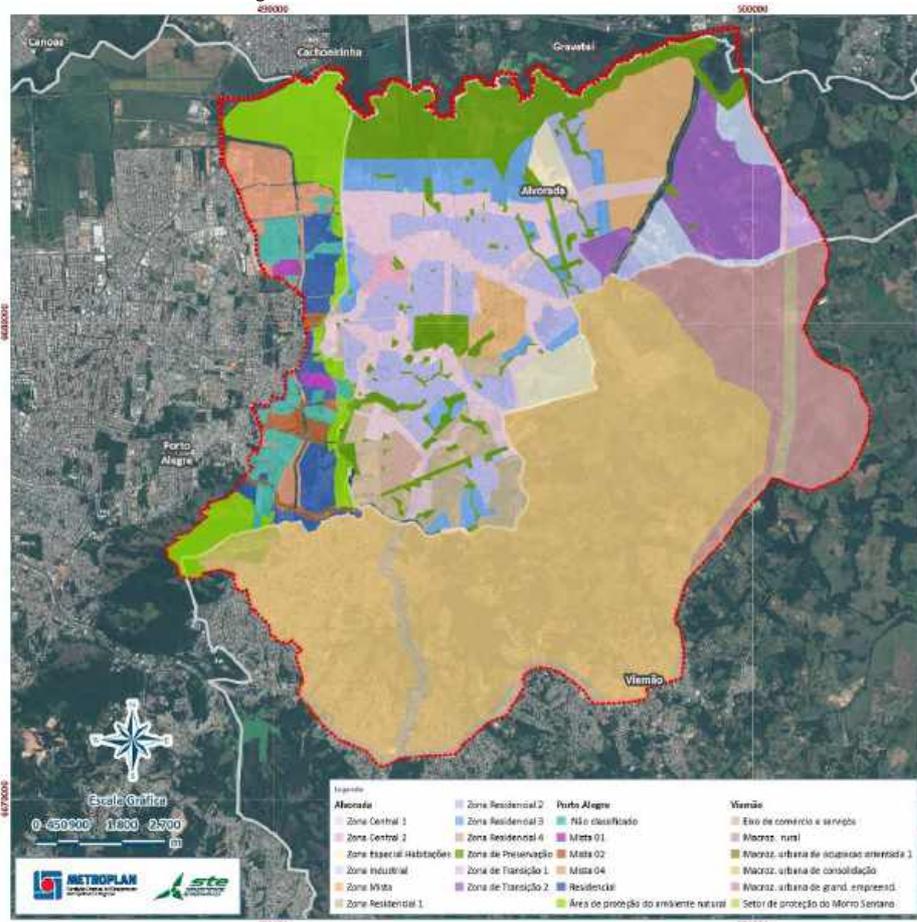
O PDV (Viamão, 2013) visa garantir moradia a toda população em áreas legais e urbanizadas com condições de habitações. Ainda prevê a regularização fundiária, urbanização de áreas ocupadas irregularmente, com vistas às normas ambientais, priorizando ações voltadas para população de baixa renda ou de áreas de risco. Estabelece política de monitoramento a ocupações irregulares, a fim de evitar novas ocorrências, proteção das margens de córregos e coibição no uso de áreas públicas e institucionais.

### ***Considerações sobre os Planos Diretores***

O zoneamento dos Planos Diretores pode ser consultado na Figura 4, a seguir.



Figura 4. Zoneamento dos Planos Diretores



Fonte: STE (2016)

Dentre as zonas delimitadas pelos Planos Diretores, destacam-se aquelas referentes à ocupação de menor intensidade, Zonas de Preservação conforme na Figura 5:

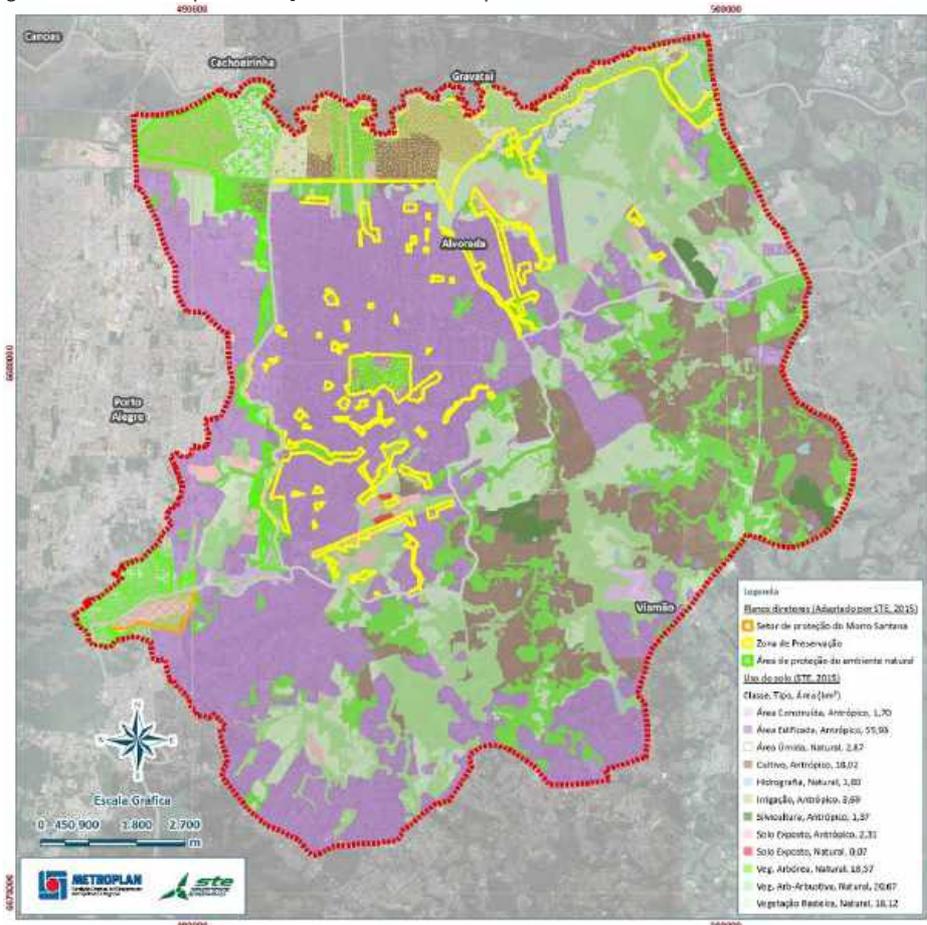
- Zona de Preservação (Alvorada);
- Área de Proteção do Ambiente Natural (Porto Alegre);
- Setor de Proteção do Morro Santana (Viamão);

Através do cruzamento entre o mapeamento do uso do solo (classificação de imagem de satélite – Anexo 7) e os limites das Zonas de Preservação estipuladas pelos Planos Diretores anteriormente descritos e espacializados na Figura 4, foi possível conferir qual o verdadeiro uso nas Zonas de Preservação. A Figura 5 e o Quadro 2 apresentam o resultado dessa sobreposição.





Figura 5. Zonas de preservação estabelecidas pelos Planos Diretores na AEH e Uso do Solo



Fonte: STE (2015)

Conforme dados da Figura 6 pode-se perceber que são diversos os usos encontrados dentro das zonas de preservação estabelecidos pelos Planos Diretores, sendo que nem todos são aqueles previstos por esses. As referidas zonas são destinadas a preservar os recursos naturais e podem oferecer riscos quando ocupados por habitações, como de inundações, o que é o caso da Zona de Preservação em Alvorada e da Área de Proteção Natural em Porto Alegre.

Os usos dentro dessas áreas foram identificados e quantificados no Quadro 2, e possibilita verificar se os mesmos estão em acordo ou desacordo com o estabelecido pelo referido Plano Diretor.



Quadro 2. Uso e ocupação do solo nas zonas de preservação dos Planos Diretores

Município	Classe Plano Diretor	Usos previstos pelo Plano Diretor	Status	Classe uso do solo	Área (ha)	%
Alvorada	Zona de Preservação	Áreas de interesse ambiental, APP, imóveis de valor histórico, áreas verde-vinculados. Atividades que não prejudiquem o ecossistema	Em acordo	Área Úmida	87,70	8,04
				Hidrografia	23,13	2,12
				Vegetação Rasteira	54,62	5,01
				Vegetação Arbórea	250,56	22,97
				Vegetação Arbóreo-Arbustiva	170,15	15,60
			<b>Subtotal</b>	<b>586,16</b>	<b>53,74%</b>	
			Em desacordo	Cultivo	118,14	10,83
				Irrigação	173,62	15,92
				Solo Exposto	17,753	1,63
				Área Construída	9,60	0,88
				Área Edificada	185,36	17,00
				<b>Subtotal</b>	<b>504,47</b>	<b>46,26%</b>
			<b>Total</b>	<b>1.090,63</b>	<b>100,00%</b>	
Porto Alegre	Área de proteção do ambiente natural	Zonas previstas para atividades que, conciliando a proteção da flora, da fauna e dos demais elementos naturais, objetivem a perpetuação e a sustentabilidade do patrimônio natural	Em acordo	Área Úmida	119,51	19,06%
				Hidrografia	4,08	0,65%
				Vegetação Arbórea	102,71	16,38%
				Vegetação Arbóreo-Arbustiva	114,07	18,19%
				Vegetação Rasteira	48,72	7,77%
			<b>Subtotal</b>	<b>389,09</b>	<b>62,05%</b>	
			Em desacordo	Cultivo	29,00	4,62%
				Irrigação	167,97	26,79%
				Solo Exposto	0,07	0,01%
				Área Construída	10,89	1,74%
				Área Edificada	30,08	4,80%
			<b>Subtotal</b>	<b>238,01</b>	<b>37,95%</b>	
			<b>Total</b>	<b>627,1</b>	<b>100,00%</b>	
Viamão	Setor de proteção do Morro Santana	Preservar o morro e sua vegetação, conter ocupações e recuperar as áreas degradadas	Em acordo	Vegetação Rasteira	3,18	4,43%
				Vegetação Arbórea	1,05	1,46%
				Vegetação Arbóreo-Arbustiva	29,44	41,05%
			<b>Subtotal</b>	<b>33,67</b>	<b>46,95%</b>	
			Em desacordo	Solo Exposto	1,57	2,19%
				Área Construída	34,46	48,05%
				Área Edificada	2,01	2,80%
			<b>Subtotal</b>	<b>38,04</b>	<b>53,05%</b>	
<b>Total</b>	<b>71,71</b>	<b>100,00%</b>				

Fonte: Adaptado de Planos Diretores Municipais e Uso do Solo por STE (2015)

Conforme pode-se observar no Quadro 2 o PDDUAA (Alvorada, 2011) estabelece que a Zona de preservação não permite a ocupação antrópica que prejudique o ecossistema. Entretanto as áreas edificadas e construídas, dentro dessa zona, no que se refere a AEH, totalizam aproximadamente 18% da ocupação e áreas de cultivo e irrigação, aproximadamente, 27%, mostrando que parte considerável da zona em questão não está ocupada de acordo com o planejado.

Pode-se dizer que a ocupação da área de Alvorada divide-se em, aproximadamente, 46% de usos antrópicos e 54% de usos naturais, os últimos em conformidade com o planejamento. Visitas realizadas a campo identificaram a ocupação dessas áreas por edificações, como pode ser visto nas Foto 1 e Foto 2.





Foto 1. Moradias situadas nas proximidades da foz do arroio São João. Alvorada, 29/jul/2015



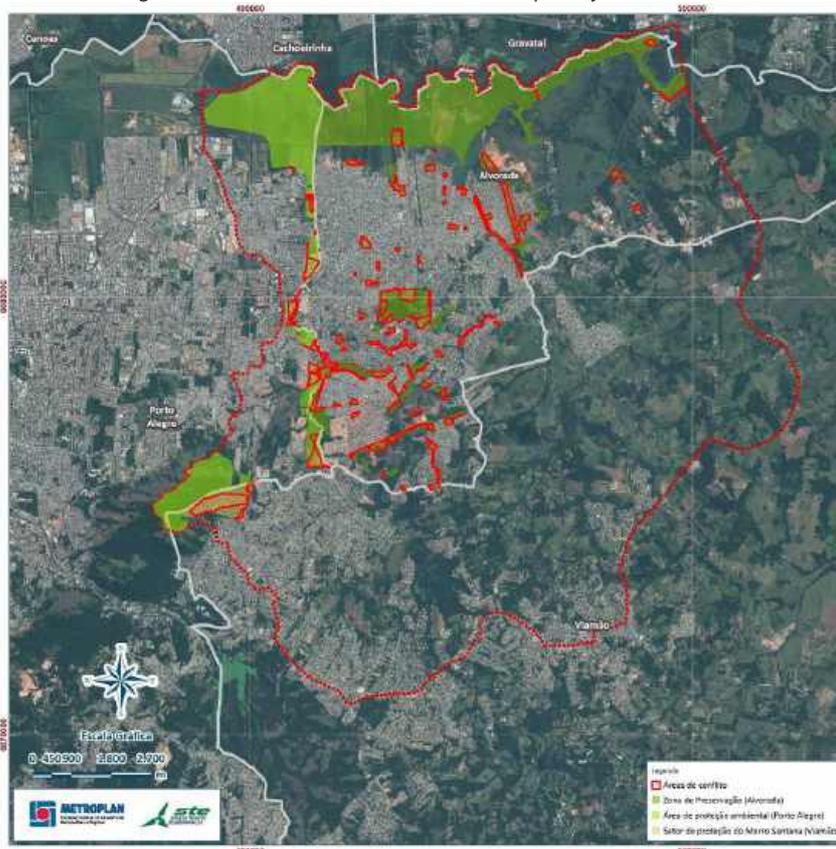
Foto 2. Afluente do arroio Feijó com aporte de poluentes. Alvorada, 26/ago/2015

Ainda segundo o Quadro 2 percebe-se os usos mapeados pelo uso do solo em Porto Alegre para a área, dentro dos limites da AEH, indicam que a ocupação por usos antrópicos chega a quase 38% e as áreas naturais 62%, mostrando que mais da metade dessa área está de acordo com os usos previstos.

Em Viamão 48% da área está ocupada por edificações, os mapeamentos realizados indicaram ainda que 41% da área encontra-se coberta por vegetação arbóreo-arbustiva e 1,47% de vegetação arbórea, uso previsto em tal área.

A Figura 6 consolida o resultado do cruzamento anterior evidenciando áreas com usos diferentes daqueles previstos nos Planos Diretores para as Zonas de Preservação, sendo aqui chamadas de Áreas de Conflito.

Figura 6. Áreas de conflito entre o uso planejado e o atual



Fonte: STE (2016)



#### 4.1.1.2 Legislação Ambiental

Além das áreas com divergência entre a ocupação efetiva e daquelas previstas pelos Planos Diretores, podem ser encontradas aquelas em desacordo com a legislação ambiental no âmbito federal. O Código Florestal Brasileiro (CFB), Lei nº 12.651 e 12.727 de 2012 determina a proteção das APPs, entre as quais, as de curso d'água possuem diferenciada importância para o presente estudo, uma vez que retrata, em parte, a situação dos cursos d'água presentes na AEH. Cabe salientar que, segundo o CFB, as novas intervenções ou as supressões de vegetação nativa em APP somente poderão ocorrer nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental. Dentre as atividades previstas em interesse social estão aquelas relacionadas a regularização fundiária de assentamentos humanos ocupados por população de baixa renda em áreas consolidadas.

O CFB estabelece normas sobre a proteção, da vegetação, APPs, áreas de Reserva Legal e exploração florestal, entre outros, prevendo instrumentos para o alcance desses objetivos. Define APP como *"...área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com 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."*

O CFB considera APP as faixas marginais de cursos d'água natural perenes e intermitentes, desde a borda da calha do leito regular, por onde o rio corre a maior parte do ano. O Quadro 3 a seguir mostra a dimensão da APP de acordo com a largura do rio.

Quadro 3. Dimensão de APP

Largura do rio	Dimensão da APP
Inferior a 10 metros	30 metros
10 a 50 metros	50 metros
50 a 200 metros	100 metros
200 a 600 metros	200 metros
Superior a 600 metros	500 metros

Fonte: Código Florestal Brasileiro, 2012

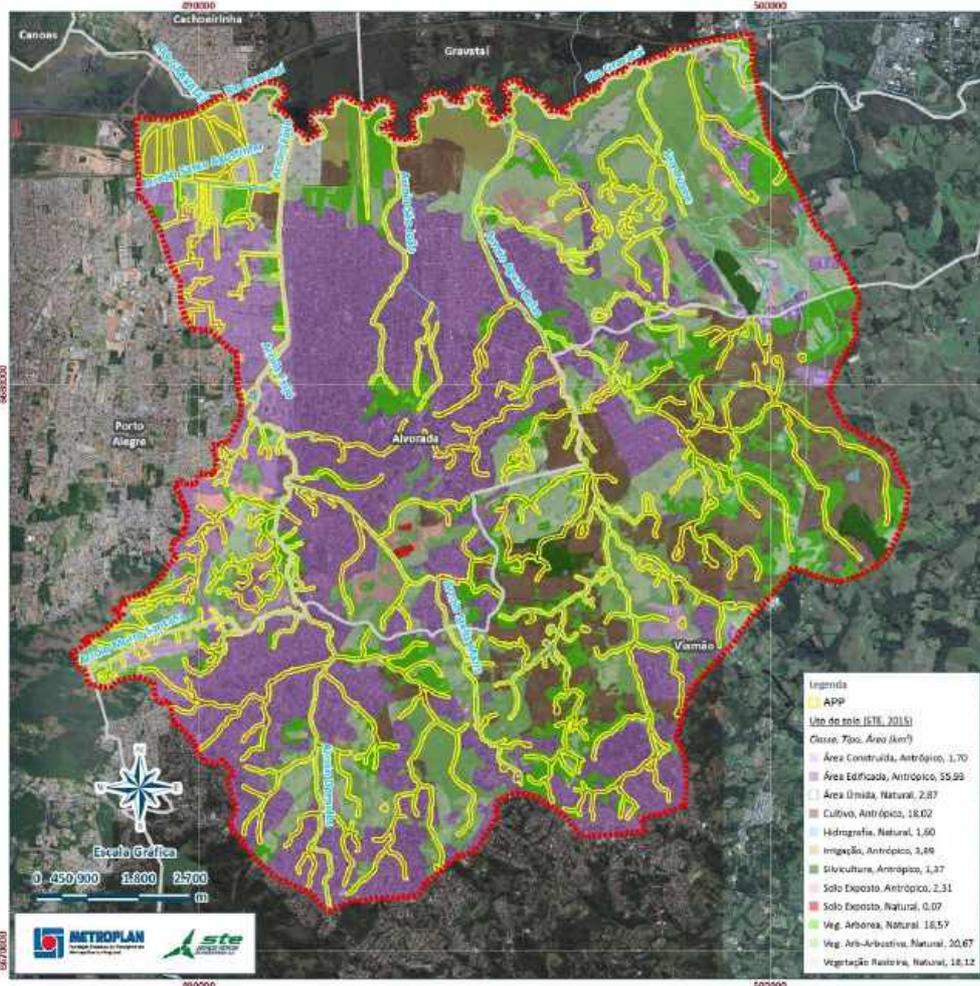
As larguras obtidas para os cursos das água foram:

- porção do rio Gravataí na AEH possui, em média 50 m;
- arroio Feijó possui larguras entre 9 m a 15 m;
- arroio São João possui largura inferior a 9 m;
- arroio Águas Belas larguras entre 8 m e 16 m.

A Figura 7 apresenta o mapeamento do uso do solo (classificação de imagem de satélite – Anexo 7) com as APPs dos cursos de água, possibilitando conferir qual o verdadeiro uso nas APPs.

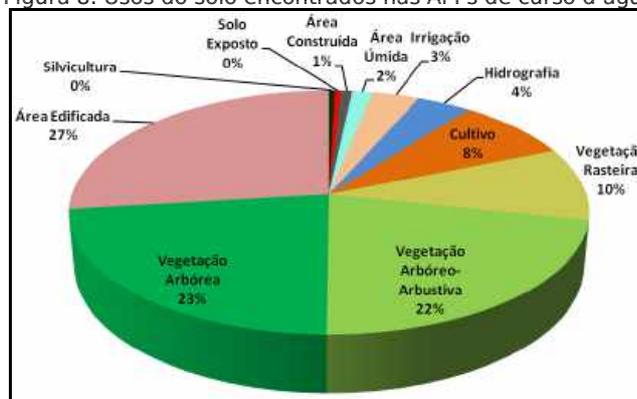


Figura 7. APPs de curso d'água, aglomerados subnormais e seus respectivos usos do solo



A Figura 8 mostra a participação de cada uso do solo dentro das APPs de curso d'água, mostrando que, o uso predominante são as áreas edificadas. Entretanto, observa-se que a vegetação arbórea e arbóreo-arbustiva totalizam 45% dos usos em APPs.

Figura 8. Usos do solo encontrados nas APPs de curso d'água



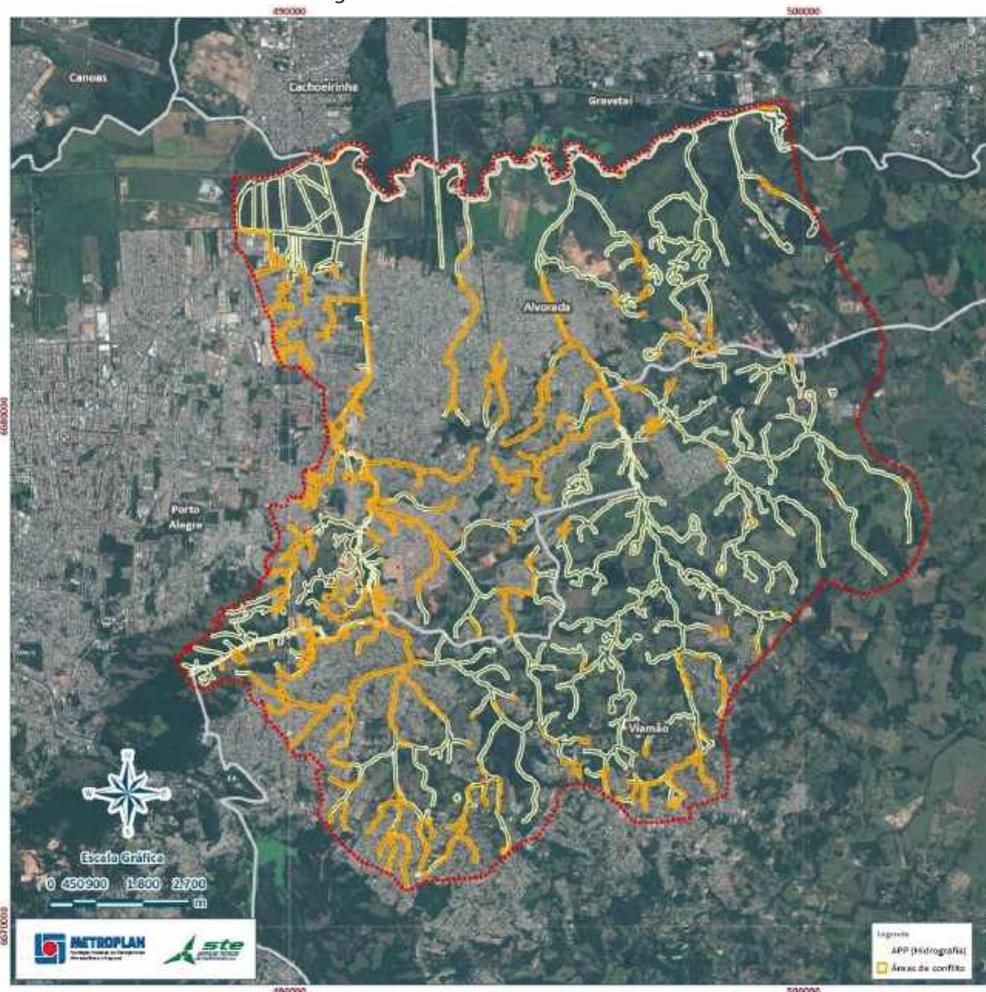
Fonte: STE (2015)





A Figura 9 apresenta os locais onde os usos atuais nas APPs estão em desacordo com a legislação ambiental, sendo também aqui nomeadas de áreas de conflito.

Figura 9. Áreas de conflito em APP



Em Alvorada foram contabilizadas 601 ha de APP com aproximadamente 35% dessas ocupadas com usos em desacordo com a legislação ambiental e Porto Alegre essa porcentagem é de 33% num total de 387 ha de APP. Enquanto que Viamão, apresenta 23% de suas APPs em desacordo para 889 ha de APP. Para a AEH, tem-se um total de 1.877 ha sendo que aproximadamente 29% encontram-se em desacordo com a legislação ambiental.

#### 4.1.1.3 Aglomerados Subnormais

Além das áreas de conflito relacionadas aos Planos Diretores e APPs, existem outras que podem ser obtidas através dos Aglomerados Subnormais (AGS) do IBGE (2006). Segundo esse instituto, essas áreas são conhecidas por nomes como favela, comunidade, grotão, vila, mocambo, entre outros. São constituídas por, no mínimo, 51 unidades habitacionais carentes em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e/ou densa.



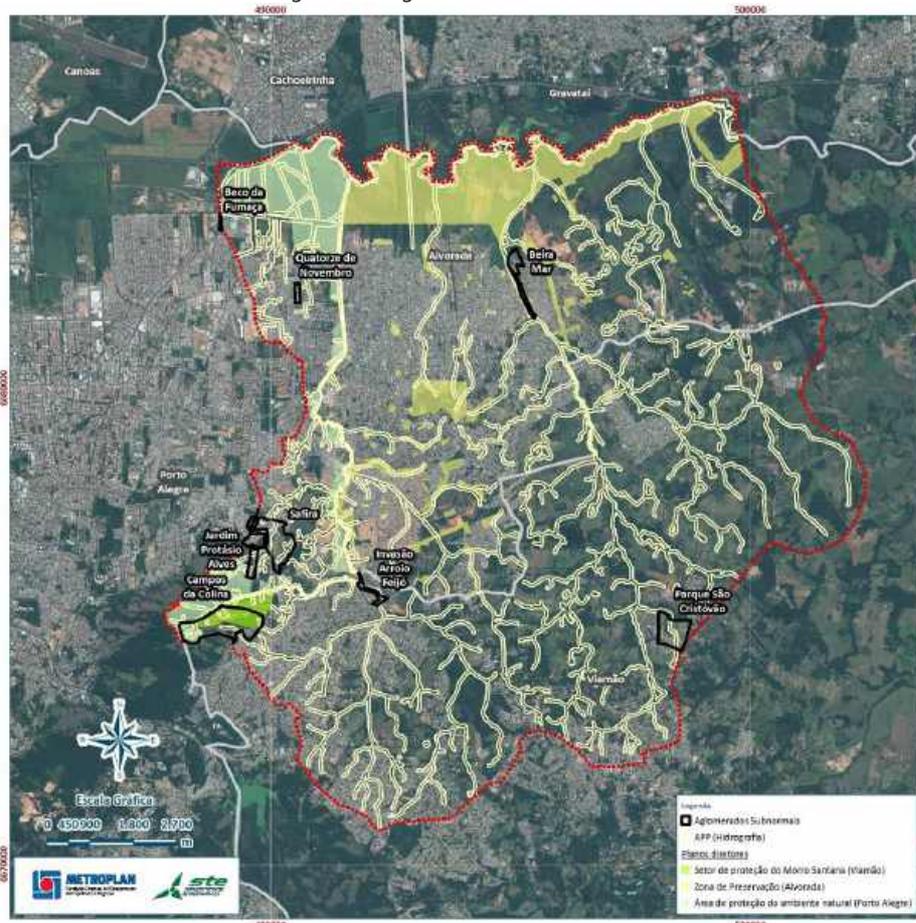
Os dados referentes a população nessas áreas foram apresentados no relatório Levantamento de Dados, item 5.1.4.1. A Figura 10 apresenta a localização e a sobreposição sobre áreas legalmente protegidas dos Planos Diretores e APPs.

O Quadro 4 apresenta os percentuais ocupados pelos Aglomerados Subnormais que encontram-se em desacordo com a legislação.

Quadro 4. Percentuais dos Aglomerados em desacordo com a legislação

Aglomerado Subnormal	Área (ha)	Em APP (ha)	%	Em Zonas de Preservação dos Planos Diretores (ha)	%
Beira Mar	16,27	1,85	11,38	2,47	15,21
Beco da Fumaça	0,82	-	-	-	-
Jardim Protásio Alves	9,57	2,33	24,30	2,12	22,10
Safira	60,69	11,46	18,89	-	-
Campos da Colina	83,92	15,47	18,44	44,29	52,78
Invasão Arroio Feijó	6,79	2,93	43,11	-	-
Parque São Cristóvão	36,83	4,13	11,22	-	-
Quatorze de Novembro	3,88	-	-	-	-

Figura 10. Aglomerados Subnormais



#### 4.1.1.4 Considerações

Esses dados contribuirão para a situação atual no que se refere a drenagem: drenagem urbana insuficiente, que dá origem a alagamentos e áreas ocupadas atingidas pela



inundação do rio Gravataí, o que vem acarretando problemas socioambientais de maneira crescente.

A partir do cruzamento entre os Planos Diretores, APPs e aglomerados subnormais com os usos atuais percebe-se que existem diversas situações em desacordo com a legislação, seja ela ambiental (Código Florestal) ou urbanística (Planos Diretores).

#### 4.1.2 Relação entre o desenvolvimento urbano e as inundações ribeirinhas e drenagem pluvial urbana com base nas machas atuais e futuras de inundações

As alterações do meio ambiente urbano causadas pelas ações antrópicas vêm intensificando situações de enchentes/alagamentos, deslizamentos e desastres (TUNDISI, 2003 *apud* SCHEREN, 2014).

No Brasil, o incremento da impermeabilização do solo está associado ao crescimento das cidades, com consequências diretas a drenagem pluvial urbana, e, em alguns casos, negativamente, na saúde dos habitantes (TUNDISI, 2003 *apud* SCHEREN, 2014 e FUNASA 2004 *apud* SCHEREN, 2014). Segundo FUNASA (2004 *apud* SCHEREN, 2014), o processo de assentamentos populacionais interfere diretamente no fluxo das águas superficiais e subterrâneas. Inevitavelmente, advém a ocupação das várzeas de inundações dos cursos de águas.

De acordo com DNAEE (1976 *apud* SCHEREN, 2014), as planícies de inundação ou planícies fluviais podem ser definidas como terras planas, próximas ao fundo do vale de um rio, inundadas quando o escoamento do curso d'água excede a capacidade da calha menor, sendo frequentemente ocupadas por ocasião das cheias. Numa várzea de inundação preservada, sua característica principal é a vegetação ciliar (SCHEREN, 2014).

Neste estudo a relação entre o desenvolvimento urbano, as inundações ribeirinhas e drenagem pluvial urbana foi realizada pela análise direta do crescimento das manchas urbanas disponíveis no acervo de imagens aéreas na AEH.

#### ***Evolução da Mancha Urbana na AEH***

A área inundável do rio Gravataí recuou consideravelmente devido a construção dos diques para conter as cheias em Porto Alegre, Canoas e Cachoeirinha (SCHEREN, 2014). A falsa sensação de proteção contribuiu para o crescimento urbano. Em 1975, a área de mancha urbana era de 75 km<sup>2</sup>, já em 2009 de 183 km<sup>2</sup>. A área inundável na década de 1970 tinha 58 km<sup>2</sup>, e em 2009 33 km<sup>2</sup>. As áreas urbanas na planície de inundação ocupavam 33 km<sup>2</sup> em 1975, e em 2009 foi 67 km<sup>2</sup>.

Segundo o Plano Ambiental de Alvorada (Alvorada, 2011), a partir de 1980, a ocupação urbana vem se ampliando ao longo dos anos. A população cresceu, em média, 4,6% ao ano na década de 80, e, 9,8% ao ano em áreas de ocupações não planejadas. Nessas “vilas”, o esgotamento sanitário é, na prática, inexistente. Proliferam-se as valas a céu aberto. Entre os elementos que dificultam a solução, estão as altas densidades populacionais, e, por consequência, alta produção de dejetos por unidade de área. Tais situações vêm comprometendo a saúde das comunidades e contaminação dos cursos d'água, contribuindo para a degradação ambiental. Com relação à localização, a maioria das áreas de ocupação



não planejada encontram-se em antigas áreas verdes, áreas de uso institucional, faixas junto aos cursos d'água e em áreas alagadiças.

Resumidamente, no município de Alvorada ocorrem quatro períodos de crescimento expressivos, iniciando em 1948 (Rigatti, 2002), e, tendo seu ápice na urbanização no período entre 1981 e 2000:

"...a área urbana de Alvorada recebe alguns novos grandes empreendimentos, os maiores deles sendo extensões ou novas fases de outros já existentes e de mesmo empreendedor", sendo:

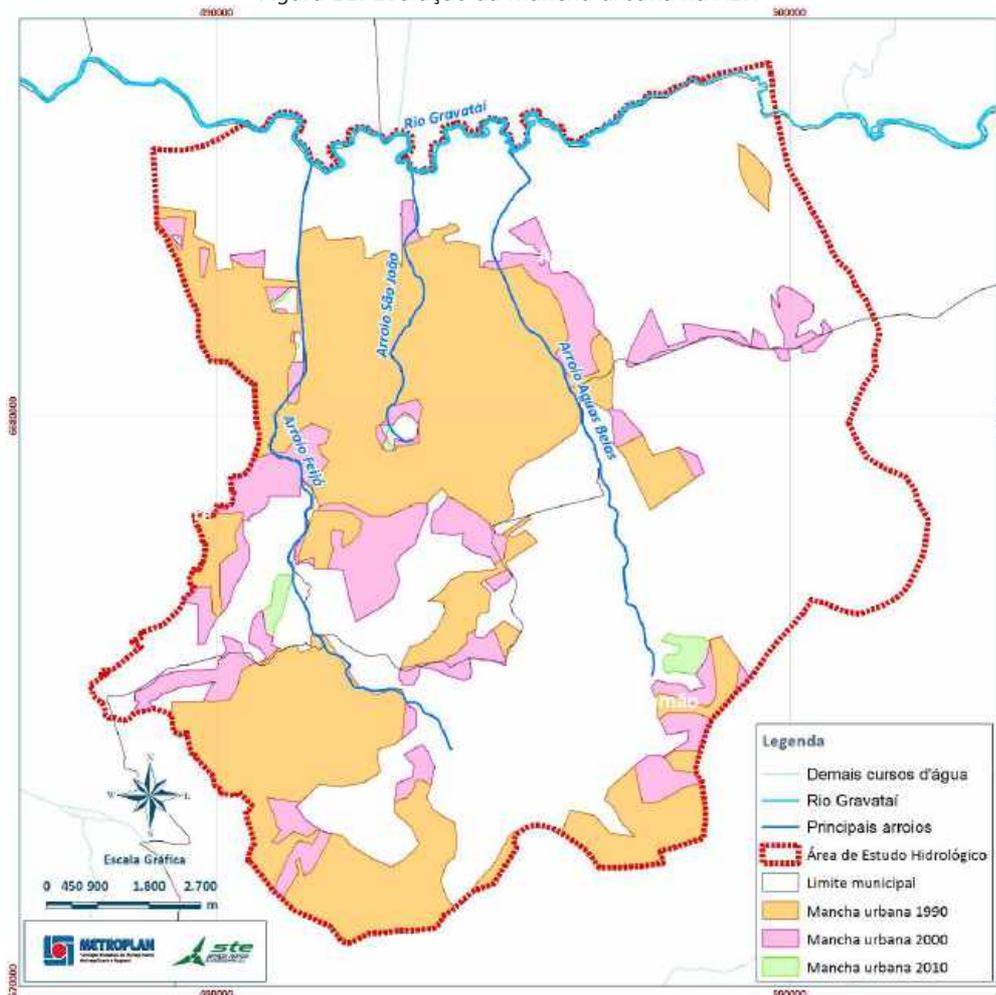
- Entre os anos de 1948 e 1955, o município tinha 14.180 lotes de terra no mercado, distribuídos em 29 loteamentos, sendo 3 destes com características rurais. As principais vias de acesso eram as estradas Getúlio Vargas e Frederico Dihil, onde se situavam 17 e 6 loteamentos, respectivamente;
- Entre os anos de 1956 a 1965, de acordo com o mesmo autor, observou-se a redução na criação de novos loteamentos, sendo que neste período foram criados 18 loteamentos e também se observou a inserção de loteamentos irregulares, sem registros na prefeitura;
- Entre os anos de 1966 a 1978 observa-se uma cessão total de novos loteamentos após uma fase de irregularidades;
- Entre os anos 1979 e 1980, foram construídos 23.000 lotes, distribuídos em 7 loteamentos, aumentando em 50% os números de lotes comparando-se aos existentes até o ano de 1978;
- Entre os anos de 1981 a 2000, verificou-se a inserção de 2.871 lotes residenciais e 106 lotes industriais no município, além da regularização de dois loteamentos irregulares. Neste período se observa maior aumento da população em direção ao rio Gravataí".

O avanço da urbanização de 1990 a 2010 na AEH pode ser observado na Figura 11. Com base na figura, observa-se que existe um considerável aumento entre a mancha de 1990 e de 2000, não se verificando um incremento significativo entre a de 2000 para a de 2010. As mesmas foram delimitadas através da digitalização e interpretação de imagens de satélite Landsat disponíveis no site do INPE, com 30 metros de resolução espacial, compatível com escala de 1:50.000.

As áreas dos cursos de águas já estavam ocupadas em 1990, demonstrando que os problemas de inundações já sacrificam a população desde esse período.



Figura 11. Evolução da mancha urbana na AEH



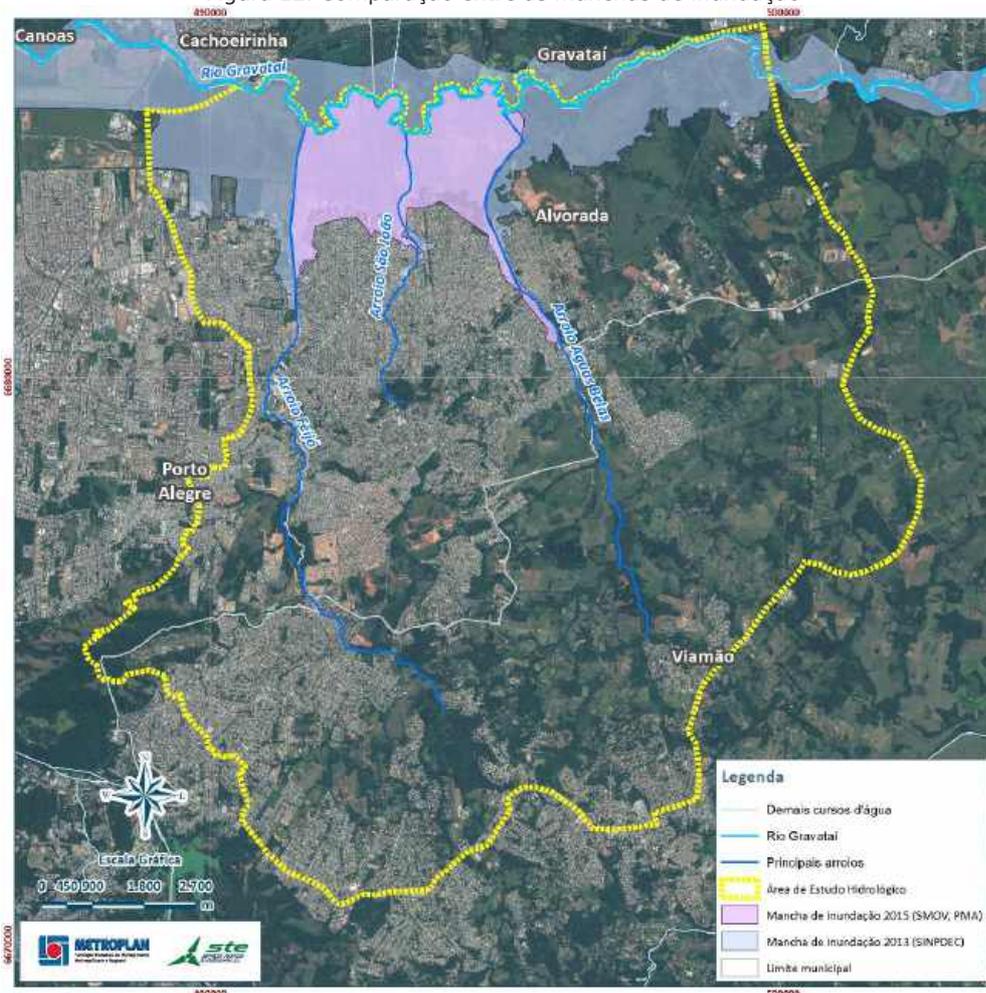
### Áreas Inundáveis

O PMSB (Alvorada, 2012) relata que 60% a área urbanizada conta com rede de esgotamento pluvial, principalmente, na porção mais central da cidade. O cadastro realizado pela STE (2016), levantou na AEH 83,1 km de macrodrenagem pluvial.

As áreas de risco de inundações provenientes no município de Alvorada, de acordo com o PMSB (Alvorada, 2012), estão localizadas em cotas altimétricas baixas, junto às margens do rio Gravataí. Em 1986, iniciaram-se as obras de defesa contra inundações da cidade, mediante a construção de um dique. Estas obras foram executadas até 1990, quando foram paralisadas, antes de sua conclusão, estando assim desde aquela época. O segmento de dique, parcialmente construído, limita o escoamento das águas das cheias das bacias internas (Alvorada, 2012). Conforme STE (2016), essas elevações altimétricas estariam inferior a 6 m, região sazonalmente em riscos de inundações (ver item 4.2.1.5). As maiores enchentes registradas na área de estudo ocorreram nos anos de 2013 e 2015, sendo essa última a de maior impacto a população, conforme mostra a Figura 12, obtida por meio de dados secundários.



Figura 12. Comparação entre as manchas de inundação



As margens dos arroios principais das AEH, Feijó, São João e Águas Belas, atravessam diversas áreas baixas de difícil drenagem, caracterizadas pelos índices elevados de ocupação habitacional. Esta ocupação sem planejamento, em geral, é produzida por populações de baixo poder aquisitivo, sem critérios para a preservação das áreas frequentemente inundáveis. As zonas mais críticas são aquelas situadas entre 20m a 50m das margens dos arroios, ver Figura 85, conforme determinado neste Estudo. Será ainda estimado neste Estudo o número de residências atingidas para os diferentes Tempos de Retorno (item 4.2.1.5).

O PMSB (Alvorada, 2012) sugere programas de médio e longo prazo que visam melhorar o controle e o planejamento da drenagem urbana na cidade, conforme descritos a seguir:

- Elaboração do Cadastro do Sistema de Drenagem: elaborado aqui no estudo de macrodrenagem com diâmetro superior a 800 mm;
- Levantamento e cadastro de obras de drenagem: um cadastro de obras realizadas dentro do escopo de drenagem pluvial, características detalhadas dos cursos de água canalizados, detalhes desta canalização e do projeto do dique. Estes dados foram parcialmente levantados no estudo aqui feito (conforme relatório





Levantamento de Dados – Plantas e Memoriais do Cadastro da Rede de Drenagem Produto nº 8).

4.1.3 Avaliação da vulnerabilidade às inundações

4.1.3.1 Históricos das Cheias entre 1990 a 2015

A identificação das principais inundações ocorridas na última década e prejuízos estimados para a região podem ser obtidos no Atlas Nacional de Desastres Naturais - Volume Rio Grande do Sul (período de 1991 a 2010), e, entrevistas realizadas no presente estudo, descritas no relatório Base de Dados. Também foram pesquisadas na rede mundial de computadores notícias sobre as enchentes na região. Ainda foram consultadas informações no Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC).

O Atlas registrou um desastre natural por Inundação brusca em 2010 em Alvorada, excluindo os demais municípios da região metropolitana do evento. As entrevistas realizadas com os moradores locais apontarem situações extremas nos anos de 2008, 2013 e 2015. A rede mundial de computadores confirmou esses anos com eventos intensos.

No dia 04 de setembro de 2013 foi informado no site do jornal O Alvoradense que a chuva que aconteceu em setembro gerou prejuízos estimados em R\$ 20 milhões. Na mesma data, a repórter Salinet do site G1 informou que os moradores de Alvorada deveriam esperar mais 10 dias para a água baixar, situação que permanecia a duas semanas. Esse evento de 2013 resultou em 10 mil famílias atingidas, com 1,3 mil desalojados e 83 famílias desabrigadas. A notícia ainda acrescenta que "foi avaliado pela Defesa Civil em torno de R\$ 20 milhões entre prejuízos de estrutura das moradias, das casas das pessoas, móveis que foram estragados e alimentos".

Os formulários de informações do Desastre (FIDE) apresentam os dados dos eventos críticos de 2012 a 2014 para os municípios da AEH. Eles podem ser vistos no Quadro 5.

Quadro 5. Dados referente ao formulário de informações do desastre FIDE

Município	Data	Nº total de pessoas afetadas	Descrição das Áreas Afetadas	Danos Materiais		Prejuízos Econômicos	
				Unidades habitacionais (R\$)	Obras de Infraestrutura Pública (R\$)	Públicos (R\$)	Privados (R\$)
Alvorada	15/09/2012	1.000	Várzea do Rio Gravataí, bairros: Americana, Nova Americana, União, Sumaré, Passo do Feijó, Umbu, Onze de Abril	267.188,25	228.087,50	63.672,08	-
	27/08/2013	12.014	Parte da área urbana conforme ruas: Afonso Arinos, Americana, André da Rocha, Anita Garibaldi, B, Beco do Birú, Chico Mendes, Coelho Neto, Travessa Corcovado, Travessa Cruzeirozinho, D, 19 de Dezembro, 12 de Maio, Estocolmo, G, Gaspar Martins, João Pedro da Silva, Manoel Dias da Silva Filho, Mariz e Barros, Marques do Pombal, Beco do Natal, Porto Rico, PP 03, Princesa Isabel, Salgado Filho, Taimbé, Vasco da Gama, Wenceslau Fontoura, X, Av. Beira Rio, Av. Itará	14.700.000,00	611.406,45	5.363.104,00	500.000,00



Município	Data	Nº total de pessoas afetadas	Descrição das Áreas Afetadas	Danos Materiais		Prejuízos Econômicos	
				Unidades habitacionais (R\$)	Obras de infraestrutura Pública (R\$)	Públicos (R\$)	Privados (R\$)
	01/02/2014	10.000	Parte da área urbana em diversas ruas do município, especialmente os bairros Americana, Agriter, São Caetano, Sumaré, União, Taimbé, Icaraí, Vila da Figueira, Nova Americana, Tupã, Morumby, Maria Regina, Cedro, Barcellos, Salomé, Campos Verdes, Onze de Abril, Umbu, Tijuca, Nova Alvorada, São Lourenço, Passo da Figueira, Piratini, Caxambu, São Pedro, Duas Figueiras, Setembrina, Ferrari, Formosa, Central, Maringá, Jardim Maringá, Vila Maria	1.870.412,50	-	-	-
Porto Alegre	30/12/2014	1.757	Toda a área rural foi afetada pelas fortes chuvas, que chegaram ao volume de aproximadamente 300 mm, danificando estradas, pontes bueiros, causando ainda alagamento de propriedades e perda de alimentação. As principais localidades atingidas: Linha Agatti, Linha Taquaruçu Alto e Baixo, Linha Xingu Baixo, Linha Santo Antônio	-	450.304,20	370.000,00	837.100,00

O Diário Gaúcho, de 05 de agosto de 2015, classificou o evento de julho de 2015 como a maior cheia das últimas três décadas no município de Alvorada, causando transtornos e prejuízos aos moradores do Bairro Americana (Foto 3 e Foto 4). Depois de 20 dias, a água começou a recuar para o leito do rio Gravataí e seus afluentes e os moradores puderam retornar a suas casas para contabilizar os prejuízos e realizarem limpeza.

Segundo a notícia, no total, 13 mil pessoas foram afetadas pelas enchentes desde 14 de julho de 2015. A Prefeitura Municipal utilizou duas retroescavadeiras e quatro caminhões para recolher 1,2 mil metros cúbicos de entulhos deixados pelas cheias nas ruas, o que totalizou 90 caminhões. Foram também, de modo preventivo, dragados 400 m<sup>3</sup> de areia dos 9 km de extensão do arroio Feijó, com o intuito de esperar novos eventos pluviométricos na região. O Quadro a seguir mostra os números do evento de 2015.

Quadro 6. Dados referente aos prejuízos das enchentes de 2013 e 2015

Ano	2013*	2015
Ruas Alagadas	31	98
Casas alagadas	R\$ 2,5 mil	R\$ 2,75 mil
Pessoas atingidas	10 mil	13 mil
Prejuízos**	R\$ 5,3 milhões	R\$ 8,75 milhões

Fonte: Diário Gaúcho

\*Ano com maior enchente enfrentada em Alvorada, até então, nas últimas três décadas.

\*\*Gastos da prefeitura com limpeza urbana, transporte e segurança nos locais atingidos.

Na mesma reportagem, o presidente do Comitê da Bacia do Rio Gravataí, Sérgio Cardoso, salientou que as vias do Bairro Americana, a Avenida Beira-Rio, as ruas Americana, Marquês do Pombal e Anita Garibaldi, em Alvorada, estão inseridas na zona inundação natural do rio Gravataí e seus afluentes, e, portanto, tornando esse problema recorrente ao longo dos anos.



Foto 3. Transtornos e prejuízos aos moradores do Bairro Americana. (Fonte: DIÁRIO GAÚCHO, 2015)



Foto 4. Transtornos e prejuízos aos moradores do Bairro Americana. (Fonte: DIÁRIO GAÚCHO, 2015)

Outra notícia veiculada pelo jornal o Alvoradense de 19 de julho de 2015, descreveu que as fortes chuvas que caíram durante aquela madrugada em Alvorada agravaram a situação dos moradores atingidos pela enchente na zona Norte da cidade. Segundo a notícia, no bairro Americana, a água estava prestes a atingir a rua André Puente, se igualando ao nível histórico da enchente de 2013, considerada uma das piores da história do município. A notícia informou que foram atingidas regiões secas de diversas ruas do bairro Sumaré e Nova Americana, onde a movimentação de caminhões e retroescavadeiras eram grandes, possivelmente a fim de amenizar a situação. A Foto 5 ilustra a situação da área descrita na reportagem.



Foto 5. Enchente 2015 se aproximando do nível histórico de 2013. (Fonte: O ALVORADENSE)

Segundo dados do Jornal O Alvoradense, de 25 de julho de 2015, a casa de captação e bombeamento de água da CORSAN, situada às margens do rio Gravataí, também foi inundada, deixando a população sem água por tempo considerável.

#### 4.1.3.2 Mapeamento dos locais de inundação baseado em eventos históricos

No presente estudo foi elaborado, com base nas informações secundárias, um Mapa de Inundação, que será empregado para comparação com os resultados obtidos na modelagem hidrodinâmica.

Para a elaboração do Mapa de Inundação (Anexo 1) foram utilizados os dados fornecidos pelas Prefeituras, Comitê de Bacia do Gravataí e dados coletados à campo. Neste mapa são apresentadas locais de realização de entrevistas com moradores (STE, 2015), manchas de inundação do rio Gravataí (PBRG), arroio Feijó e Santo Agostinho (PDDRJ), mancha estimada a partir dos dados da Defesa Civil de Alvorada para a enchente de 2013, e dados coletados



pela STE no mês de julho (STE, 2015). Foi acrescentado os dados das manchas de inundação de 1941, 1948 e 2015 fornecida pela PMA, além de curvas de nível de 20 em 20 metros, sistema viário, hidrografia (HASENACK e WEBER, 2010), AEH, bacias hidrográficas na AEH (STE, 2015) e os limites municipais (IBGE, 2013).

Inicialmente, foram propostos ao contratante 18 pontos para realização de entrevistas, três pontos em cada uma das seis bacias hidrográficas que escoam em direção ao Gravataí, dentro da AEH, posicionados próximos a cursos d'água com histórico de alagamentos, os mesmos foram aprovados pela PMA. Porém, ao longo da realização das entrevistas, verificou-se que dos 18 pontos previstos apenas 10 situavam-se em áreas onde os alagamentos são recorrentes e representam, problema de fato, esses dados visam aprimorar a informação sobre frequência, altura e duração das inundações. No mapa esses pontos são destacados. As entrevistas foram realizadas entre os dias 4 e 7 de agosto de 2015, os contatos dos moradores foram indicados pela PMA.

As entrevistas foram realizadas através de formulário padrão, apoiadas pelo receptor de sinal *Global Navigation Satellite System (GNSS)*, fabricante *Garmin*, modelo *Montana*, para obtenção das coordenadas no sistema de projeção *Universal Transversa de Mercator (UTM)*. Foram fotografados os níveis das cheias nos locais das entrevistas.

O Quadro 7 apresenta o resumo das entrevistas. As fichas originais e consolidadas já foram apresentadas no Relatório Base de Dados, respectivamente. No Anexo 1 consta o Mapa de Inundação com os locais das referidas entrevistas.

Quadro 7. Resumo das entrevistas

Entrevista	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
UTM E	495172	494152	493496	491456	496714	493841	495509	491473	491016	493303
UTM N	6682029	6683308	6682464	6680522	6683814	6683227	6681382	6682362	6679370	6682635
Tempo de residência no local	22 anos	39 anos	34 anos	20 anos	34 anos	42 anos	21 anos	42 anos	16 anos	18 anos
Data do evento (1)	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2003	2008	2013	2013
Duração da inundação na rua (1)	8 dias	20 dias	8 dias	2 dias	7 dias	15 dias	10 dias	10 dias	2	15 dias
Cota (1)	1,20 m	2,40 m	0,40 m	0,60 m	1,50 m	1,00 m	1,40 m	0,30 m	0,5 m (acima ponte)	1,10 m
Data do evento (2)	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2013	2013	2015	2015
Duração da inundação na rua (2)	5 dias	20 dias	10 dias	2 dias	20 dias	15 dias	7 dias	15 dias	2	20 dias
Cota (2)	0,60 m	0,60 m	0,50 m	-	1,80 m	1,20 m	0,90 m	0,10 m	-	1,40 m
Data do evento (3)	-	-	-	-	-	-	2015	2015	-	-
Duração da inundação na rua (3)	-	-	-	-	-	-	3 dias	20 dias	-	-
Cota (3)	-	-	-	-	-	-	1,10 m	-	-	-

#### 4.1.3.3 Zonas sujeitas a riscos de inundações

As zonas inundáveis na AEH foram determinadas pelas informações SIG e modelagens das cheias com diferentes tempos de retorno nas várzeas do rio Gravataí e principais arroios afluentes dentro da AEH: Feijó, Santo Agostinho, São João e Águas Belas. O resultado da modelagem e suas manchas de inundações serão tratadas em item específico mais à frente.



Com base nas informações obtidas neste item foi possível quantificar no Quadro 8 as áreas edificadas sujeitas a inundações que aconteceram em 2013 e 2015.

Quadro 8. Edificações sujeitas à inundações de 2013 e 2015

Evento	Edificações	Área Total (m <sup>2</sup> )
2013	5.208	454.953
2015	5.751	512.383

Fonte: STE (2015)

De acordo com os dados do Quadro 8, em 2013 5.208 edificações ficaram expostas às inundações enquanto que em 2015 foram 5.751 unidades. Em 2013, as edificações totalizaram 454.953 m<sup>2</sup> e no ano de 2015 foram 512.383 m<sup>2</sup>.

A seguir constam os Sintomas Patológicos no Sistema de Drenagem Pluvial Urbano no Agravamento dos Níveis de Inundações.

Deve-se por fim salientar que neste relatório serão apresentadas as manchas de inundações realizadas pela modelagem, sendo ilustrado novamente as áreas com vulnerabilidade a inundações.

## 4.2 Drenagem Urbana e Inundações Ribeirinhas

O diagnóstico sobre os serviços de drenagem pluvial urbana realizou a análise dos dados existentes considerando os estudos já elaborados para a bacia hidrográfica relacionada com drenagem urbana; a identificação das principais inundações ocorridas na última década e os prejuízos estimados para as cidades; e por fim o mapeamento dos locais de inundações das cidades com base em informações da Defesa Civil, das prefeituras e da população utilizando-se de um sistema de entrevistas. A seguir é apresentado um resumo dos estudos realizados anteriormente para a área de estudo bem como suas relações com o presente estudo.

### 4.2.1 Análise dos estudos realizados para a bacia hidrográfica

A seguir é apresentada uma análise dos estudos já realizados em relação AEH. Esse item resumirá as principais inundações ocorridas e os prejuízos estimados, assim como, o mapeamento dos locais de inundações.

- *Estudo de viabilidade técnico-econômica das obras de defesa de Porto Alegre, Canoas e São Leopoldo, contra inundações*

O Estudo de viabilidade técnico-econômica das obras de defesa de Porto Alegre, Canoas e São Leopoldo, contra inundações foi elaborado em 1968 pelo DNOS e deu origem ao atual sistema de proteção contra cheias de Porto Alegre. O sistema é composto por diques, polderes e casas de bomba, conforme Figura 13. Esse projeto não contemplou diques para AEH em Alvorada.



Figura 13. Planta Geral



Fonte: Adaptado de Estudo de viabilidade técnico-econômica das obras de defesa de Porto Alegre, Canoas e São Leopoldo, contra inundações (1968)

- *Aerolevantamento Metroplan*

O Aerolevantamento da RMPA foi realizado em 1972 para auxiliar a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário e ficava sob coordenação do Conselho Deliberativo da RMPA. O vôo foi realizado em 1972 e cobriu a área aproximada de 5.400 km<sup>2</sup> com a aquisição de fotografias aéreas. As atualizações informadas nas cartas datam de 1988 e sua digitalização ocorreu em 1997. O cadastro inclui, além de outras informações, o sistema viário, a hidrografia e a hipsometria, na escala 1:10.000. As curvas de nível foram concebidas com equidistância de 5 metros.

- *Projeto Executivo de Proteção contra Inundações da cidade de Alvorada*

O Projeto Executivo de Proteção contra Inundações da cidade de Alvorada foi contratado pelo DNOS em 1983, conforme ilustra a localização do dique na Figura 14. Foram realizados levantamentos topográficos, investigações geológico-geotécnicas, estudos hidrológicos e os projetos executivos das estações de bombeamento, diques de proteção, sistemas de macro e microdrenagem pluvial. Além disso, foram realizadas as especificações técnicas, os quantitativos de materiais e serviços e o orçamento da obra. Não foram encontrados todos os dados referente ao estudo.



Figura 14. Concepção Geral do Sistema



Fonte: Adaptado de Projeto Executivo de Proteção contra Inundações da cidade de Alvorada (1983)

A partir desse projeto foi concebido o sistema de proteção contra cheias de Alvorada, sendo composto pelos seguintes elementos principais:

- Dique de proteção em solo argiloso compactado, que envolve a área do “polder”, com extensão de 7.600 m, e altura máxima de 4,8 m;
- Canalização coletora interna, convergente à casa de bombas, com duas seções básicas, uma em galeria fechada em áreas densamente urbanizadas e outra em canal aberto, não revestido, seção trapezoidal;
- Casa de bombas, dotada de galeria de “by-pass” com capacidade para recalcar para o exterior do “polder” as vazões de cheias laminadas.

Para dimensionamento de tal sistema foram utilizados os níveis preconizados no estudo do DNOS de 1968, onde a cota de coroamento do dique de Alvorada foi determinada para recorrência de 370 anos, acrescida de um coeficiente de segurança de 1,20 m. Assim, a cota de coroamento levando em consideração a distância das estações foi de 7,30 m (Sistema UTM Gauss Kruger/METROPLAN – Marégrafo de Torres).

• *Fragilidades Físicas da Sub-bacia do arroio Feijó*

O Programa Integrado da Sub-bacia Hidrográfica do arroio Feijó foi realizado no âmbito do Programa Integrado de Recuperação de Áreas Degradadas, pela METROPLAN em 2002 e seu objetivo principal foi a recuperação urbana e ambiental de áreas degradadas e a promoção do desenvolvimento social e econômico. Dentre as atividades desse programa foi realizado a Identificação, Mapeamento e Análise das Fragilidades da Sub-bacia do arroio Feijó.

Uma das temáticas levantadas foi a Avaliação do Risco de Cheias incluindo a Determinação das Vazões de Cheia, Análise da Curva Chave do arroio Feijó, Levantamento de Seções Batimétricas, Levantamento de Marcas Históricas e a elaboração do Mapa de Risco de





Cheias. O Quadro 9 a seguir apresenta as cotas da lâmina d'água na seção do linígrafo no arroio Feijó para os diferentes Tempo de Retorno.

Cabe salientar que os valores encontrados nesse estudo utilizaram os dados da Estação Fluviométrica do Passo do Feijó, nas proximidades com a Av. Presidente Getúlio Vargas e que possui dados entre 1991 e 1995 (20 medições) e algumas medições dispersas até 1998. Assim a determinação dos Tempos de Retorno maiores de 10 anos foi realizada através de extrapolação logarítmica devido a insuficiência dos dados.

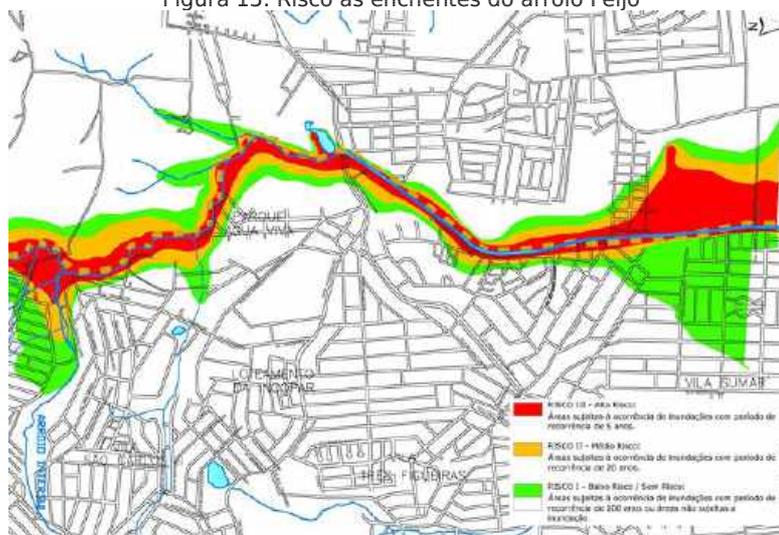
Quadro 9. Níveis de água em função dos Tempo de Retorno

Tr (anos)	Q <sub>máx</sub> (m³/s)	NA (m)
2	21,38	1,47
5	37,23	1,86
10	53,82	2,17
20	75,30	2,30
50	113,40	3,10
100	150,90	3,30

Fonte: Adaptado de METROPLAN (2002)

A Figura 15 apresenta, parcialmente, o mapeamento de risco das cheias, na divisa entre os Municípios de Porto Alegre e Alvorada. Nessa área, o risco às enchentes foi classificado como de Risco I - Baixo/Sem Risco, estando sujeitas às ocorrências de inundações com período de recorrência de 100 anos ou áreas não sujeitas a inundação.

Figura 15. Risco às enchentes do arroio Feijó



Fonte: Adaptado de METROPLAN (2002)

- *Plano Regional de Saneamento da Bacia do Rio Gravataí*

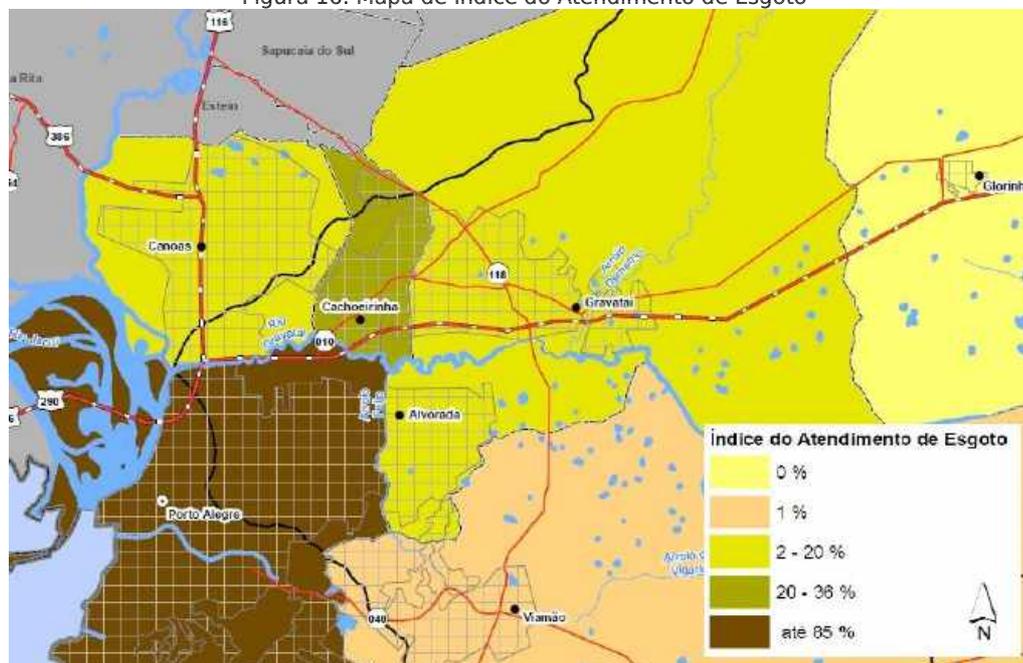
O Plano Regional de Saneamento da Bacia do Rio Gravataí foi elaborado pela Secretaria de Habitação, Saneamento e Desenvolvimento Urbano (SEHADUR) em 2010. Esse plano foi responsável pela avaliação integrada da situação de saneamento nos municípios integrantes da Bacia do Gravataí. O mesmo foi subdividido em seis blocos: Diagnóstico dos Sistemas Existentes; Estabelecimento das Unidades Regionais de Planejamento; Identificação das Demandas e Formulação das Estratégias do Plano Regional; Formulação do Conjunto de Programas e Ações Regionalizadas; Análise da Viabilidade Econômico - Financeira considerando Recursos Internos aos Sistemas; e, Consolidação das Ações do





Plano e Indicativo dos Recursos Externos. A Figura 16 mostra o índice de atendimento de esgoto da Bacia.

Figura 16. Mapa de Índice do Atendimento de Esgoto



Fonte: adaptado de Plano Regional de Saneamento da Bacia do Rio Gravataí(2010)

Deve-se destacar que o Plano evidencia índices predominantes entre 1 e 20% na AEH no que se refere ao atendimento de Esgoto Sanitário, conforme Figura 16, e, com relação à drenagem urbana salienta a extinção do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) e o vácuo deixado em termos de atuação pública e acervo técnico.

- *Aerolevantamento de Porto Alegre*

O Aerolevantamento de Porto Alegre foi realizado em 2010 para subsidiar a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário e estava sob coordenação das Secretarias da Fazenda e do Planejamento da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA). O vôo foi realizado em 2011 e cobriu uma área de 545 km<sup>2</sup> com a aquisição de fotografias aéreas além da utilização de tecnologia laser para obtenção das elevações, inclusive com a criação de modelos digitais de superfície. O cadastro inclui, além de outras informações, a hidrografia, as redes de macro e microdrenagem pluvial, pontes e reservatórios de amortecimento. Esses dados são imprescindíveis para a concepção do sistema de proteção contra cheias do Rio Gravataí.

A Figura 17 apresenta uma amostra do cadastro obtido junto à PMPA, onde podem ser visualizadas as redes de drenagem com seus diâmetros, recursos hídricos e a fotografia aérea.





Figura 17. Aerolevanteamento de Porto Alegre (Área próxima ao arroio Feijó)



Fonte: Adaptado de Aerolevanteamento de Porto Alegre (2011)

• *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre*

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) elaborado pelo DEP em 2011, tem por objetivo principal criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais, dos rios e arroios em áreas urbanas. O PDDrU tem como principais produtos:

- Regulamentação dos novos empreendimentos;
- Planos de controle estrutural e não-estrutural para os impactos existentes nas bacias urbanas da cidade;
- Manual de drenagem urbana.

Além disso, foram realizadas análises individuais das bacias hidrográficas, sendo que para esse estudo específico aquelas que merecem destaque são dos arroios Feijó e Santo Agostinho (bacias de interesse). Para cada bacia foi apresentada sua caracterização, divisão das sub-bacias, estudo populacional, cenários de avaliação do sistema de drenagem, metodologia para os estudos hidrológicos e hidráulicos, caracterização do sistema de drenagem urbana, diagnóstico do sistema de drenagem, medidas de controle e avaliação dos aspectos qualitativos.

Entre as informações levantadas por esse estudo, o Quadro 10 apresenta os parâmetros utilizados na simulação hidrológica, empregados nos cenários atual e tendencial.

Quadro 10. Parâmetros de simulação das bacias hidrográficas de interesse

Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	L (km)	Cota máxima(m)	Cota mínima(m)	Desnível(m)	Tc (min)	CN	FA	Tc corrig (min)
Feijó - Atual	9,78	12,96	309,20	2,00	307,20	104,60	84,18	1,00	104,46
Feijó - Tendencial	9,78	12,96	309,20	2,00	307,20	104,60	97,92	0,87	90,92
Santo Agostinho - Atual	12,56	7,84	72,60	0,50	72,10	118,43	85,98	0,82	96,94
Santo Agostinho - Tendencial	13,11	7,84	72,60	0,50	72,10	96,94	97,92	0,87	84,26

Fonte: Adaptado de PDDrU (2011)

A partir desses parâmetros foram simuladas as vazões máximas (m<sup>3</sup>/s) em função dos Tempos de Retorno, indicadas no Quadro 11.



Quadro 11. Vazões Máximas (m³/s) dos cenários Atual (A) e Futuro (F) para as bacias de interesse

Sub Bacia	Tr (anos)											
	2		5		10		25		50		100	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
Feijó	39,50	117,79	56,46	142,88	72,30	164,83	100,14	199,77	124,59	229,65	153,99	264,12
Santo Agostinho	60,65	137,87	78,67	161,93	94,32	182,36	120,45	213,93	142,33	240,09	168,3	269,99

Fonte: Adaptado de PDDrU (2011)

O mapeamento das zonas inundáveis foi realizado pelos resultados das simulações para os cenários e tempo de retornos supracitados. A Figura 18 apresenta um recorte desse mapeamento no limite dos municípios de Porto Alegre e Alvorada para o cenário atual no arroio Feijó. Nesse ponto específico, a mancha de inundação para Tempo de Retorno de 100 anos foi ultrapassada no evento de julho de 2015.

Figura 18. Mapeamento das zonas inundáveis no entorno do arroio Feijó - Cenário Atual



Fonte: Adaptado de PDDrU (2011)

Além das simulações foram indicadas possíveis e potenciais medidas de controle para as bacias de interesse, divididas em estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais para o arroio Santo Agostinho foram ampliações da drenagem existente, bacias de contenção e a implantação de dois barramentos. O Quadro 12 apresenta as características das medidas estruturais previstas para o Santo Agostinho.

Quadro 12. Medidas estruturais para o arroio Santo Agostinho

Variáveis	RES-01	RES-02	APRES-01	APRES-02
Largura do barramento (m)	100	70	-	-
Volume máximo (m³)	34.870	26.820	1.756	1.191
Descarga de fundo (m)	0,30	0,30	0,20	0,30
Vertedouro (m)	100	70	30	30

Fonte: adaptado de PDDrU (2011)

As soluções para minimização das cheias para o arroio Feijó incluem execução de reservatórios, barramentos, áreas de reservação, a implantação de um dique dentro de Porto Alegre, uma nova Casa de Bombas e controle na fonte (bacias de retenção). A seguir são apresentadas as características gerais dessas soluções.



Quadro 13. Reservatórios da bacia do Feijó

Características dos Reservatórios	Tr (anos)	RES-01	RES-02	RES-03	RES-04
Volume Máximo Acumulado (m³)	10	433,05	655,23	515,63	297,65
	25	577,56	728,41	546,83	344,58
	50	612,01	775,54	560,00	372,19
	100	631,46	789,44	560,00	398,71
Vazão Máxima de Saída (m³/s)	10	43,84	30,74	81,37	31,57
	25	74,88	46,30	143,05	49,97
	50	98,39	62,45	175,35	68,08
	100	115,61	77,85	175,35	87,11
Cota Máxima (m)	10	23,61	20,86	-	-
	25	23,97	21,14	-	-
	50	24,24	21,32	-	-
	100	24,43	21,46	-	-

Fonte: adaptado de PDDrU (2011)

Outra medida estrutural estudada foi a concepção de duas áreas potenciais de reservação, denominadas APRES-01 e APRES-02 onde suas características são apresentadas no Quadro 14.

Quadro 14. Locais Potenciais de Reservação da bacia do Feijó

Locais Potenciais de Reservação	Volume Máximo Acumulado (m³)				Vazão Máxima de Saída (m³/s)			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
APRES-01	21,12	24,45	65,30	78,36	0,00	0,00	4,59	6,36
APRES-02	8,45	9,78	10,90	12,16	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: adaptado de PDDrU (2011)

Além dessas medidas, foi estudada a implantação de bacias de retenção para o controle na fonte. Suas características podem ser verificadas no Quadro 15.

Quadro 15. Bacias de Retenção da bacia do Feijó

Bacias de Retenção	Volume Máximo Acumulado (m³)				Vazão Máxima de Saída (m³/s)			
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
F1 - BR-1	11,69	13,33	14,02	14,66	5,51	12,18	16,88	21,74
F5 - BR-5	47,72	52,43	54,56	56,48	7,75	18,02	26,41	35,27
F6 - BR-6	17,01	19,06	20,17	21,19	2,09	5,03	7,97	11,24
F7 - BR-7	19,52	21,84	22,92	23,88	7,12	14,35	19,65	25,19
F8 - BR-8	14,60	16,56	17,53	18,40	6,16	11,57	16,03	20,70
F16 - BR16.1	10,85	12,11	12,60	13,06	4,86	8,45	10,85	13,41
F16 - BR16.2	17,75	19,44	20,09	20,66	5,89	11,44	15,08	18,73
F16 - BR16.3	9,12	11,65	14,95	16,69	1,59	5,73	7,62	7,99
F16 - BR16.4	6,66	7,39	7,67	7,93	1,62	3,19	4,38	5,53
F16 - BR16.5	6,32	7,05	7,33	7,59	1,81	3,35	4,49	5,65
F20 - BR-20.1	22,99	26,29	27,84	29,26	9,26	13,95	17,65	21,57
F20 - BR-20.2	27,50	30,64	31,97	33,16	2,65	6,37	9,19	12,14

Fonte: adaptado de PDDrU (2011)

Para as medidas não estruturais foram recomendadas zonas de ocupação restrita em áreas sujeitas à inundação sazonal. Na bacia do Santo Agostinho, os limites propostos correspondem ao traçado do prolongamento da Avenida Fernando Ferrari (4ª Perimetral), dentro da zona da várzea do Gravataí, como pode ser observado na Figura 19.



Figura 19. Zona de Ocupação Restrita



Fonte: Adaptado de PDDrU (2011)

As medidas não estruturais indicadas para a bacia do arroio Feijó são o zoneamento, indicando áreas não edificáveis e zonas de ocupação restrita e o fechamento do bueiro sobre a Avenida Assis Brasil.

- *Plano de Saneamento de Alvorada*

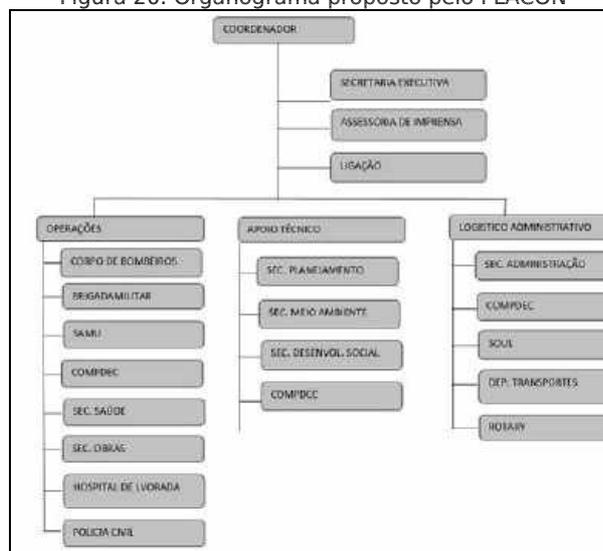
O Plano de Saneamento de Alvorada, realizado em 2012, pela Prefeitura Municipal de Alvorada contemplou o Sistema de Abastecimento de Água, o Sistema de Esgoto Sanitário, os Resíduos Sólidos, e, Drenagem Pluvial Urbana. Nesse último, foi realizado um breve diagnóstico do meio físico e uma breve análise do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do ponto de vista da ocupação prevista para o futuro. Foram estipulados o cenário atual e o cenário do Plano Diretor (Futuro) para cálculo do *Curve Number* (CN) porém não apresentaram resultados das etapas posteriores.

- *Plano Municipal de Contingência de Proteção e Defesa Civil de Alvorada*

O Plano Municipal de Contingência de Proteção e Defesa Civil de Alvorada (PLACON) foi elaborado pela Prefeitura Municipal de Alvorada em 2014 e tem por objetivo estabelecer os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos na resposta a emergências a desastres. A Figura 20 apresenta o organograma das entidades envolvidas.



Figura 20. Organograma proposto pelo PLACON



Fonte: Adaptado de PLACON (2014)

A importância desse plano para o presente estudo remete ao fato de que após a implantação do sistema de controle de cheias, ele deve ser atualizado inserindo as competências de operação do sistema.

- *Estudo de viabilidade das conexões viárias entre os municípios de Porto Alegre e Alvorada*

O estudo intitulado Viabilidade das Conexões Viárias entre os municípios de Porto Alegre e Alvorada foi elaborado pela METROPLAN em 2015, e teve por objetivo avaliar as possibilidades de conexão entre os municípios de Alvorada e Porto Alegre. O mesmo foi estruturado em Introdução, Capítulo 2, onde é apresentada a caracterização da estrutura espacial urbana e Capítulo 3 que apresenta o estudo de soluções para ligação entre municípios. Dentro do estudo das conexões, realizou-se um diagnóstico da situação de uso de ocupação do solo, apresentado as seguintes considerações:

- O Plano Diretor de Porto Alegre prevê o estabelecimento de Parques Naturais próximos ao arroio Feijó. Entretanto, essas regiões foram ocupadas de forma irregular conforme observado na Figura 21 (manchas em amarelo);
- Em Alvorada, segundo METROPLAN (2015), os locais destinados as zonas verdes estão concentrados em sua maioria ao sul da Av. Getúlio Vargas. Esses locais poderiam ser utilizados como bacias de contenção e também auxiliar no aumento da capacidade de infiltração;

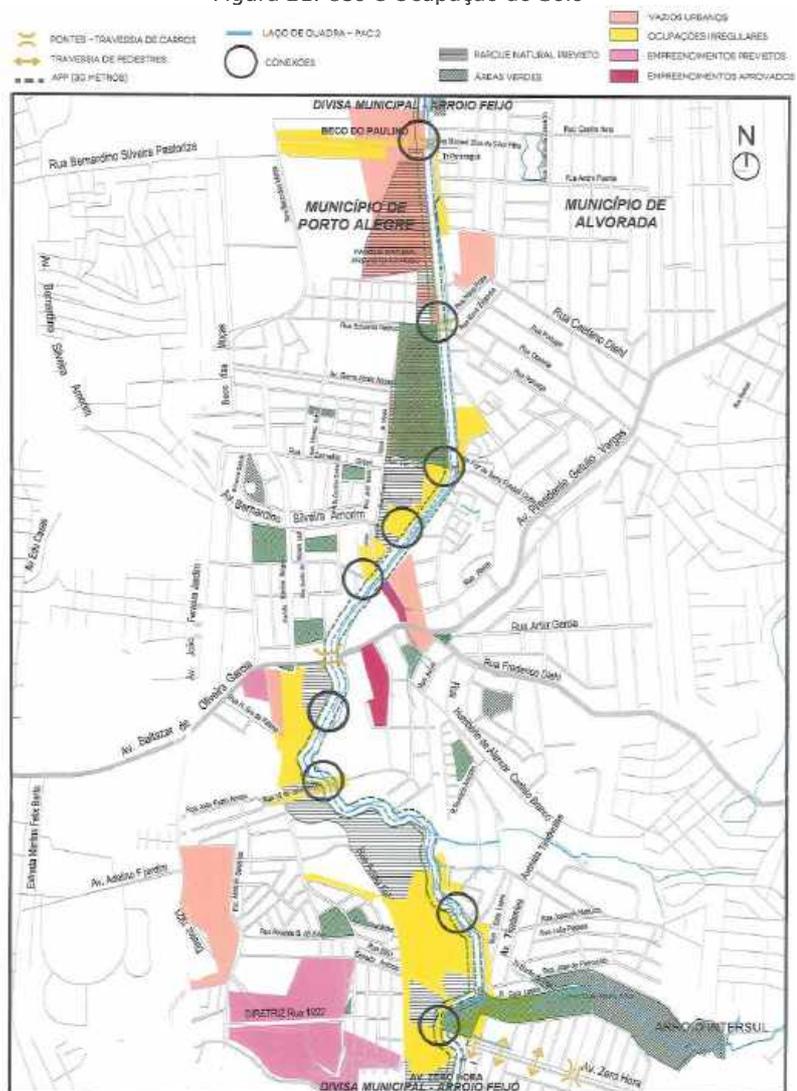
Também foi realizado o zoneamento das áreas com risco para inundação, onde as zonas de alto risco (Tempo de Retorno de 5 anos) são caracterizadas pela necessidade de intervenção imediata do poder público. Destacam-se as áreas que abrangem o entorno da confluência do arroio Feijó, com o canal da Av. Zero Hora e com o arroio Intersul, em Alvorada, conforme Figura 21. Outro ponto relevante está localizado no Beco do Paulino junto na ligação municipal de Porto Alegre e Alvorada.





As zonas de médio risco são consideradas aquelas sujeitas a ocorrência de inundações com período de retorno 20 anos, merecendo observação constante. E as zonas consideradas de baixo risco/sem risco foram definidas pelo Tempo de Retorno de 100 anos.

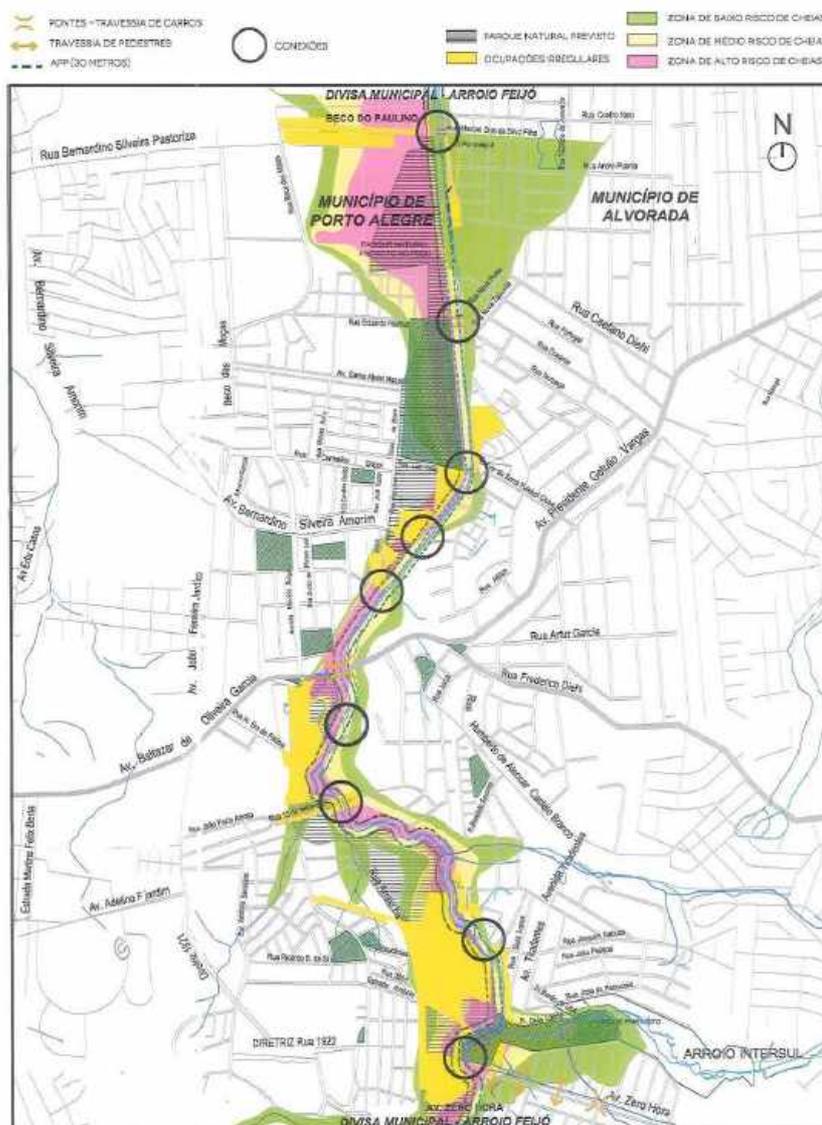
Figura 21. Uso e Ocupação do Solo



Fonte: Adaptado de Estudo das conexões viárias entre Porto Alegre e Alvorada (2015)



Figura 22. Áreas com risco de inundação



Fonte: Adaptado de Estudo das conexões viárias entre Porto Alegre e Alvorada (2015)

- **Projeto de Revitalização do Cais Mauá**

De autoria da Cais Mauá do Brasil S.A., o projeto de Revitalização do Cais Mauá é composto por três setores: Gasômetro, Armazéns e Docas e consiste na implantação de centros comerciais, Business Park e hotel, além da restauração de bens tombados.

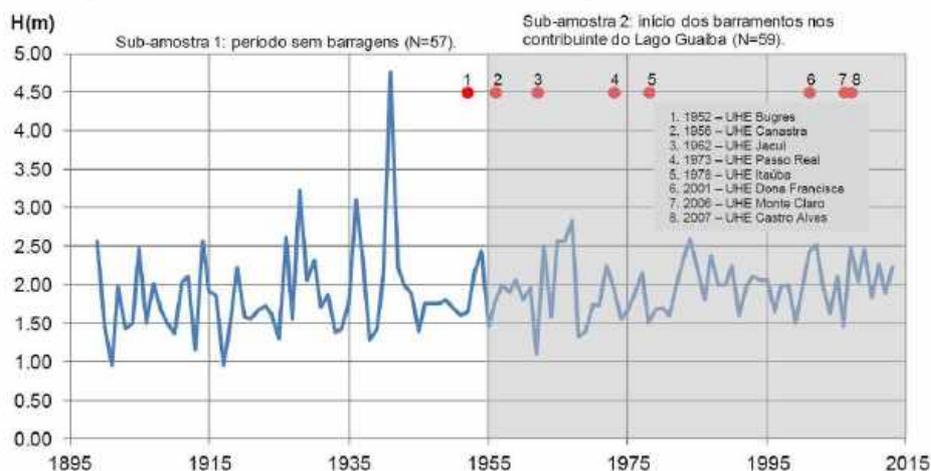
Em virtude de sua complexidade, foi necessária a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para licenciamento ambiental, incluindo a caracterização do sistema de drenagem e proteção contra cheias em operação. Foram avaliadas estruturalmente as casas de bombas 17 e 18, muro de contenção da Mauá e suas comportas de vedação localizadas no porto.





Os níveis máximos anuais do Lago Guaíba considerados no estudo do Cais estão indicados na Figura 23 e foram ajustados para o RN de Imbituba segundo orientação do DEP através do fator de correção de 23,72 cm.

Figura 23. Série de Níveis Máximos Anuais no Lago Guaíba entre 1899-2013



Fonte: Adaptado de Revitalização do Cais Mauá (2015)

O Quadro 16 relacionada os N.A relacionados a diferentes tempos de retornos.

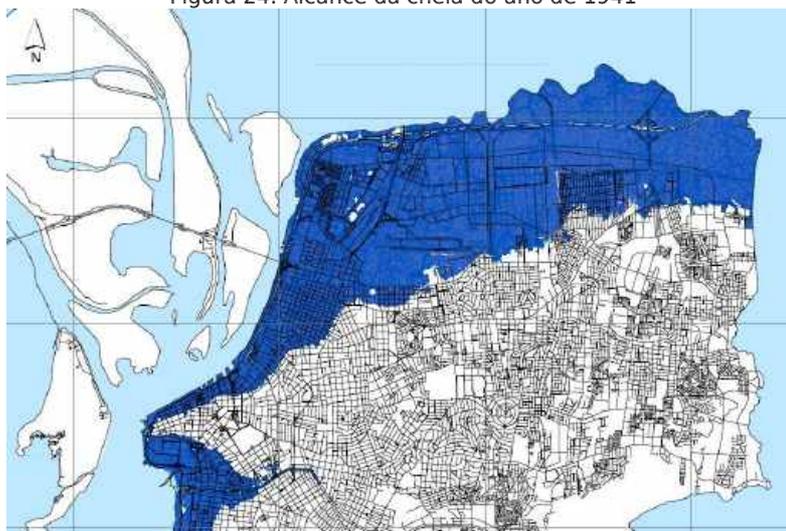
Quadro 16. Relação entre Nível (metros) e Tr (anos)

Tr (anos)	2	5	10	25	50	100	200	500	1.000
Nível (m)	1,52	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,60	3,80

Fonte: Adaptado de Revitalização do Cais Mauá (2015)

Outro produto oriundo foi a reconstituição das manchas de inundação de 1941 e 1967 através de geoprocessamento. A Figura 24 apresenta o alcance referente a cheia de 1941 e como Porto Alegre seria afetado nos dias atuais sem o sistema de proteção.

Figura 24. Alcance da cheia do ano de 1941



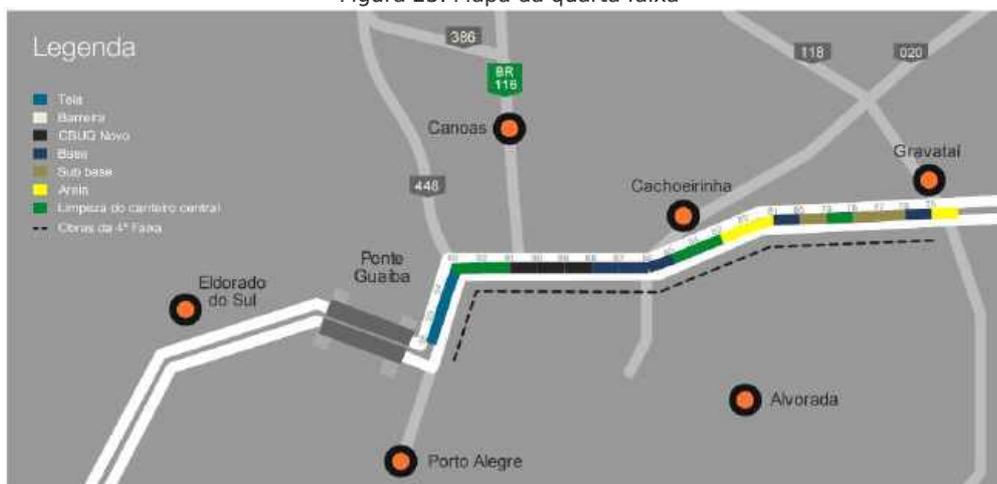
Fonte: Adaptado de Revitalização do Cais Mauá (2015)



- *Quarta-faixa da Free Way*

A implantação da Quarta-faixa da Free Way foi elaborada pela CONCEPA/TRIUNFO entre os km 94 e 75, conforme a Figura 25.

Figura 25. Mapa da quarta faixa



Fonte: Adaptado da Quarta-faixa da Free way (2015)

Entre as obras, foi incluída a ampliação da ponte sobre o rio Gravataí para implantação da quarta faixa. No método construtivo foi utilizada a ensecadeira (aterro para desviar o curso fluvial), entretanto boa parte do material não foi retirado após a finalização das obras, conforme Foto 6 e Foto 7.



Foto 6. Margem Esquerda Rio Gravataí, vista para montante



Foto 7. Margem Esquerda Rio Gravataí, vista para jusante

Além do aterro, foram implantados novos pilares de sustentação sobre as margens. Essas modificações foram levantadas pela topografia do presente estudo, que, contribuirá para restrição ao escoamento nesta seção do rio Gravataí (estrangulamento) e elevação dos níveis à montante na cheia de 2015.

- *Projeto Vias Laterais à Free Way*

O projeto Vias Laterais à Free Way está na fase dos Estudos de Concepção/Traçado e prevê a implantação de vias paralelas à BR-290 nos trechos próximos aos municípios de Porto Alegre, Canoas, Cachoeirinha, Gravataí e Alvorada, conforme a Figura 26. A sua implantação tem por finalidade reduzir a lentidão ocasionada pelo fluxo pendular entre municípios. A





importância desse projeto para o presente estudo está na verificação do dimensionamento das novas pontes sobre o Rio Gravataí, afim de evitar novos estrangulamentos.

Figura 26. Localização das Ruas Laterais



Fonte: Adaptado de Triunfo/Concepa (2015)

- *Inventário de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Porto Alegre*

O Inventário de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) é constituído do levantamento e caracterização das estruturas de drenagem urbana, dos principais corpos hídricos, além dos respectivos conflitos com a ocupação urbana dos municípios da RMPA.

Entre os problemas diagnosticados em Alvorada, as inundações ocorrem em diversos pontos da área urbana decorrente do assoreamento dos arroios e deposição de lixo além de problema de alagamentos.

Outro ponto destacado foi sobre a não existência de uma Casa de Bombas, o que impossibilita o funcionamento do sistema de proteção contra inundações.

- *Base cartográfica da CORSAN*

A base cartográfica da CORSAN consiste numa série de levantamentos realizados no âmbito da RMPA, compreendendo: cartas-ortoimagens na escala 1:25.000, mosaico de imagens de alta resolução das áreas urbanas em escala 1:5.000, mosaico de imagens de média resolução dos municípios listados a seguir na escala 1:25.000 e mapa urbano básico na escala 1:5.000 referente à mancha urbana desses municípios. A área compreende 2.291 km<sup>2</sup> nos municípios de Cachoeirinha, Gravataí, Alvorada, Viamão, Canoas, Esteio e Sapucaia do Sul. A base é estruturada em folhas e separados por *layers* de acordo com os seguintes temas: hidrografia (hd), hipsometria (hp), obra e edificação (oe), sistema viário (sv) e disponibilizados nos formatos .dgn e .dxf. As elevações foram representadas por pontos no terreno e por curvas de nível, sendo essas equidistantes em 1 metro.

- *Portal Geocanoas*

O Portal Geocanoas é um mapa interativo, elaborado pela autarquia Instituto Canoas XXI, onde são reunidas diversas informações cadastrais e geográficas do município de Canoas. A base cartográfica que originou tal ferramenta foi elaborada a partir do voo aerofotogramétrico realizado em 1998 e compreende uma série de 123 cartas topográficas





em formato vetorial, articuladas, na escala 1:2.000. Essa base contém informações agrupadas por temas, tais como, zoneamento urbano, planta de valores e sistema viário além de informações topográficas, entre elas, referências de nível, curvas de nível e cotas ortométricas.

- *Outras referências*

Além desses, existem diversos estudos acadêmicos na AEH. Rehbein (2005) faz uma análise ambiental urbana da Vila Augusta, na bacia do arroio Feijó. Rehbein (2011) estrutura o mapeamento geomorfológico dessa bacia, aplicado na análise de impactos ambientais urbanos. Bielenki Jr. (2007) elaborou um mapa contendo as zonas de conflito entre áreas urbanizadas e a legislação ambiental.

Valenti (2010), através da modelagem cartográfica, refez o nivelamento geométrico das réguas de monitoramento do Guaíba além da simulação das poligonais referentes às cotas de 4m e 5 metros e o mapeamento temático das áreas de risco de enchente para Porto Alegre. Scheren (2014) fez uma análise da ocupação da planície de inundação do rio Gravataí através da análise temporal de imagens de satélite e mapeamento da mancha urbana e sua evolução. Sirangelo (2014) correlacionou os dados morfométricos, extraídos do SRTM da região hidrográfica do Guaíba a episódios de inundação/enxurrada inventariados pela Defesa Civil. Vaz (2015) avaliou os custos de risco de inundações para Porto Alegre.

#### 4.2.2 Identificação das principais inundações ocorridas na última década e prejuízos estimados

Esse item foi descrito em conjunto com o item 4.1.3 deste relatório.

#### 4.2.3 Mapeamento dos locais de inundação

Esse item foi descrito em conjunto com o item 4.1.3 deste relatório.

#### 4.2.4 Inundações Ribeirinhas: serão analisados os impactos das inundações proveniente do Delta do Jacuí e, em especial do rio Gravataí

O rio Gravataí deságua no Delta do Jacuí, e, por conseguinte, no Lago Guaíba. A geomorfologia regional é traduzida pela interconectividade da rede hídrica regional, onde as influências dos níveis de água do Lago Guaíba/Delta do Jacuí são sentidas e/ou refletidas no fluxo das águas do rio Gravataí e seus afluentes. Diversos estudos nesta região apontam o efeito do remanso do Lago Guaíba no Delta do Jacuí e seus afluentes, o que por si só já justifica o monitoramento dos níveis do Lago Guaíba realizado desde o ano de 1899.

No caso do rio Gravataí, os registros históricos hidrológicos comprovam a amplitude do remanso, perceptíveis da foz até a montante da ERS-118, junto ao município de Gravataí. Dada a fragilidade da região a inundações, o CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais) instalou um linígrafo automático (Estação Cachoeirinha) que enviam constantemente por telemetria os níveis verificados no rio, bem como, dados de chuvas de inúmeras estações pluviométricas na região, com o objetivo de monitoramento de eventos climatológicos que possam indicar alerta e perigos de inundação. Esta rede é



complementada por três estações fluviométricas gerenciadas pela ANA (Agência Nacional de Águas), Passo das Canoas, Passo das Canoas Auxiliar e Albatroz, e, outra na captação de água bruta da CORSAN.

Outro fator importante no agravamento das cheias no rio Gravataí são os ventos sobre o Lago Guaíba. O efeito de ondas e *seiche*<sup>2</sup> produzido pelos ventos ocorrentes sobre a superfície extensa do Lago Guaíba traduzem em alterações dos níveis significativas, que produzem reflexos positivos, facilitando o escoamento, ou, negativos, impedindo o escoamento das cheias.

Na área de Estudo Hidrológico e/ou de anteprojeto de proteção contra cheia do rio Gravataí, margem esquerda do rio Gravataí, tem-se os arroios Santo Agostinho (Porto Alegre), Feijó (Porto Alegre/Alvorada), São João (Alvorada), Águas Belas (Alvorada) e cursos de águas provenientes do Distrito Industrial (Alvorada), cujos registros históricos apontam a aumento da recorrência de inundações e prejuízos ocorridos nos últimos anos, principalmente, pela ocupação das várzeas de inundações naturais desses cursos de águas.

Em Porto Alegre, têm-se, além do arroio Feijó, dois outros cursos de águas principais que deságuam no rio Gravataí, que são arroio Areia e arroio Sarandi/Canal São Gonçalo. Pela margem direita, Canoas, Cachoeirinha e Gravataí, cheias provenientes do arroio Demétrio, a montante da ERS-118, e, arroios Barnabé, Passo Grande e Brigadeiro, podem acarretar inundações no trecho em estudo, visto que, as pontes sobre o rio Gravataí, ERS-118, BR-290, acesso Assis Brasil - Cachoeirinha, e, BR-116, são restrições artificiais ao escoamento de águas de cheias em direção ao Delta do Jacuí, propiciando o refluxo das águas para os arroios desguardados pelas obras de defesa contra cheia do DNOS. Apesar disso, é importante comentar o efeito positivo da restrição ao escoamento propiciado pela ERS-118, que funciona como uma barreira, mostrando ser um reservatório estratégico para amortizar as cheias oriundas de montante, apesar de aumentar os níveis de cheias no município de Gravataí.

Em julho de 2015, devido às consequências de um *El Nino* severo, o maior desde 1997, segundo especialistas, com chuva de 320 mm/mês sobre toda a bacia, o rio Gravataí extravasou atingindo elevações altimétricas superiores a 4,8 m, inundando boa parte de Alvorada e Porto Alegre, reproduzindo um evento extremo cujo tempo de recorrência ficou aqui determinado da ordem de 300 anos.

Segundo a Defesa Civil (2015), essa cheia deixou 857 famílias de baixa renda desabrigadas em Alvorada, com inundações nos bairros: Americana, Passo do Feijó, Santa Clara, Agriter, São Caetano, Jardim Esplanada, Sumaré, Taimbé, Nova Americana, Cedro, Maria Regina, Vila Barcelos, Umbu, Onze de Abril, Tijuca, Caxambu, Tupã, Hípica, Morumby, Núcleo Getúlio Vargas. Os prejuízos diretos entre bens públicos e privados abeirou R\$ 15 milhões de reais, inclusive acarretou na paralisação da captação água bruta de CORSAN em Alvorada, deixando a cidade sem água por vários dias. A ETE nova de Alvorada também ficou comprometida com a elevação dos níveis de água. Esta região é uma das últimas áreas

---

<sup>2</sup> Deslocamento da massa hídrica no sentido e direção do vento.



remanescente da região Metropolitana que não pertence ao sistema de proteção dos Diques e Obras, realizadas pelo extinto DNOS.

Desde o início do estudo, teve-se a preocupação em estabelecer informações coerentes que propiciasse resultados condizentes com a realidade do histórico de cheias verificada em Alvorada, Porto Alegre e várzea do rio Gravataí. Dessa forma, a STE S.A. imediatamente disponibilizou uma equipe de levantamento topográfico<sup>3</sup> que registrou a cheia 2015 ao longo do rio Gravataí, desde sua foz até a montante da ERS-118, junto as estações fluviométricas Passo da Canoas (87400000) e Passo de Canoas Auxiliar (87399000), que auxiliou na calibração do modelo hidrodinâmico aqui delineado. As principais marcas de cheias registradas foram de jusante para montante.

- *Rio Gravataí*
  - Foz do rio Gravataí - 4,18m
  - Rio Gravataí junto à ponte da BR 290 - 4,66m
  - Rio Gravataí junto à captação da Corsan Alvorada - 4,92m
  - Rio Gravataí na Estação Fluviométrica Passo da Canoas (87400000) - 4,843m
  - Rio Gravataí na Estação Fluviométrica Passo da Canoas - Auxiliar (87399000) - 5,25m
- *Afluentes dentro da Área de Estudo Hidrológico*
  - Arroio Feijó a 2.000 m da foz - 4,9m
  - Arroio São João a 2.000 m da foz - 4,9m
  - Águas Belas a 350 m da foz - 4,92m

Dessa maneira, a cheia de julho de 2015 tornou-se evento base para dimensionamento das obras de proteção aqui estudadas e proposições mínimas para segurança da população regional de Alvorada e Porto Alegre.

#### 4.2.4.1 Critérios Metodológicos Adotados

O Estudo Hidrológico concentrou-se nas bacias hidrográficas dos arroios Santo Agostinho, Feijó, São João, Águas Belas, com vistas a drenagem pluvial das águas internas para o rio Gravataí, e, determinação de vazões extremas a montante da ERS-118 ocorrentes no próprio rio Gravataí para estabelecimento das marcas de cheias na sua várzea.

O principal desafio do estudo foi estabelecer efeitos das cheias nos afluentes sem a influência do rio Gravataí e de níveis extremos no Lago Guaíba, bem como, o efeito das cheias oriundas do rio Gravataí, sem ocorrência de cheias nos seus afluentes e níveis extremos no Lago Guaíba.

Cabe ressaltar que, apesar do estudo priorizar a propagação de cheias separadas (rio Gravataí/afluentes), o modelo hidrodinâmico idealizado foi desenvolvido para espelhar a rede hídrica regional, isto é, com o objetivo de avaliar o que aconteceria com as ocorrências das cheias nos afluentes sobre o rio Gravataí, e, vice-versa. Então, o modelo hidrodinâmico ficou, assim, estabelecido:

---

<sup>3</sup>Datum Vertical Imituba IBGE.



- Rio Gravataí de 9 km a montante do RS-118 até a sua foz, totalizando 32,2km
- Arroio Santo Agostinho da foz a 4,4km em direção a sua nascente
- Arroio Feijó da foz a 28km em direção a sua nascente
- Arroio São João da foz a 8km em direção a sua nascente e
- Águas Belas da foz a 5,8km em direção a sua nascente

Para desenvolvimento do modelo hidrodinâmico foram levantadas em campo seções topobatimétricas espaçadas a cada 50m ao longo dos arroios, com largura média de 50 metros. No rio Gravataí foram levantadas 12 seções topobatimétricas, com 2,5km de extensão em cada lado do rio, obtendo as características das várzeas das margens direita (MD) e esquerda (ME). As pontes e interferências ao escoamento também foram cadastradas pela topografia na região de modelagem.

Com base nestes levantamentos de campo e as restituições aerofotogramétricas de Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha e Canoas foi construído um MNT que serviu de base de entrada no modelo computacional hidrodinâmico de propagação de hidrogramas HEC-RAS 5.0.1 (fevereiro /2016), em regime não-permanente, obtido na rede mundial de computadores no endereço eletrônico, (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/downloads.aspx>), acesso abril 2016. O MNT foi elaborado com curvas de nível de metro em metro, a fim de definir melhor a calha do rio Gravataí, foram também empregadas as seções topobatimétricas oriundas do Plano de Bacia do Rio Gravataí (2010).

É importante salientar que os levantamentos topobatimétricos, marcas de cheias, restituições aerofotogramétricas utilizaram o mesmo sistema de referência geográfica e geodésica (*Datum* Horizontal SIRGAS 2000 e *Datum* Vertical Imbituba IBGE), sendo que as metodologias usadas e resultados obtidos estão descritos nos relatórios específicos. Houve o cuidado de corrigir os níveis históricos do Lago Guaíba, através de levantamento topográfico, efetuado durante o estudo, para a referência altimétrica aqui adotada, o que permitiu uma avaliação coerente e consistida da influência do mesmo sob as cheias do rio Gravataí. Verificou-se que a leitura da régua da SPH (Superintendência de Portos e Hidrovias) está 40 cm mais elevado que o *Datum* Vertical Imbituba IBGE neste estudo.

Isto posto, o estudo apresenta as seguintes etapas e objetivos básicos, percorridos progressivamente, a saber:

- a. Definição do modelo numérico do terreno e calha do rio digitais, no rio Gravataí, arroio Santo Agostinho, arroio Feijó, arroio São João e arroio Águas Belas, com os levantamentos de campos realizados e dados secundários disponíveis;
- b. Construção de um modelo hidrodinâmico não-permanente capaz de simular simultaneamente os efeitos de jusante do Lago Guaíba, rio Gravataí e arroios Santo Agostinho, Feijó, São João e Águas Belas. Apesar do objetivo desse estudo ser obter informações específicas de cheias no rio Gravataí e depois de seus afluentes, considera apropriado a avaliação da resposta do sistema hídrico regional a cada evento de cheia, permitindo conclusões e maiores esclarecimentos acerca das respostas locais e danos factíveis com riscos associados a diferentes tempos de retorno;



- c. Calibração dos coeficientes de Manning e determinação da vazão e linha de água máximas da cheia de 2015. Essas etapas foram elaboradas simultaneamente. A demanda para determinação da vazão e linha de água máxima da cheia de 2015 originou a partir da análise das curvas chaves das estações fluviométricas localizadas no rio Gravataí: Albatroz, Passo das Canoas e Passo das Canoas Auxiliar, que apresentam efeito de remanso para níveis mais altos como o ocorrido na referida cheia. Além disso, nas referidas estações, não foram observadas medições de vazões em níveis de águas acima da calha menor do rio, e, obviamente, para o evento de julho de 2015, evento base para proteção mínima da população regional;
- d. Determinação das cheias no rio Gravataí para diferentes tempo de retorno com base na série histórica da estação fluviométrica Passo das Canoas, incluindo e evento de 2015;
- e. Propagação dos Eventos de Cheias no rio Gravataí;
- f. Delimitação das machas de inundação no rio Gravataí para diferentes tempo de retorno: 2, 10, 25, 50 e 100 anos.

#### 4.2.4.2 Elaboração da Base Topográfica e Batimétrica Para os Estudos Hidrológicos Realizados

Para a confecção do Modelo Numérico do Terreno (MNT) utilizado na modelagem hidrológica, foram compiladas diferentes bases altimétricas a fim de se obter o resultado mais próximo da realidade. Visando interpolar os dados e dar origem ao modelo a ser utilizado no Diagnóstico, os dados altimétricos foram processados no *software* ArcGIS 10.3 e Autodesk Civil 3D 2015.

Além da área de estudo hidrológico foram incorporadas áreas relativas à planície de inundação (até a cota 20 m) considerando que o modelo hidrológico abrangeu o baixo Gravataí entre as proximidades da ERS-118 (Passo das Canoas) e a Arena do Grêmio.

Os dados altimétricos foram adquiridos através de levantamentos topográficos, restituições aerofotogramétricas, através da Metroplan (que solicitou os dados necessários por meio de ofício) ou ainda pela internet. A seguir, serão apresentadas e descritas as bases altimétricas utilizadas na confecção do MNT.

- *Base SRTM*

Uma porção de aproximadamente 12 km<sup>2</sup> localizada no leste da AEH não foi contemplada pelas bases altimétricas disponibilizadas. Portanto, foi necessário recorrer a dados acessíveis pela internet para adquirir informações de elevação para essa porção da AEH.

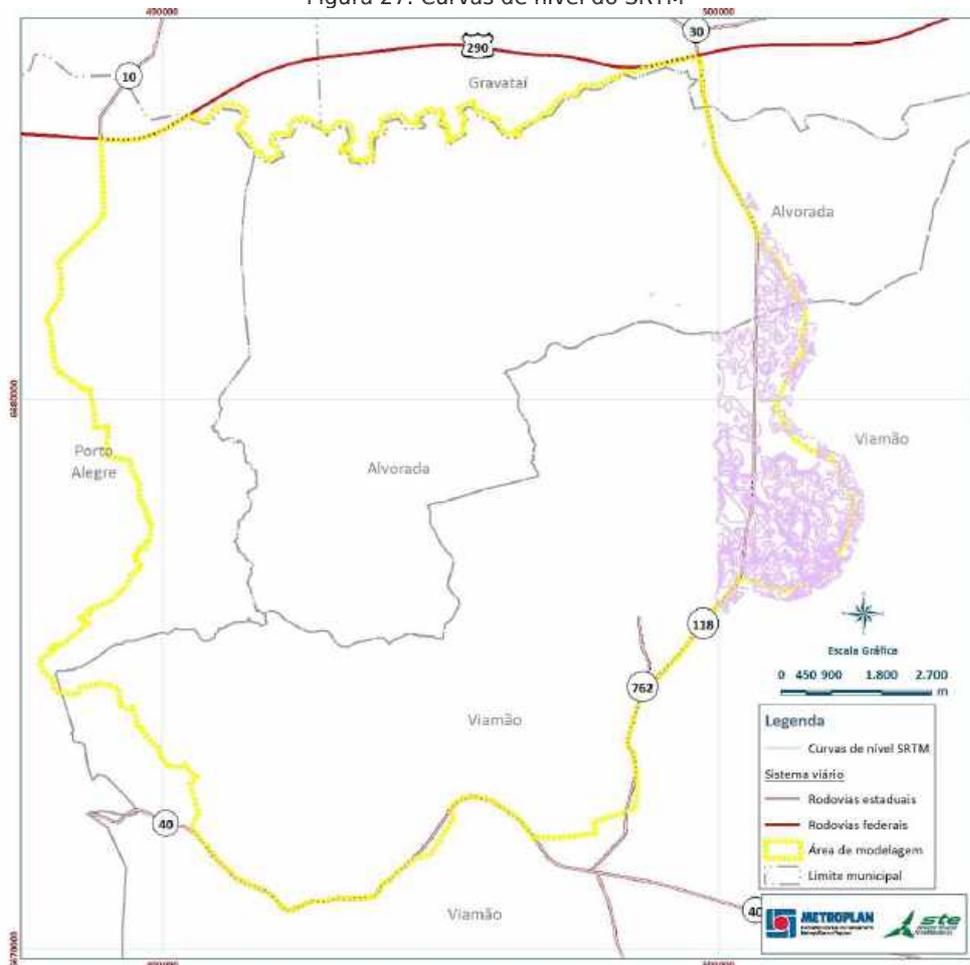
Foram consultados as cartas disponíveis no Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), referentes aos modelos digitais de elevação, obtidos através do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). O SRTM é uma missão espacial do ônibus espacial de topografia por radar, projeto internacional liderado pelo Agência Nacional de Inteligência Geoespacial e pela NASA, dos Estados Unidos.



Os dados foram obtidos ao longo de 11 dias no mês de fevereiro de 2000, objetivando obter a mais completa base de dados topográficos da terra. Os MDTs são dados disponibilizados em formato Raster, com 90 metros, originalmente, de resolução espacial. Os arquivos disponibilizados pelo INPE foram reamostrados para a resolução de 30 metros, possibilitando maior detalhamento do terreno.

Esse dado altimétrico foi reprojetoado no ArcGIS 10.3 para SIRGAS 2000, sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) e, em seguida, foram extraídas as curvas de nível referentes a porção da AEH que não foi coberta pelos outros dados altimétricos disponíveis, conforme Figura 27.

Figura 27. Curvas de nível do SRTM



As curvas de nível apresentadas na Figura 27 recobriram a área próxima à rodovia estadual ERS-118, que não foi contemplada pelos demais dados altimétricos disponíveis.

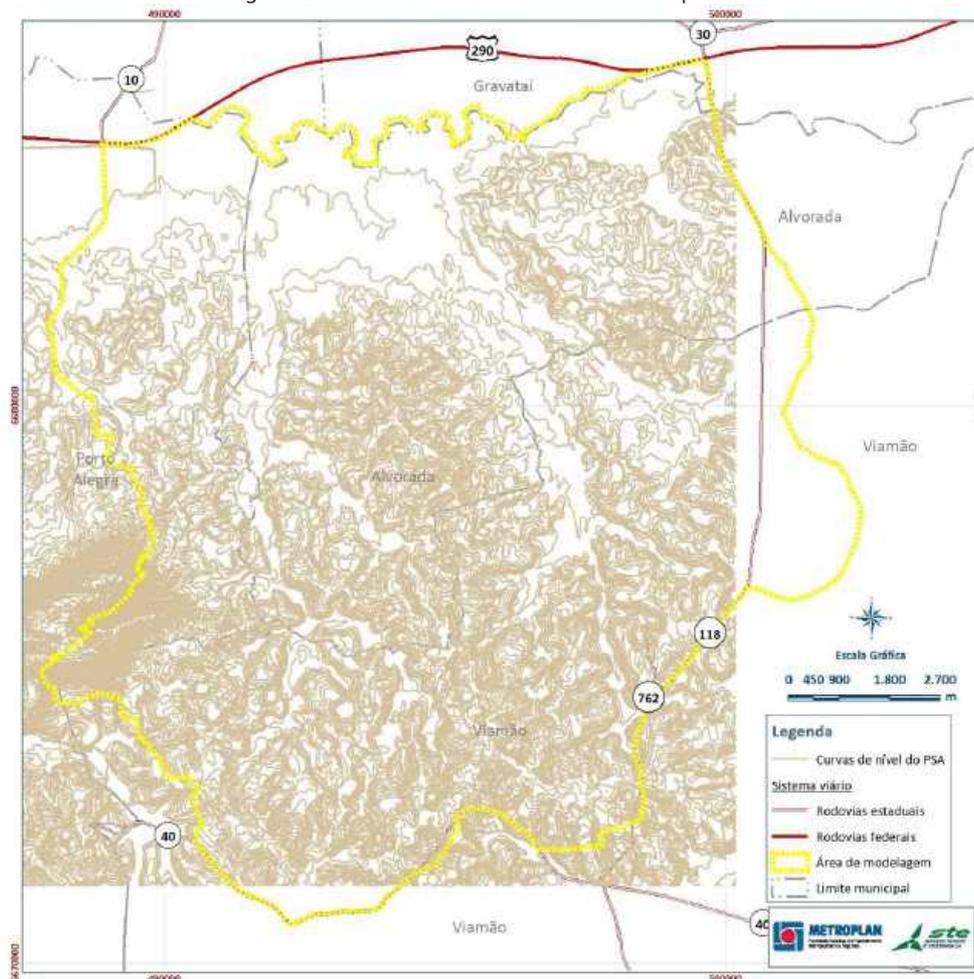
- *Plano de Saneamento de Alvorada*

O Plano de Saneamento de Alvorada (PSA) foi disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Alvorada à METROPLAN. O estudo realizado em 2012 contou com o mapeamento de algumas informações, entre elas a altimetria.



A cobertura da altimetria contemplou a AEH em quase todo o município de Alvorada, parte dos municípios de Porto Alegre e Viamão, conforme pode ser visto na Figura 28.

Figura 28. Cobertura altimétrica fornecida pelo PSA



Os dados referentes a altimetria foram entregues em formato de arquivos AutoCAD (*dwg*), através dos vetores referentes as curvas de nível de 5 em 5 metros, obtidos por meio de restituição aerofotogramétrica. Os mesmos foram convertidos para o formato *shapefile* e vinculados ao sistema de coordenadas e referência adotados para o trabalho em pauta.

- *Informações Corsan*

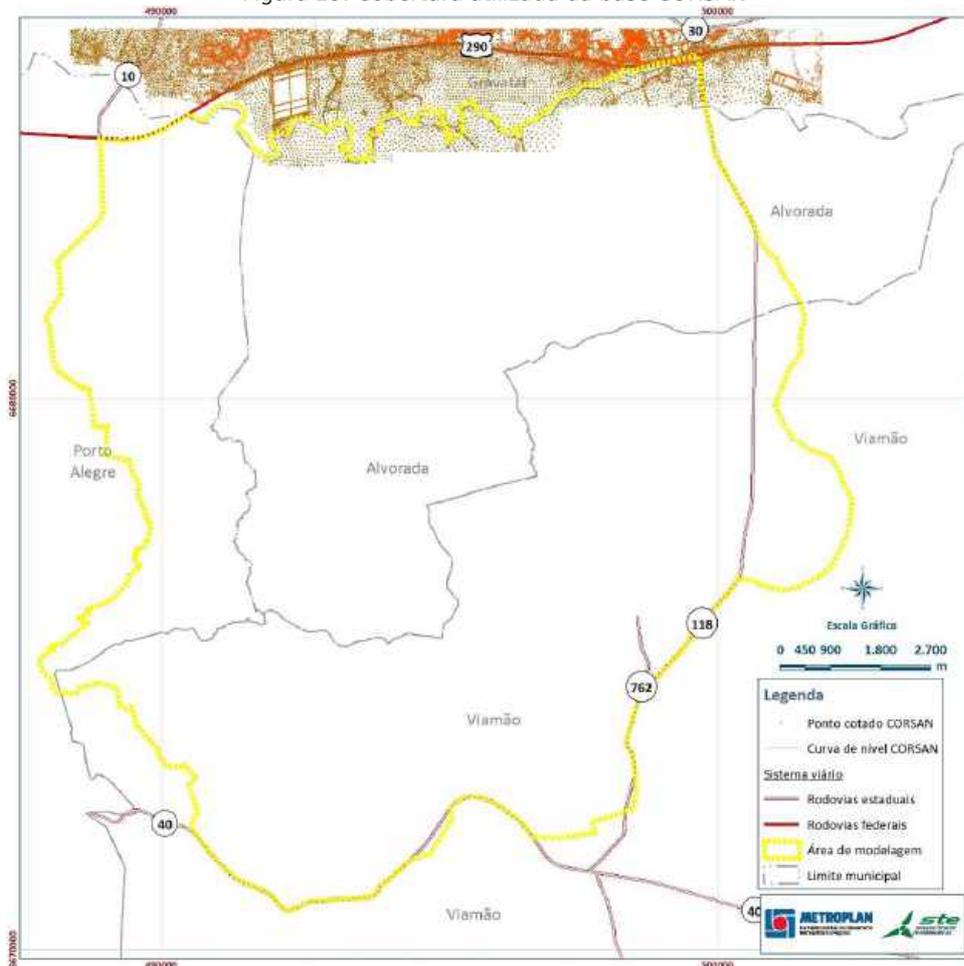
A Corsan, através do Departamento de Geoinformação e Acervo Técnico (DEGEAT), elaborou uma base cartográfica da RMPA voltada à operação dos seus sistemas de água e esgoto, expansão dos sistemas, planejamento e demandas gerais. A série de informações compreende o cadastro do eixo de rua, logradouro, meio fio, alinhamento predial, lote, hidrografia, pontos de elevação e curvas hipsométricas. Essas informações foram obtidas por diferentes métodos, entre eles, cartas-imagem, mosaico de imagens de média e alta resolução e mapas urbanos básicos.



Os arquivos foram disponibilizados em 94 cartas com 36" de latitude por 36" de longitude, no sistema de coordenadas UTM, datum SAD-69 no formato .dwg. Posteriormente, esses arquivos foram transformados no sistema ArcGIS 10.3 para *shapefile* e para o datum SIRGAS 2000, no sistema UTM.

Entre as informações disponibilizadas estão aquelas referentes às elevações do terreno na forma de pontos e curvas de nível. Após o tratamento inicial, os arquivos foram recortados para a área de interesse, nos locais não contemplados pelo aerolevantamento, conforme apresentado na Figura 29.

Figura 29. Cobertura utilizada da base CORSAN



- *Geocanoas*

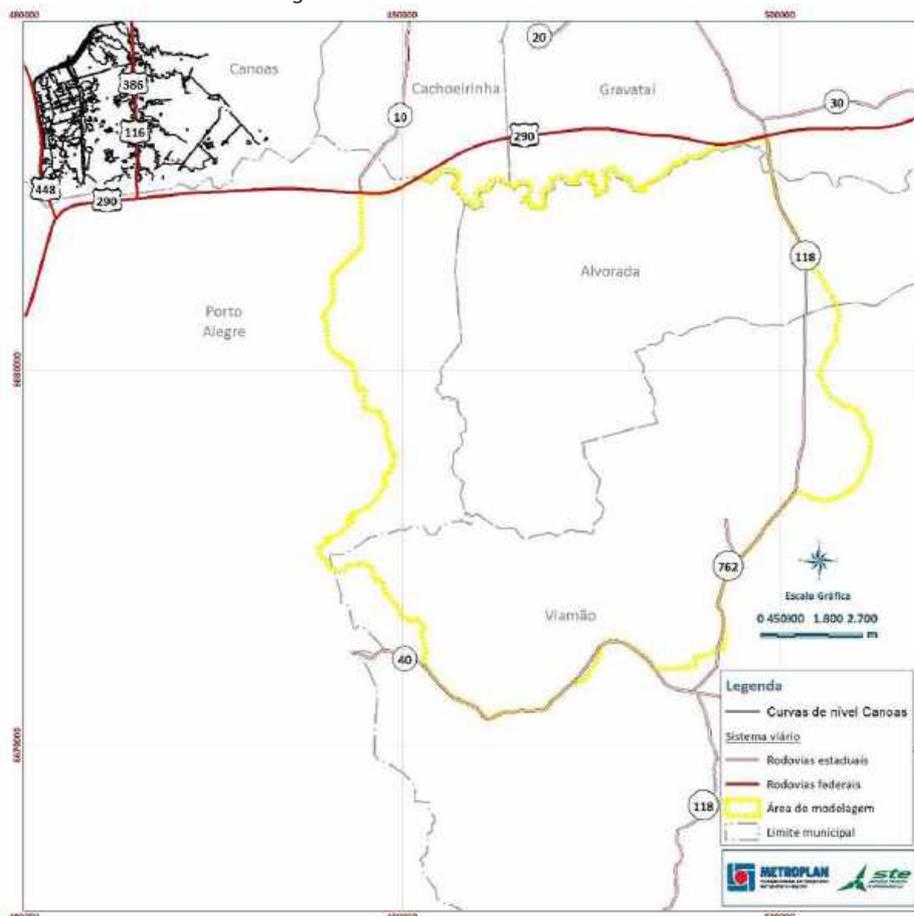
O Geocanoas consiste num servidor de mapas elaborado pela prefeitura municipal de Canoas que permite a consulta de informações geográficas, topográficas e de ordenamento urbano com os usos permitidos e diretrizes viárias conforme o Plano Diretor.

As informações de relevância para o presente estudo foram aquelas referentes a altimetria local, mais especificamente as curvas de nível que estão representadas com equidistância



de 1 metro. Esses arquivos foram recortados, permanecendo assim somente aquelas áreas de interesse não cobertas pela restituição aerofotogramétrica, conforme a Figura 30.

Figura 30. Curvas de nível de Canoas



- *Aerolevantamento de Porto Alegre (PROCEMPA)*

Conforme mencionado, o Aerolevantamento de Porto Alegre foi realizado em 2010 para subsidiar a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário e estava sob coordenação das Secretarias da Fazenda e do Planejamento. O voo realizado em 2011 cobriu uma área de 545 km<sup>2</sup> com a aquisição de fotografias aéreas além da utilização de tecnologia laser para obtenção das elevações, inclusive com a criação de modelos digitais de superfície.

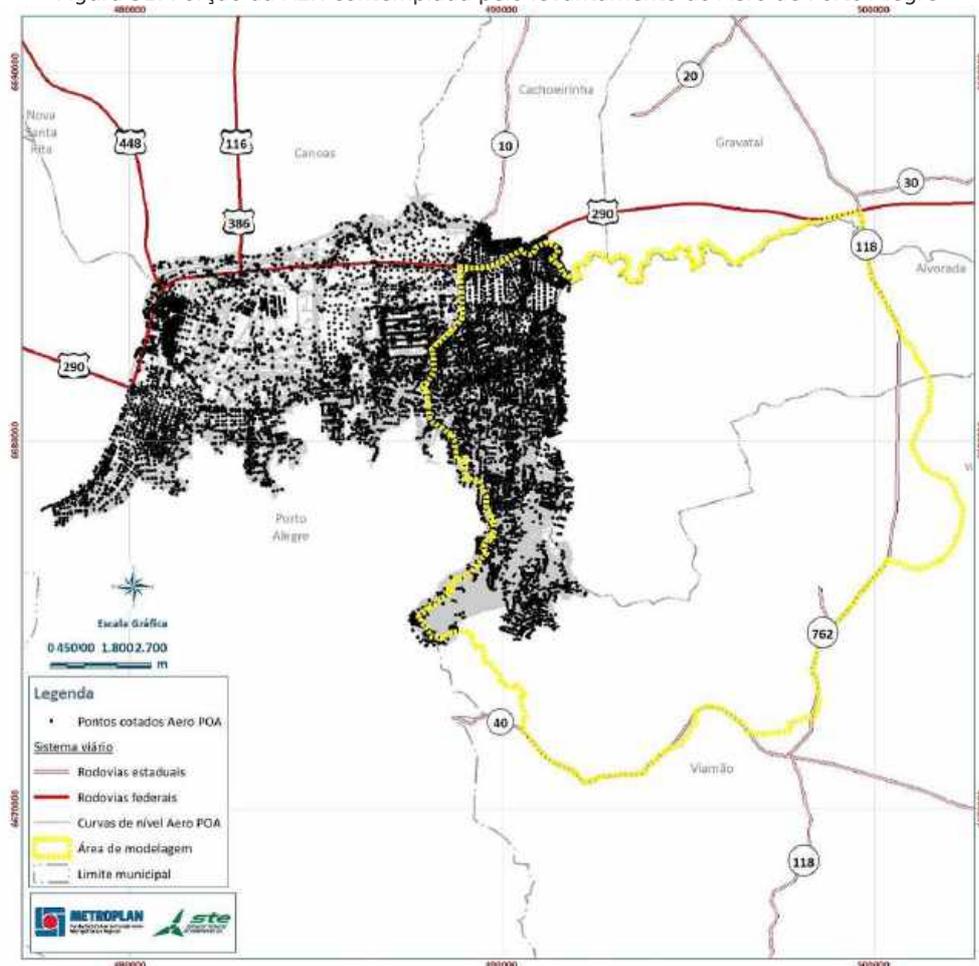
A partir desse produto foram geradas curvas de nível de metro em metro e pontos cotados com precisão melhor que um metro, que foram cedidos a Metroplan. Dessa forma, a porção do MDT na AEH pertencente a Porto Alegre, foi contemplada por esses dados, que foram, em parte, posteriormente refinados com dados levantados pela Topografia e por dados fornecidos pelo DEP, conforme será explanado na sequência.

Na Figura 31 pode-se observar a porção da AEH contemplada pelo levantamento do Aero de Porto Alegre.





Figura 31. Porção da AEH contemplada pelo levantamento do Aero de Porto Alegre



Os dados foram disponibilizados em formato shapefile no sistema de coordenadas Transversa de Mercator (TM), Datum SIRGAS2000 e, após o recebimento, foram convertidas para o sistema de coordenadas (UTM), a fim de compatibilizar o sistema de coordenadas com o sistema dos demais dados cartográficos do estudo em questão.

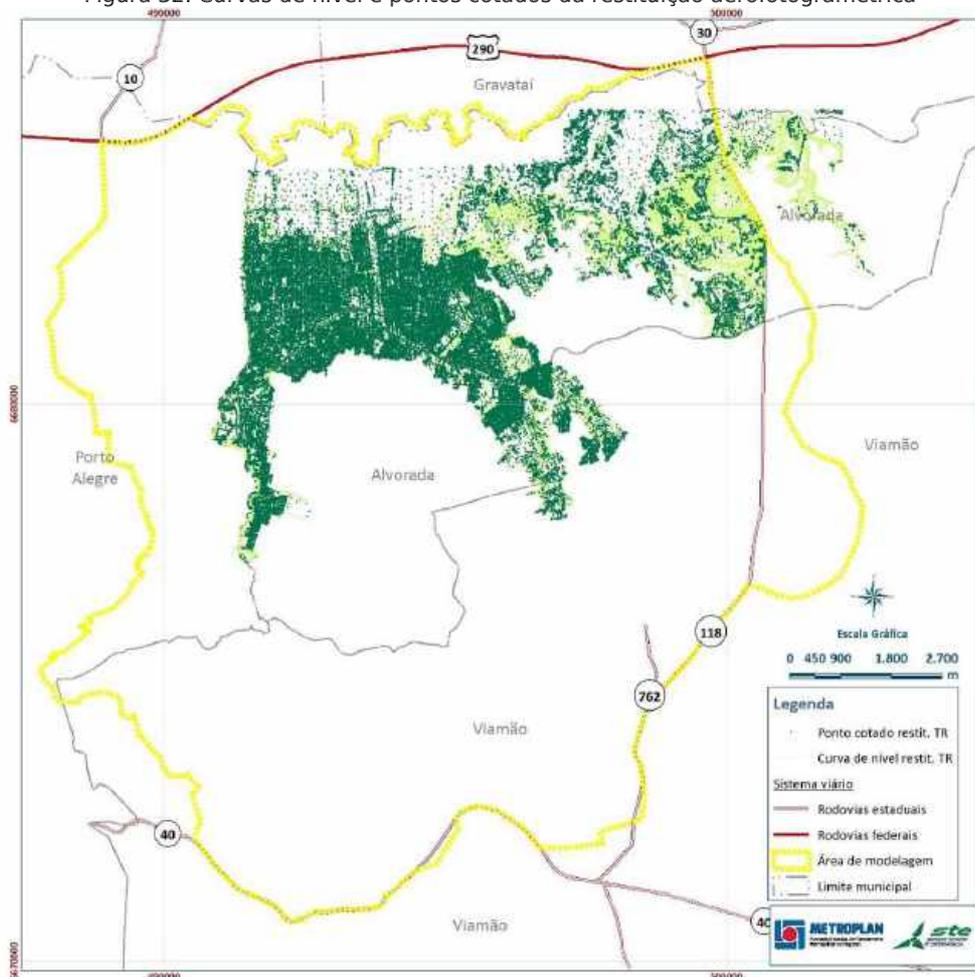
- *Restituição aerofotogramétrica da AEH*

O Termo de Referência previu a restituição aerofotogramétrica na área de interesse, por isso, foi priorizada uma área de aproximadamente 31,37 km<sup>2</sup> dentro da AEH anteriormente mencionada. A referida área abrange a planície de inundação do rio Gravataí e foi escolhida com o objetivo de detalhar o melhor possível o local mais afetado pelas inundações.

Conforme mencionado, o recobrimento da área envolvida na restituição foi realizado a partir de 163 (cento e sessenta e três) fotografias aéreas digitalizadas, em escala de vôo aproximada de 1:6.000 e com distância focal de 151,98mm, fornecidas pela contratante, em conjunto com o fotoíndice em escala aproximada de 1:24.000, conforme Figura 32.



Figura 32. Curvas de nível e pontos cotados da restituição aerofotogramétrica



Entre as classes restituídas estão as curvas de nível de 1 em 1 metro e os pontos cotados. Esses dados foram disponibilizados no sistema de coordenadas e de referência adotados para o estudo e em formato *shapefile*.

- *Batimetria*

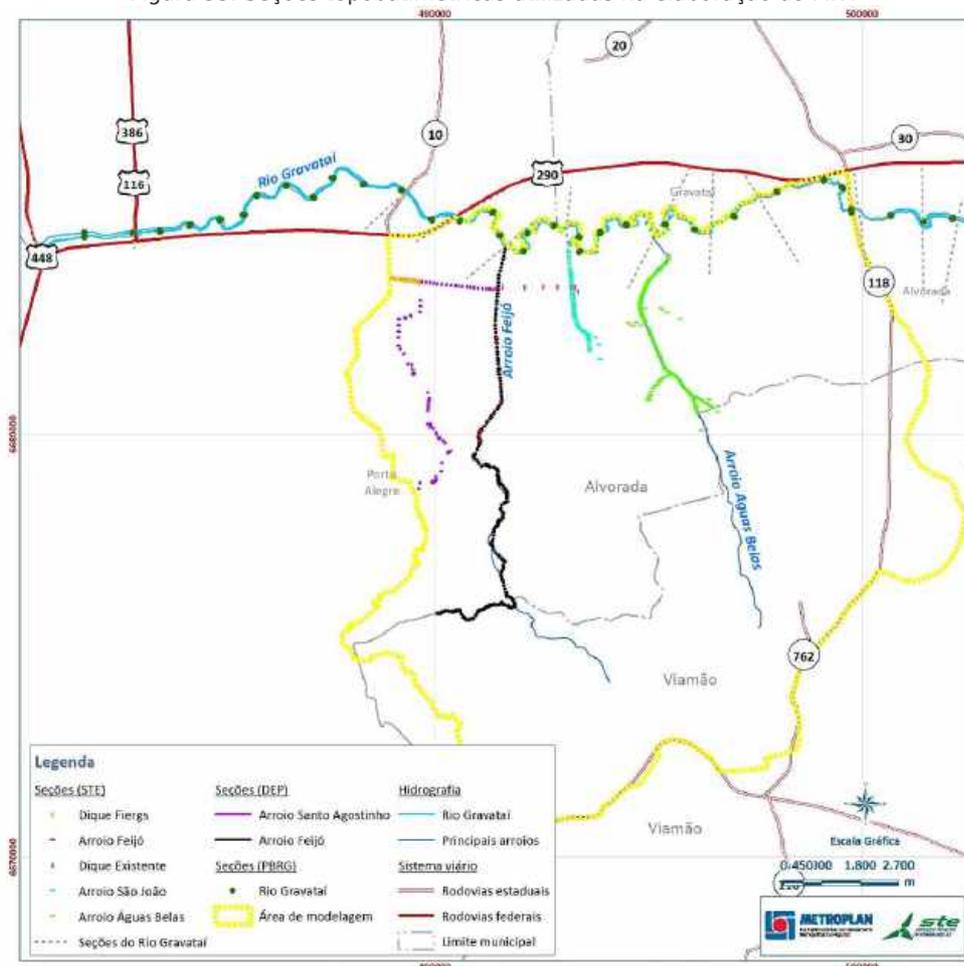
Para a elaboração do modelo hidrológico são necessárias informações topobatimétricas, oriundas de levantamentos de campo, onde o objetivo principal é a obtenção da geometria das calhas dos cursos d'água. Geralmente são elaboradas na forma de seções, assim cada seção representa um corte transversal do rio, com as distâncias e elevações correspondentes. Esses dados foram adquiridos das seguintes fontes: DEP, PBRG e aquelas efetuadas pelo presente estudo, conforme Figura 33 e detalhamento a seguir.

Após a compilação de todas as seções ao longo dos cursos d'água, foram elaboradas linhas no sentido do escoamento entre as seções no software Autodesk Civil 3D 2015 com a finalidade de interpolar os trechos entre as seções e modelar a calha ao longo de todo o curso d'água.





Figura 33. Seções topobatimétricas utilizadas na elaboração do MNT



- *Batimetria DEP*

As seções topobatimétricas utilizadas do DEP são oriundas da 3ª Etapa do PDDrU de Porto Alegre, Relatório Final de Drenagem - Bacias Feijó e Santo Agostinho, de dezembro de 2011. Consistem em 257 seções do arroio Feijó e 71 seções do arroio Santo Agostinho, ambos em forma de pontos cotados nas margens e no leito do arroio Feijó.

- *Batimetria PBRG*

O levantamento topobatimétrico do rio Gravataí foi realizado no âmbito da Etapa A do PBRG em 2012. Foram utilizadas nesse estudo 34 seções representadas pelos pontos cotados com o atributo de elevação.

- *Batimetria estudo*

No presente estudo foram realizadas seções no rio Gravataí, dique da FIERGS, dique existente e nos arroios Feijó, São João e Águas Belas, conforme Relatório do Levantamento de Dados - Plantas e Memorial Descritivo das Seções - Produto nº 9.





#### 4.2.4.2.1 Compilação e Compatibilização da Base Altimétrica

A compilação e compatibilização da base altimétrica foi necessária, pois para gerar o MNT foi preciso utilizar uma base altimétrica contínua. Como os dados altimétricos são oriundos de diferentes fontes e possuem diferentes precisões (curvas de metro em metro e de 5 em 5 metros, por exemplo), foi necessário realizar essa edição.

Para isso, as curvas foram delimitadas pela área de interesse e, em seguida, utilizou-se de cada uma das bases, a porção da mesma que possuía maior detalhe. Essa situação se exemplifica através da seguinte situação: as curvas de 5 em 5 metros do PSA cobriam praticamente todo município, entretanto, como se obtiveram curvas de metro em metro da área e dados levantados pela topografia, essa parte da altimetria do PSA foi desconsiderada. Dessa forma, foi utilizado o dado mais preciso de cada uma das bases disponíveis.

Entretanto, quando havia sobreposição de dados com boa precisão, como é o caso da restituição e dos dados da topografia, os mesmos foram compatibilizados para serem utilizados em conjunto, obtendo assim maior precisão nessas áreas.

A compatibilização dos dados, consistiu basicamente em concatenar as curvas de nível de diferentes precisões de forma que melhor acompanhassem a realidade, tendo por base os cursos d'água e imagens de satélite de alta resolução espacial, basicamente. Dessa forma, pode-se obter uma base contínua de curvas de nível, mesmo que com precisões diferentes.

Os pontos cotados seguiram a mesma lógica das curvas de nível, a diferença foi no momento da compatibilização dos dados, quando foi verificado se os dados muito próximos eram coerentes. A base de pontos cotados ofereceu maior detalhamento ao modelo.

Além das curvas e dos pontos cotados, também foi utilizada a altimetria dos cursos d'água na forma de linhas contínuas com elevação, paralelas entre si, no sentido do escoamento após interpolação entre seções no Civil 3D. Nessa etapa também foi realizada a compatibilização com o restante de informações (curvas e pontos) nas proximidades dos arroios. Essa consiste na verificação ao longo de todas as margens observando se as cotas utilizadas nas linhas de calhas ("área molhada") estavam coerentes com as curvas de nível e pontos cotados das margens ("área seca").

Finalmente, para gerar o modelo, foi utilizado o complemento "Toolbox" do ArcGIS 10.3 por meio da ferramenta "create TIN", que interpolou através de triangulação as curvas de nível adicionando posteriormente os pontos cotados e as linhas das calhas. Após a geração inicial foram realizadas as devidas correções a fim de se obter um MNT coerente hidrológicamente.

O modelo foi gerado inicialmente em formato nativo do ArcGIS ("TIN") e transformado para outros formatos (.tif) a fim de ser utilizado em outros *softwares*, tais como o HEC-RAS para a modelagem hidrológica.

#### 4.2.4.2.2 Níveis Extremos do Lago Guaíba nas Inundações do rio Gravataí

Existe a necessidade de definição dos níveis de jusante ao rio Gravataí para definição das condições de contorno no modelo hidrodinâmico desenvolvido. Para isso, a SPH



disponibilizou através de convênio assinado com a METROPLAN, dados máximos registrados na régua da estação da Praça Harmonia desde 1942 até 2015.

Verificou-se que existe uma diferença de -40 cm entre a leitura da régua da SPH (Superintendência de Portos e Hidrovias) e o *Datum* Vertical Imituba adotado pelo IBGE. Dessa forma, aplicou-se o fator corretivo na série originalmente enviada para padronização das elevações trabalhadas na AEH. Esta validação foi realizada através de uma equipe de levantamento topográfico.

A elevação da cheia de 1941 foi determinada com o levantamento topográfico da marca física existente junto a SPH, no Caís Mauá, próxima a régua da Praça da Harmonia, isto é, 4,20 m. Os dados históricos dos níveis do Lago Guaíba estão indicados no Quadro 17, bem como, os dados obtidos junto a CPRM, esses dados completaram a série histórica de níveis de água do Guaíba de 1899 a 1940.

Quadro 17. Dados históricos dos Níveis do Lago Guaíba

Ano	ANA - CPRM	SPH	SPH ( <i>Datum</i> Vertical IBGE)	Ano	ANA - CPRM	SPH	SPH ( <i>Datum</i> Vertical IBGE)
	Elevação diária máxima anual (m)				Elevação diária máxima anual (m)		
1899	2,60	2,60	2,20	1958	2,00	1,90	1,50
1900	1,48	1,48	1,08	1959	1,99	2,05	1,65
1901	0,98	0,98	0,58	1960	1,77	1,80	1,40
1902	1,99	1,99	1,59	1961	2,16	1,96	1,56
1903	1,45	1,45	1,05	1962	1,25	1,10	0,70
1904	1,51	1,51	1,11	1963	2,67	2,50	2,10
1905	2,50	2,50	2,10	1964	1,73	1,59	1,19
1906	1,53	1,53	1,13	1965	2,72	2,56	2,16
1907	2,00	2,00	1,60	1966	2,61	2,56	2,16
1908	1,69	1,69	1,29	1967	3,13	2,83	2,43
1909	1,52	1,52	1,12	1968	1,18	1,32	0,92
1910	1,34	1,34	0,94	1969	1,36	1,40	1,00
1911	2,05	2,05	1,65	1970	1,71	1,74	1,34
1912	2,13	2,13	1,73	1971	1,72	1,73	1,33
1913	1,19	1,19	0,79	1972	2,21	2,24	1,84
1914	2,60	2,60	2,20	1973	1,93	1,95	1,55
1915	1,91	1,91	1,51	1974	1,48	1,55	1,15
1916	1,78	1,78	1,38	1975	1,64	1,67	1,27
1917	0,98	0,98	0,58	1976	1,84	1,89	1,49
1918	1,49	1,49	1,09	1977	2,13	2,16	1,76
1919	2,21	2,21	1,81	1978	1,19	1,50	1,10
1920	1,60	1,60	1,20	1979	1,66	1,68	1,28
1921	1,58	1,58	1,18	1980	1,58	1,70	1,30
1922	1,68	1,68	1,28	1981	1,54	1,60	1,20
1923	1,75	1,75	1,35	1982	1,97	2,00	1,60
1924	1,61	1,61	1,21	1983	2,35	2,35	1,95
1925	1,31	1,31	0,91	1984	2,56	2,60	2,20
1926	2,60	2,60	2,20	1985	2,15	2,10	1,70
1927	1,56	1,56	1,16	1986	1,73	1,81	1,41
1928	3,20	3,20	2,80	1987	2,36	2,37	1,97
1929	2,05	2,05	1,65	1988	1,98	2,00	1,60
1930	2,35	2,35	1,95	1989	2,00	2,00	1,60
1931	1,70	1,70	1,30	1990	2,22	2,25	1,85
1932	1,84	1,84	1,44	1991	1,45	1,60	1,20
1933	1,34	1,34	0,94	1992	1,94	1,94	1,54
1934	-	-	-	1993	2,07	2,11	1,71
1935	1,64	1,64	1,24	1994	1,86	2,05	1,65
1936	3,24	3,24	2,84	1995	1,96	2,06	1,66
1937	2,51	2,51	2,11	1996	1,62	1,65	1,25
1938	1,43	1,43	1,03	1997	1,96	1,98	1,58
1939	1,60	1,60	1,20	1998	1,97	2,00	1,60
1940	2,24	2,24	1,84	1999	1,46	1,50	1,10
1941	4,75	4,75	4,20	2000	1,86	1,91	1,51

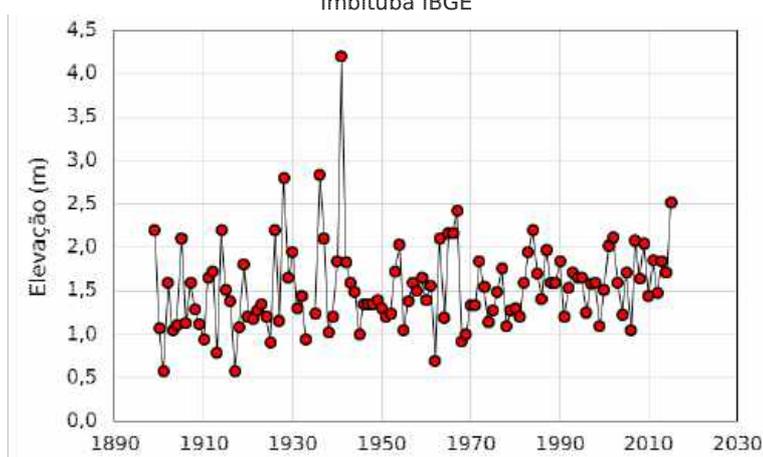




Ano	ANA - CPRM	SPH	SPH (Datum Vertical IBGE)	Ano	ANA - CPRM	SPH	SPH (Datum Vertical IBGE)
	Elevação diária máxima anual (m)				Elevação diária máxima anual (m)		
1942	2,33	2,23	1,83	2001	2,40	2,42	2,02
1943	1,60	1,99	1,59	2002	2,46	2,52	2,12
1944	1,90	1,89	1,49	2003	1,82	2,00	1,60
1945	1,26	1,40	1,00	2004	1,56	1,63	1,23
1946	1,55	1,75	1,35	2005	2,06	2,11	1,71
1947	1,67	1,75	1,35	2006	1,38	1,45	1,05
1948	1,68	1,75	1,35	2007	2,44	2,48	2,08
1949	1,71	1,80	1,40	2008	1,62	2,04	1,64
1950	1,91	1,70	1,30	2009	2,45	2,45	2,05
1951	2,10	1,60	1,20	2010	1,84	1,84	1,44
1952	2,06	1,64	1,24	2011	2,08	2,26	1,86
1953	2,52	2,13	1,73	2012	1,74	1,88	1,48
1954	2,91	2,43	2,03	2013	2,04	2,24	1,84
1955	1,80	1,45	1,05	2014	2,11	2,11	1,71
1956	2,32	1,78	1,38	2015	2,94	2,92	2,52
1957	2,08	2,00	1,60				

A Figura 34 apresenta a série histórica completa empregada para determinar os níveis de água (NA) extremos no Lago Guaíba para diferentes tempos de retorno.

Figura 34. Dados Históricos dos Níveis Máximos registrados no Lago Guaíba, NA. Datum Vertical Imbituba IBGE



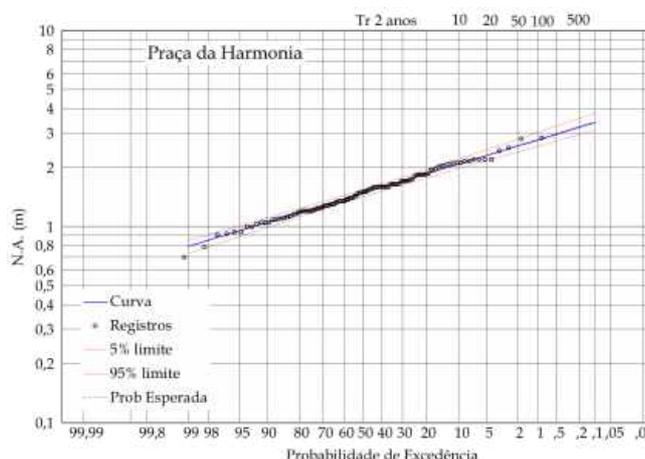
Através do emprego da metodologia descrita no Bulletin17B (1982) (*Guidelines for Determining Flood Flow Frequency* do U.S. Department of the Interior Geological Survey), utilizando a distribuição de probabilidade de extremos tipo Log-Pearson III, e, a série de NA anteriormente apresentada, foi possível obter os valores de NA junto ao Caís Mauá para diferentes tempos de retorno, ver ajuste na Figura 35. Os resultados estão indicados Quadro 17.

A correlação do NA Guaíba com a foz do rio Gravataí foi realizada pela comparação de duas cheias importantes, 1967 e 2015, onde se obteve os registros dos NA na foz e Cais Mauá e determinou a declividade de linha de água. Em ambas as situações, a declividade da linha de água ficou em torno de 0,000237 m/m.





Figura 35. Ajuste da distribuição de Probabilidade de extremo tipo Log-Pearson III, em papel probabilístico Weibull, para os registros históricos dos NA no Lago Guaíba (Datum Vertical Imitubá IBGE)



Quadro 18. NA no Lago Guaíba para diferentes tempos de retorno

Tr(anos)	Elevação Máxima do Nível de Água do Lago Guaíba			NA Foz Gravataí
	NA IBGE (m)	NA IBGE 5%(m)	NA IBGE 95%(m)	NA IBGE (m)
1.000	3,40	3,80	3,10	5,64
500	3,21	3,57	2,95	5,33
200	2,96	3,26	2,74	4,92
100	2,77	3,03	2,57	4,60
50	2,57	2,79	2,41	4,27
25	2,37	2,55	2,23	3,94
20	2,31	2,47	2,17	3,83
10	2,09	2,22	1,98	3,47
5	1,86	1,96	1,77	3,08
3,33	1,71	1,79	1,63	2,83
2,5	1,59	1,66	1,52	2,63
2	1,48	1,54	1,42	2,46
1,67	1,38	1,44	1,33	2,30
1,43	1,29	1,34	1,23	2,14
1,25	1,18	1,24	1,12	1,96
1,11	1,05	1,11	0,99	1,74
1,05	0,95	1,01	0,89	1,58
1,02	0,85	0,91	0,79	1,42
1,01	0,79	0,85	0,73	1,32

#### 4.2.4.2.3 Calibração do Evento Base: Cheia de Julho de 2015

A cheia de julho de 2015 serviu para obtenção três informações importantes: (a) calibrar os coeficientes de Manning da calha do rio e várzeas; (b) validar a vazão ocorrida em tal evento, haja vista, o efeito de águas altas naquele mês no Lago Guaíba, e, (c) o tempo recorrência do evento. Apesar do NA do Guaíba ter sido alto durante esse evento, o NA máximo registrado no ano de 2015 ocorreu no mês de outubro (El. 2,52 m), quando foi necessário fechar as comportas do Cais Mauá.

Para ter uma ordem de grandeza do valor inicial de vazão a utilizar no modelo hidrodinâmico, avaliou qual seria o volume gerado pelos eventos de chuvas do mês de julho sobre a bacia hidrográfica do rio Gravataí (320mm) através da metodologia do SCS (1975).





É importante salientar que nos 6 pluviômetros (Figura 37) próximos da área de estudo e com dados disponíveis, as precipitações diárias foram inferiores a 94 mm, o que indica que os eventos simulados têm baixo tempo de retorno. Foram 18 dias de chuvas no mês de 2015, sendo 15 dias antes da verificação da elevação máxima do NA no rio Gravataí e seus afluentes. O histograma das precipitações diárias dessas estações pluviométricas: Sapucaia do Sul, Glorinha, Agropecuária Anjú, Fazenda Nossa Senhora da Conceição, Lombas e Porto Alegre, é apresentado na Figura 36.

Figura 36. Histograma de precipitação diária das estações Sapucaia do Sul, Glorinha, Agropecuária Anjú, Fazenda Nossa Senhora da Conceição, Lombas e Porto Alegre sobre a bacia do rio Gravataí no evento de julho de 2015

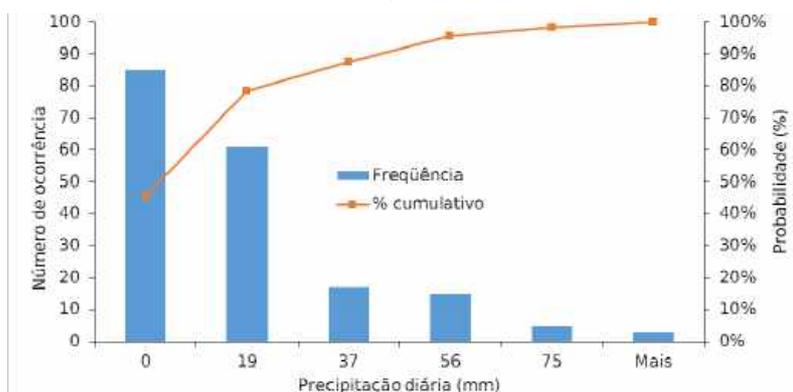
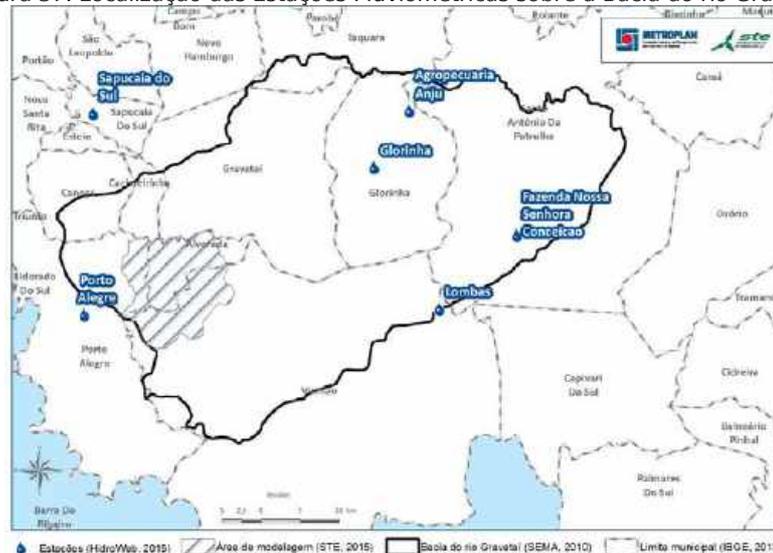


Figura 37. Localização das Estações Pluviométricas sobre a Bacia do rio Gravataí

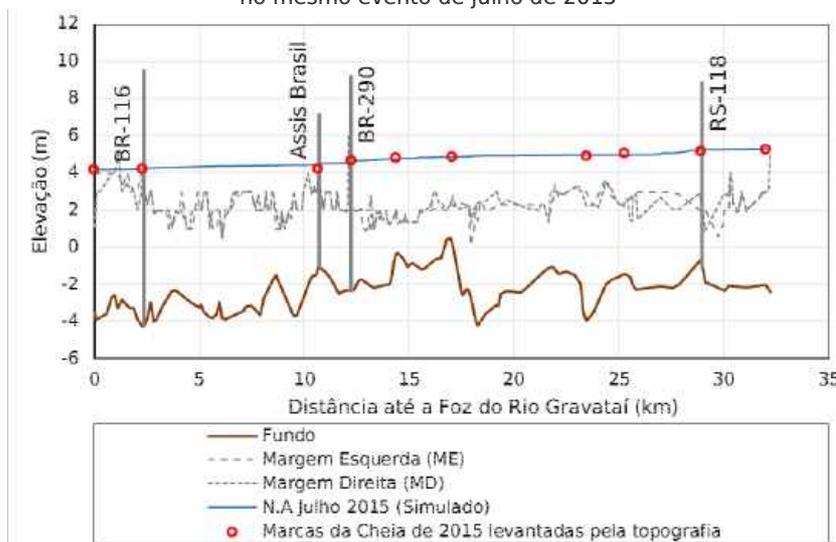


A vazão do modelo chuva-vazão SCS (11975) ficou entre 200 – 300 m<sup>3</sup>/s. O resultado da calibração da linha de água máxima simulada (ver Figura 38) com as marcas de cheias máximas levantadas em campo forneceu a montante da ERS-118, a vazão de 230 m<sup>3</sup>/s.





Figura 38. Calibração do coeficiente de Manning e vazão máxima do rio Gravataí no evento de cheia de julho 2015, através da linha de água simulada e marcas de cheias máximas levantadas em campo no mesmo evento de julho de 2015



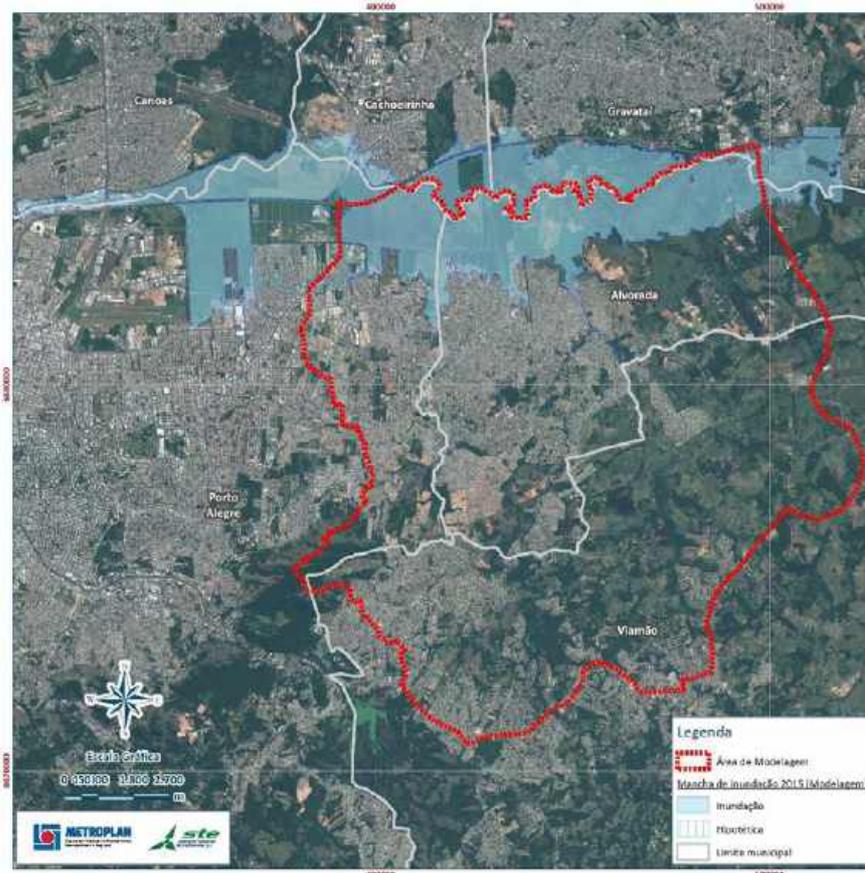
Os coeficientes de Manning da várzea e da calha menor do rio Gravataí encontrados foram, respectivamente, 0,10 e 0,03 (s/m<sup>1/3</sup>), igualmente adotados para os afluentes modelados. As vazões empregadas nos afluentes para calibração do modelo foram:

- Arroio Demétrio está localizado entre as estações fluviométricas Passo das Canoas e Passo das Canoas Auxiliar. Dessa forma, sua vazão foi considerada dentro do valor estimado para o rio Gravataí a montante da ERS - 118, isto é, 230 m<sup>3</sup>/s
- Bacia do Distrito Industrial, 10 m<sup>3</sup>/s
- Arroio Águas Belas, 42 m<sup>3</sup>/s
- Arroio Feijó, 35 m<sup>3</sup>/s
- Arroio São João 3 m<sup>3</sup>/s
- Arroio Santo Agostinho 1 m<sup>3</sup>/s
- Arroio Areia, arroio Sarandi/Canal São Gonçalo, arroios Barnabé, Passo Grande e Brigadeiro são contribuições laterais entre o arroio Santo Agostinho e a foz do rio Gravataí. Considerou sua contribuição para a cheia de 2015 simbólica com uma vazão máxima total de 10m<sup>3</sup>/s

O Anexo 2 e a Figura 39 mostram o Mapa com a cheia do rio Gravataí em 2015. O número de edificações a passíveis de serem inundadas foi aproximadamente 5.710 contemplando uma área de 619.236m<sup>2</sup>.



Figura 39. Mancha de Inundação proveniente da cheia do rio Gravataí em 2015



#### 4.2.4.2.4 Vazões Extremas no rio Gravataí

As vazões extremas do rio Gravataí foram obtidas para delineamento das manchas de inundações com diferentes tempos de retornos.

As estações fluviométricas com dados disponíveis na região estão no Quadro 19 e na Figura 40. Visto que o trecho de início da modelagem foi a estação Passo das Canoas Auxiliar, os dados priorizados para emprego no estudo foi, inicialmente, desse posto de monitoramento. As extensões de dados disponíveis estão no Quadro 20.

Quadro 19. Estações Fluviométricas com dados disponíveis no rio Gravataí na AEH

Código	87406000	87400000	87401700	87399000
Nome	Albatroz	Passo das Canoas	Gravataí - CORSAN	Passo das Canoas - Auxiliar
Rio	Rio Gravataí	Rio Gravataí	Rio Gravataí	Rio Gravataí
Estado	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul
Município	Canoas	Gravataí	Gravataí	Gravataí
Responsável	ANA	ANA	ANA	ANA
Operadora	CPRM	CPRM	CORSAN	CPRM
Latitude	-29:57:57	-29:57:24	-29:57:21	-29:57:52
Longitude	-51:9:56	-51:0:24	-51:1:3	-50:58:40
Altitude (m)	5	0,32	10	10
Área de Drenagem (km²)	2010	1660	1660	1410
Tipos de Dados	Cotas	Cotas Resumo descarga Vazão	Cotas	Cotas Resumo descarga Vazão

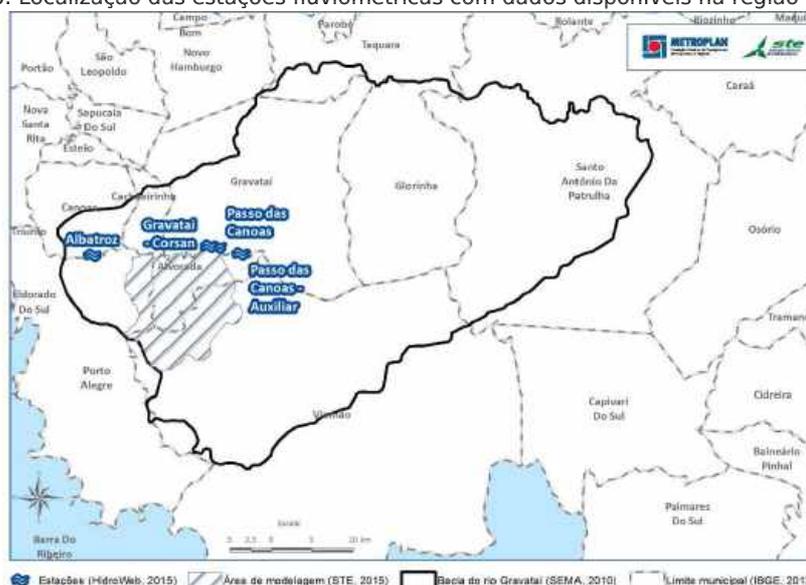
Fonte: Hidroweb acesso 24/06/2016 (<http://hidroweb.ana.gov.br/>)



Todavia, devido a extensão das séries diárias de cotas e vazões, julgou-se prudente adotar a estação fluviométrica Passo das Canoas (87400000) para o estabelecimento das vazões máximas no rio Gravataí. A área incremental em relação ao Passo das Canoas e Passo de Canoas Auxiliar é pequena (diferença dada pelo Arroio Demétrio), sendo elas facilmente correlacionadas nos eventos de cheias.

Para inserir o evento de julho de 2015, foi necessário também considerar os valores extremos da estação Passo das Canoas Auxiliar, pois a CPRM somente registrou nesse posto o valor de cota registrado no dia de 18/07/2015 (Evento de 2015). Então, passou para etapa da análise das curvas chave das duas estações, ver Figura 41 e Figura 42.

Figura 40. Localização das estações fluviométricas com dados disponíveis na região em estudo



Quadro 20. Extensão dos dados diários de registros nas estações fluviométricas no rio Gravataí, no trecho modelado

Ano	87406000	87400000	87401700	87399000
	ALBATROZ	PASSO DAS CANOAS	GRAVATAÍ - CORSAN	PASSO DAS CANOAS - AUXILIAR
Nº de meses com registros diários completos				
1939		1		
1940		12		
1941		12		
1942		12		
1943		12		
1944		12		
1945		12		
1946		12		
1947		12		
1948		12		
1949		12		
1950		12		
1951		12		
1952		12		
1953		12		
1954		12		
1955		12		
1956		12		
1957		12		
1958		12		
1959		12		



Ano	87406000	87400000	87401700	87399000
	ALBATROZ	PASSO DAS CANOAS	GRAVATAÍ - CORSAN	PASSO DAS CANOAS - AUXILIAR
<b>Nº de meses com registros diários completos</b>				
1960		12		
1961		12		
1962		12		
1963		9		
1964		12		
1965		12		
1966		12		
1967		11		
1968		12		
1969		12		
1970		12		
1971		12		
1972		12		
1973		12		4
1974		12		11
1975		12		12
1976		12		12
1977		12		11
1978		12		9
1979		12		12
1980		12		12
1981		12		12
1982		12		12
1983		12		12
1984		12		12
1985		11		12
1986	11	9		12
1987	12	12		12
1988	12	12		12
1989	12	12		12
1990	12	12		12
1991	9	12	4	12
1992	11	12	10	12
1993	7	11		11
1994	11	10		12
1995	12	12		12
1996	11	12		12
1997	7	9		9
1998	0	0		0
1999	0	0		0
2000	0	0		0
2001	0	0		0
2002	12	12		12
2003	12	12		12
2004	6	12		6
2005	10	7		10
2006	7	10		8
2007	10	5		12
2008	9	12		9
2009	9	12		11
2010	12	11		12
2011	11	11		12
2012	12	11		12
2013	12	9		12
2014	12	8		11
2015	7	3		8

Ao verificar que as curvas chaves foram obtidas para vazões e níveis na calha menor do rio Gravataí, procurou estabelecer a trama superior das referidas curvas. Então, como já mencionado antes, a obtenção de valores acima da calha menor foi através da modelagem





do evento de 2015. Após a determinação das vazões de extravasamento e da cheia de 2015, traçou-se novos ajustes, como ilustrado na Figura 41 e na Figura 42.

Figura 41. Curva chave da Estação Fluviométrica Passo das Canoas Auxiliar

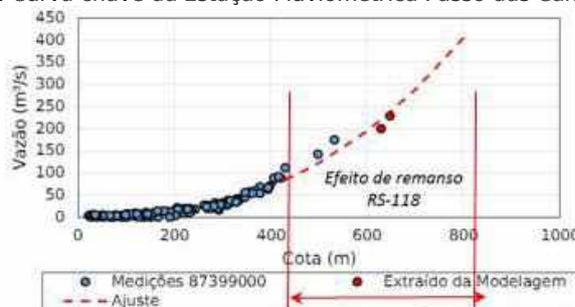
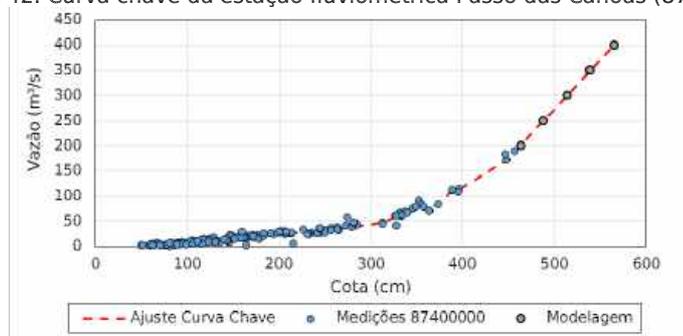


Figura 42. Curva chave da estação fluviométrica Passo das Canoas (87400000)



Corrigida as curvas chaves obteve-se as vazões médias diárias máximas anuais descritas no Quadro 21.

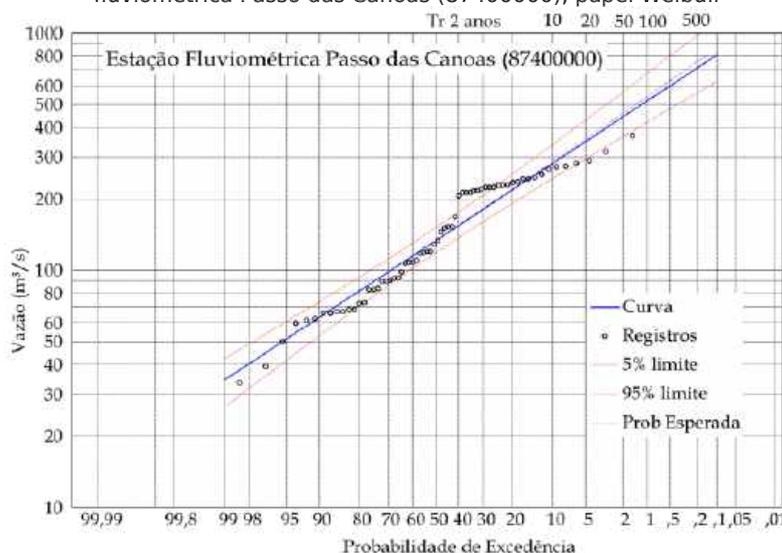
Quadro 21. Vazões médias diárias máximas anuais na estação fluviométrica Passo das Canoas (8740000)

Data	Vazão média diária máxima anual (m³/s)	Data	Vazão média diária máxima anual (m³/s)	Data	Vazão média diária máxima anual (m³/s)	Data	Vazão média diária máxima anual (m³/s)
10/10/40	117,54	08/04/56	73,21	21/09/73	107,78	20/10/90	213,11
07/05/41	316,27	09/09/57	220,23	13/06/74	67,05	09/08/91	120,19
19/06/42	83,22	18/09/58	107,78	17/09/75	133,37	08/07/92	145,29
08/07/43	65,90	28/09/59	152,90	01/08/76	223,94	12/07/93	227,77
26/06/44	233,94	05/09/60	84,01	06/08/77	227,76	04/08/95	288,83
04/08/45	68,22	03/07/61	93,41	18/09/78	60,01	24/10/96	120,19
01/03/46	39,21	22/09/62	33,55	15/08/79	50,10	14/06/02	216,62
04/10/47	67,05	04/09/64	68,22	02/08/80	118,85	15/07/03	106,65
28/07/48	89,82	22/08/65	282,95	26/09/81	90,70	25/09/04	167,87
22/07/49	65,90	08/08/66	150,93	03/07/82	216,62	20/08/08	213,11
04/08/50	62,60	21/09/67	275,11	04/08/83	253,54	19/09/09	235,90
28/11/51	72,56	11/11/68	92,49	23/06/84	369,20	28/07/10	213,11
01/07/52	61,55	23/02/69	83,22	15/08/85	265,31	23/07/11	245,70
04/10/53	98,20	09/07/70	152,89	18/08/87	273,15	19/09/12	243,74
25/07/54	206,38	15/08/71	128,74	26/09/88	223,94	05/09/13	243,74
11/09/55	89,82	10/06/72	223,94	07/07/89	110,10	18/07/15	230,00

O ajuste da distribuição probabilísticas de extremos tipo Log-Pearson III para estação fluviométrica Passo das Canoas (87400000), papel Weibull, é apresentado na Figura 43. O Quadro 22 exhibe as vazões médias diárias com diferentes tempos de retorno, com o intervalo de confiança de 5% e 95%.



Figura 43. Ajuste da distribuição probabilísticas de extremos tipo Log-Pearson III para estação fluviométrica Passo das Canoas (87400000), papel Weibull



Quadro 22. Vazões médias diárias com diferentes tempos de retorno para a estação fluviométrica Passo das Canoas (87400000)

Tempo de Retorno (anos)	Q	Q <sub>5</sub>	Q <sub>95</sub>
	(m³/s)		
1.000	809,92	1.132,54	626,85
500	715,72	981,50	561,80
200	600,06	800,66	480,36
100	518,84	677,12	421,93
50	442,60	564,16	365,96
25	370,92	461,01	312,10
20	348,72	429,75	295,13
10	282,16	338,25	243,21
5	218,33	254,29	191,53
3,333	181,46	207,95	160,49
2,5	154,94	175,82	137,43
2	133,66	150,88	118,41
1,667	115,31	130,00	101,62
1,429	98,45	111,32	85,91
1,250	81,83	93,28	70,26
1,111	63,32	73,46	52,82
1,053	51,23	60,54	41,57
1,020	40,37	48,82	31,67
1,010	34,43	42,34	26,38

#### 4.2.4.2.5 Manchas de Inundações no rio Gravataí para Diferentes Tempos de Retorno

As vazões máximas obtidas no Quadro 22 foram inseridas no modelo hidrodinâmico HEC-RAS. As vazões dos afluentes foram distribuídas ao longo do trecho do rio em estudo, considerando valores mínimos que não introduzissem extravasamento das cheias fora da calha, nem remansos sobre as pontes e interferências ao escoamento nos referidos afluentes.

A modelagem se procedeu no regime não-permanente com duração de dois dias. A Figura 44 ilustra a região de estudo e modelagem inserida no modelo HEC-RAS e a Figura 45 o resultado da modelagem em formato de perfil e linha de água. A Figura 46 mostra as pontes inseridas no HEC-RAS.





Figura 45. Exemplo da linha de água de saída HEC-RAS após a modelagem. Resultado da Cheia de 2015 para níveis máximos de água calculados

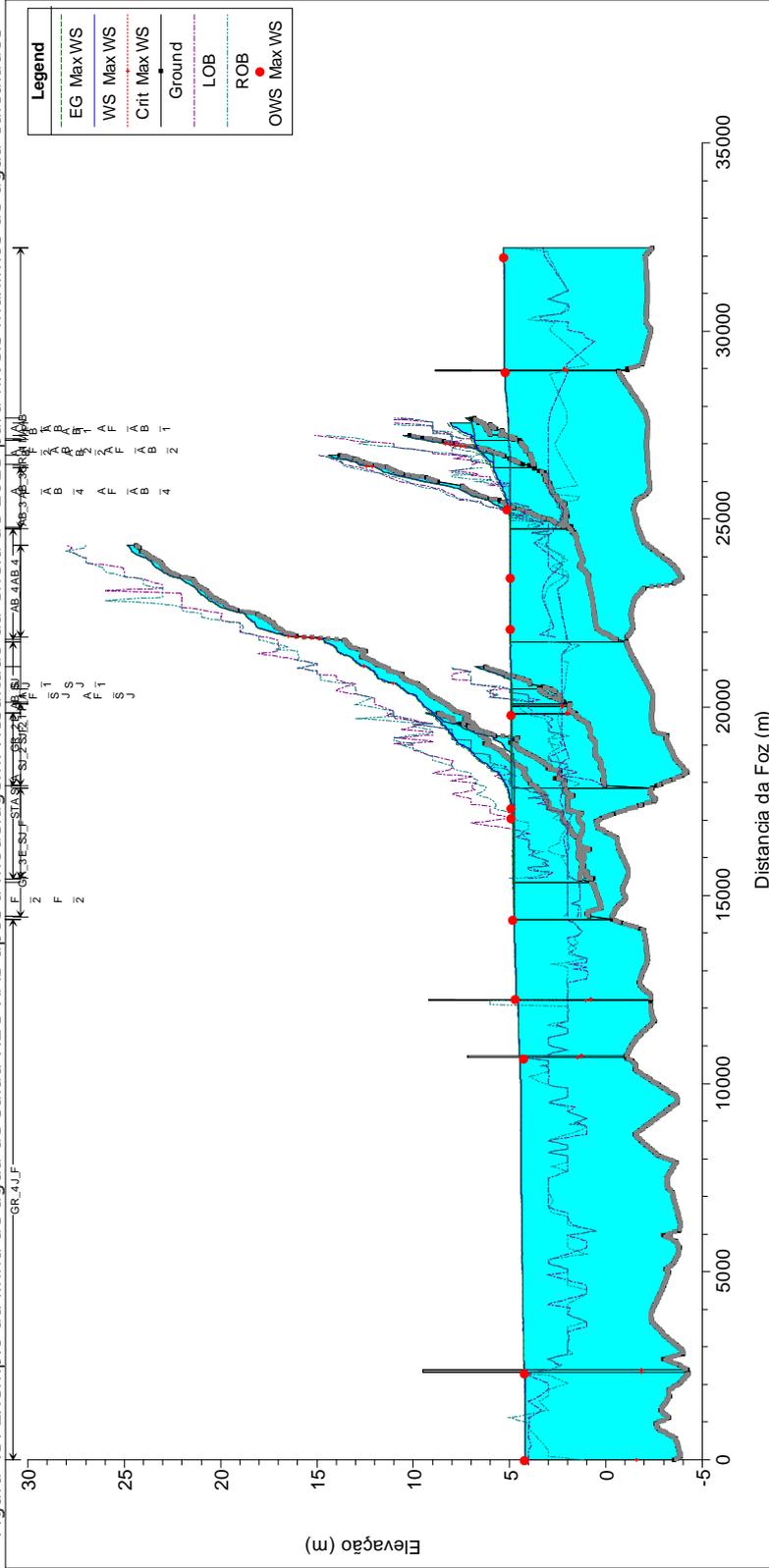
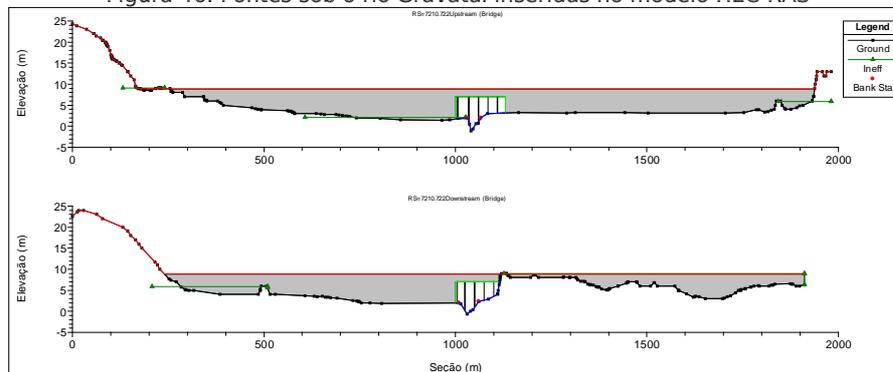
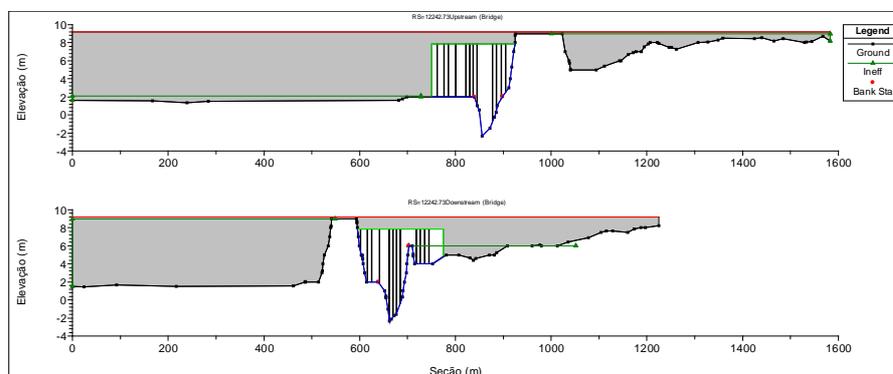




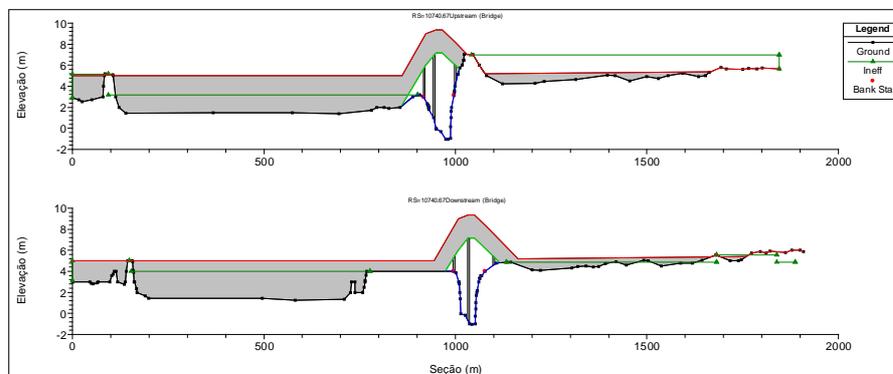
Figura 46. Pontes sob o rio Gravataí inseridas no modelo HEC-RAS



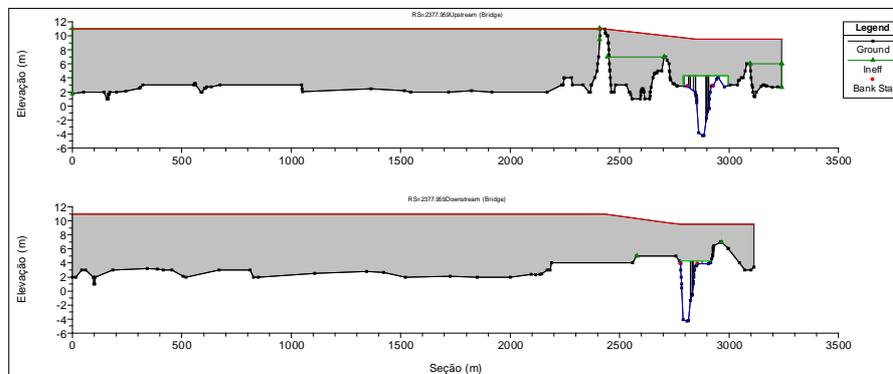
(a) Ponte na RS-118



(b) Ponte na BR-290



(c) Ponte Acesso Assis Brasil a Cachoeirinha



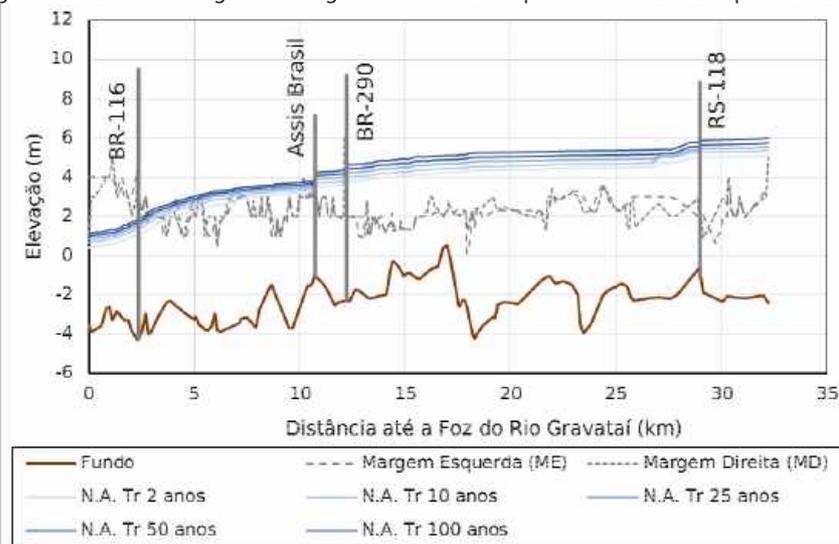
(d) Pontes BR-116





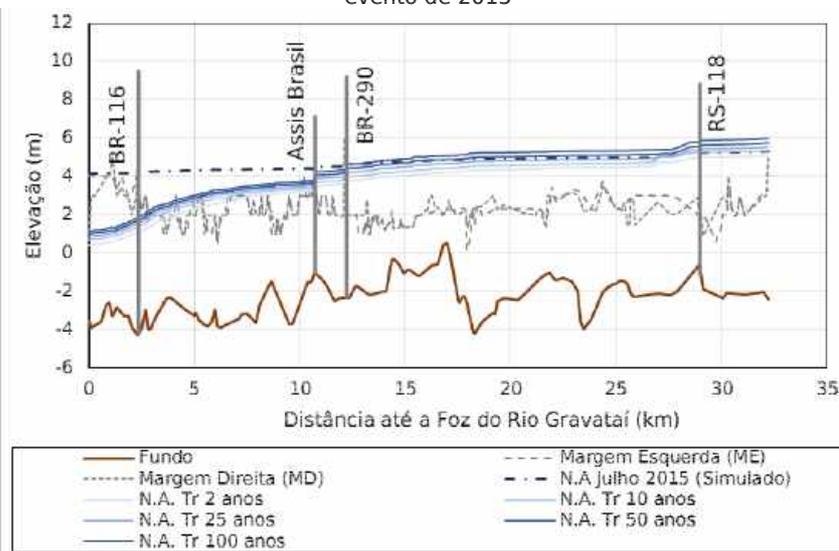
Os resultados das linhas de águas máximas para diferentes tempos de recorrência estão na Figura 47. As tabelas e memórias de cálculos estão anexas em meio digital.

Figura 47. Linhas de água ao longo do rio Gravataí para diferentes tempo de retorno



A Figura 48 compara a cheias com diferentes tempos de retornos e a cheia de 2015. É possível visualizar o efeito de remanso do Lago Guaíba sobre o supracitado evento. Também é verificado o efeito de interferências das pontes no escoamento das cheias no rio Gravataí.

Figura 48. Linhas de água ao longo do rio Gravataí para diferentes tempo de retorno comparadas ao evento de 2015



As manchas de inundações estimadas para cheias com diferentes tempos de retorno provenientes do rio Gravataí estão delimitadas da

Figura 49 a Figura 53, e no Anexo 3 consta o Mapa com todas as manchas representadas. O Quadro 23 apresenta para os diferentes Tempos de Retorno a quantificação das edificações sujeitas a inundação, bem como a área total edificada para cada Tempo.





Quadro 23. Edificações e área total sujeitas a inundação

Mancha	Edificações atingidas	Área total edificada
Gravataí TR 2 anos	1.978	194.613 m <sup>2</sup>
Gravataí TR 10 anos	2.902	272.191 m <sup>2</sup>
Gravataí TR 25 anos	3.550	322.332 m <sup>2</sup>
Gravataí TR 50 anos	5.626	596.468 m <sup>2</sup>
Gravataí TR 100 anos	7.653	788.295 m <sup>2</sup>

Figura 49. Mancha de Inundação proveniente da cheia do rio Gravataí com Tr 2 anos

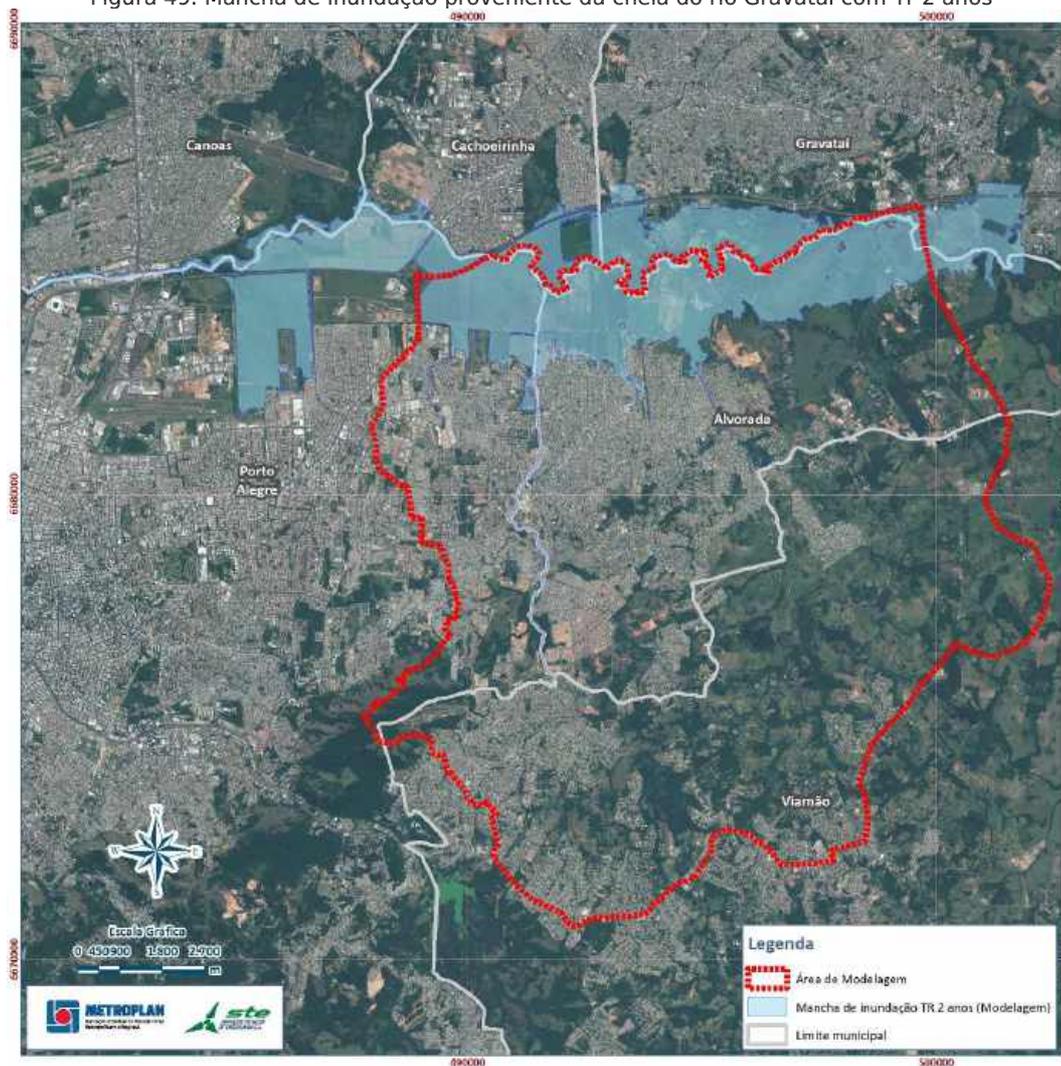




Figura 50. Mancha de Inundação proveniente da cheia do rio Gravataí com Tr 10 anos

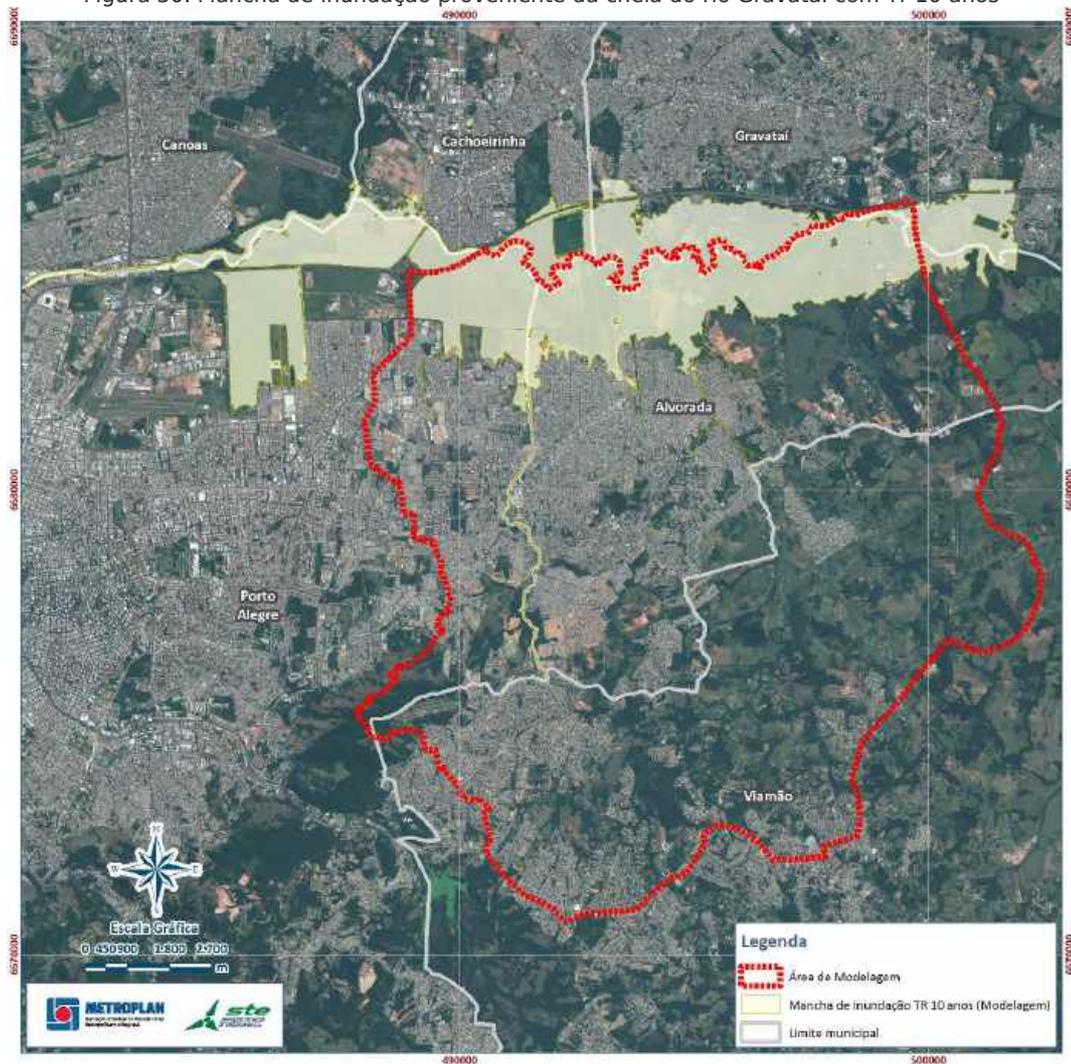




Figura 51. Mancha de Inundação proveniente da cheia do rio Gravataí com Tr 25 anos

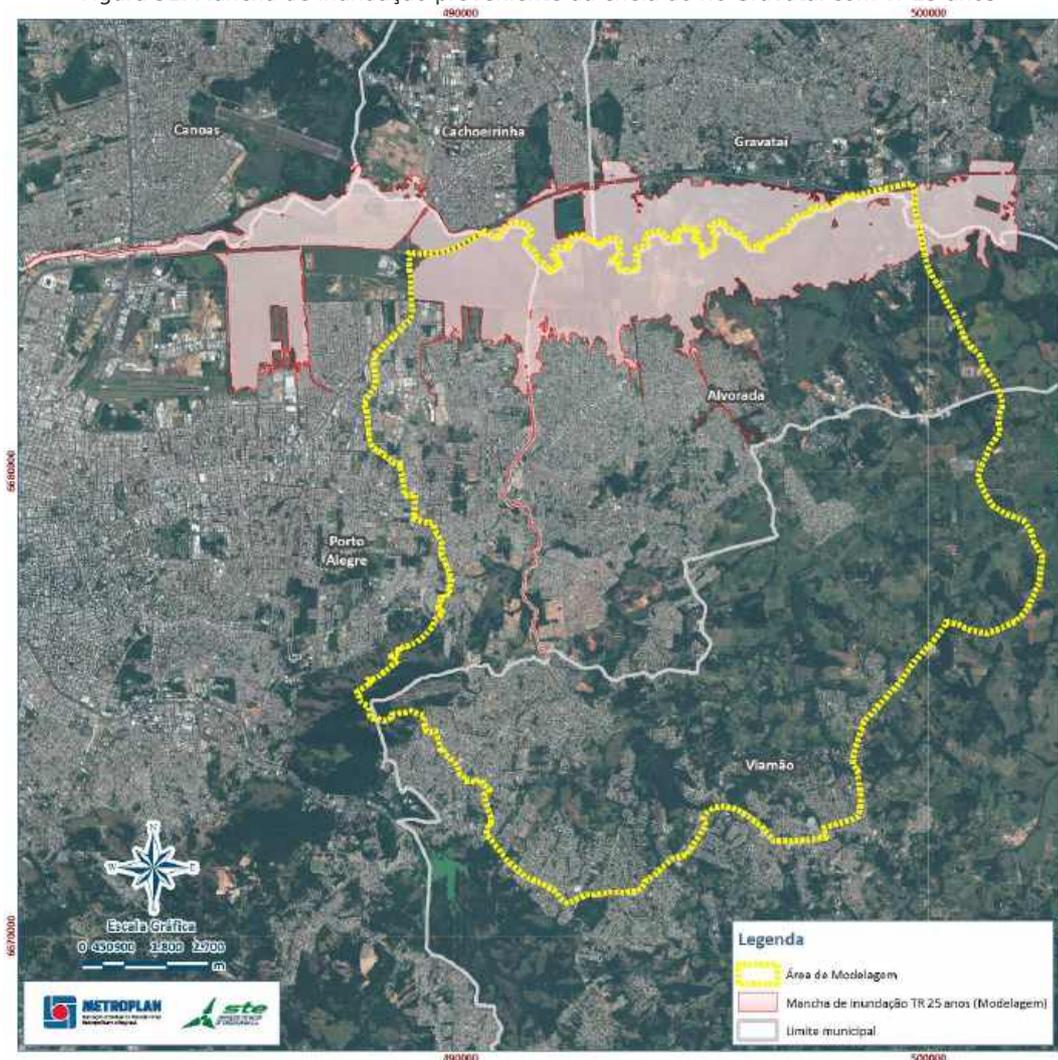




Figura 52. Mancha de Inundação proveniente da cheia do rio Gravataí com Tr 50 anos

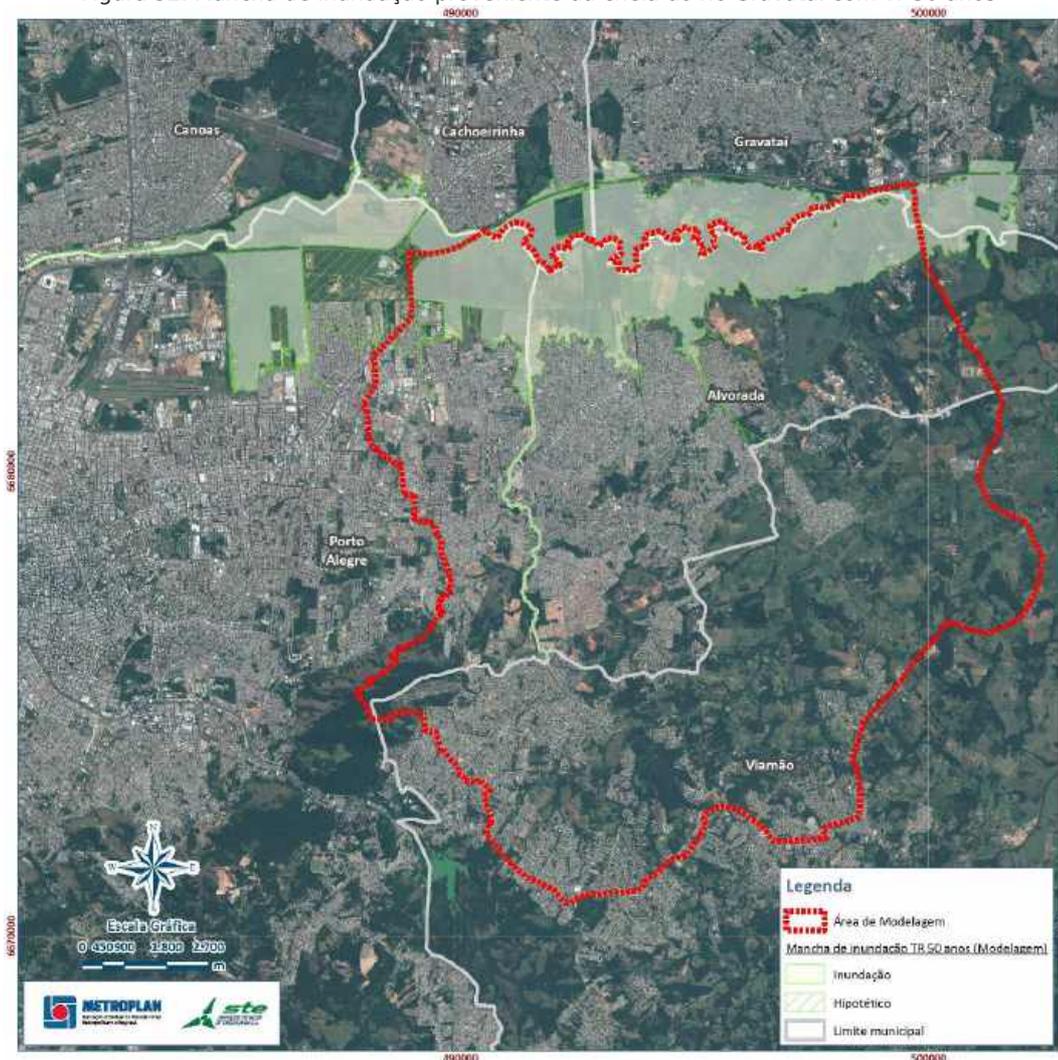
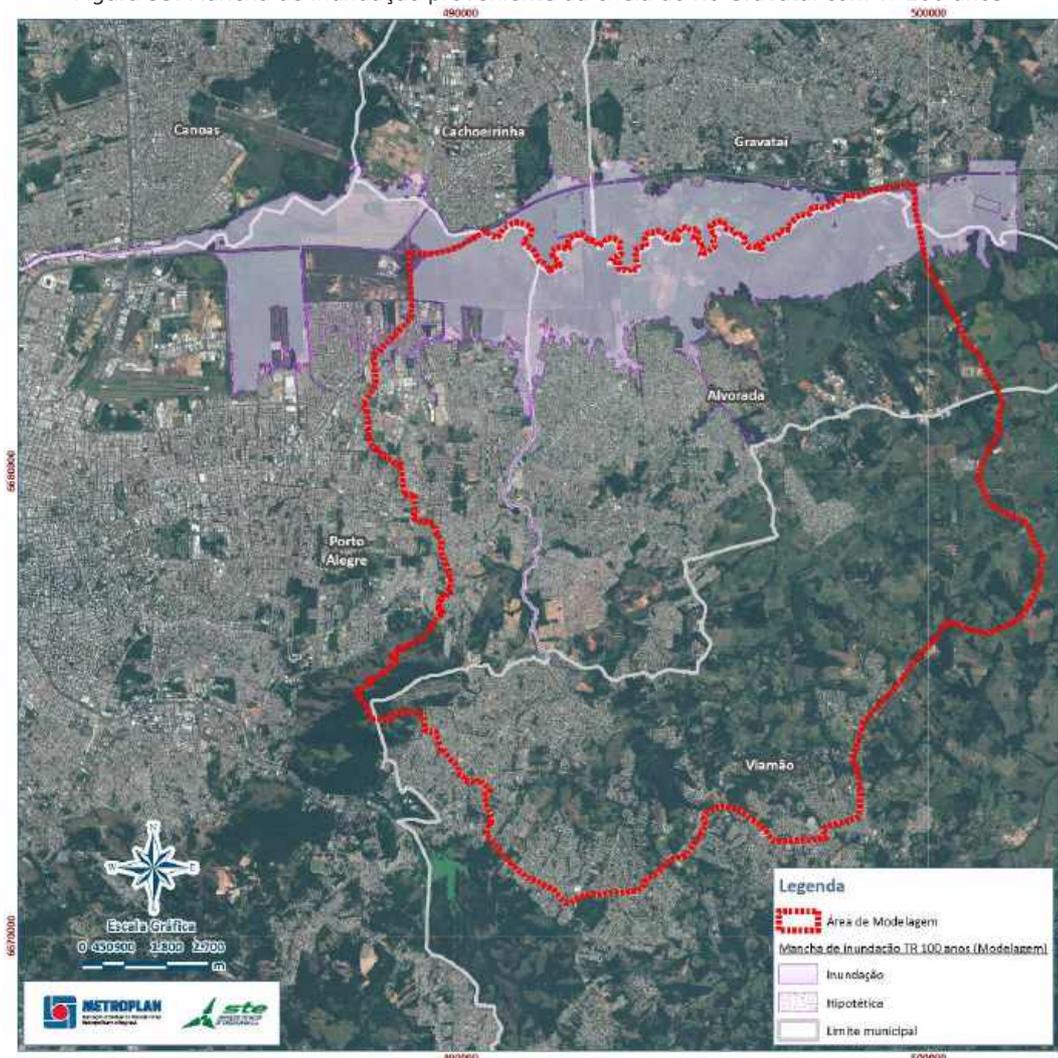




Figura 53. Mancha de Inundação proveniente da cheia do rio Gravataí com Tr 100 anos



#### 4.2.5 Drenagem Pluvial Urbana: Análise das inundações devido a chuvas locais sobre a drenagem urbana local

As considerações mencionadas no item anterior sobre a elaboração do modelo hidrodinâmico e concepções gerais adotadas nos estudos hidrológicos são aqui válidas.

Neste item serão tratadas somente do escoamento das águas das chuvas nas sub-bacias urbanas, apesar de ponderar o reflexo sobre o rio Gravataí através do modelo hidrodinâmico elaborado. Foram analisados dois cenários: (a) um de ocupação e uso do solo na atual condição (2015/2016) e (b) condição de ocupação e uso do solo daqui 30 anos, considerando o desenvolvimento previstos nos atuais Planos Diretores Urbanos dos municípios envolvidos.

Os hidrogramas de projetos delineadas foram de 2, 5 10, 25 e 50 anos de Tempo de Retorno, empregando a metodologia do hidrograma sintético triangular do SCS (1975), definido para áreas de sub-bacias da ordem de 100 ha. As pontes e interferências foram



cadastradas com o objetivo de avaliar seu efeito no escoamento e futuras mudanças que possa ocorrer devido as soluções de drenagem aqui projetadas.

A modelagem computacional hidrológica foi realizada nos Arroios Santo Agostinho, Feijó, São João e Águas Belas, apesar do rico sistema de drenagem das várzeas junto ao rio Gravataí. Esses canais, em sua imensa maioria, foram escavados pelos moradores locais sem maiores estudos técnicos, servindo também de esgotamento sanitário para região. Esses canais foram cadastrados pela topografia, haja vista que poderão ser interceptados pelas futuras obras de proteção contra cheia prevista para a região.

As manchas de inundações foram determinadas com base no modelo numérico do terreno definido anteriormente no item 4.2.4.2. Elas estarão restritas, junto ao rio Gravataí, a faixa do acesso da Av. Assis Brasil e Cachoeirinha e ERS-118, e aos supracitados afluentes. Devido a característica unidimensional do modelo hidrodinâmico empregado fica limitada a definição da real amplitude das zonas de inundações, porquanto, o sistema computacional entende que os cursos estão separados, sem conexão e proximidade, diferentemente do que ocorre na realidade. Por exemplo: a mancha inundação junto a FIERGS pode ser definida tanto pelos níveis de água no rio Gravataí quanto pelos níveis de água no arroio Santo Agostinho, apesar dos NA produzidos pela modelagem serem bastante distintos e com reflexos significativos para a várzea de inundação. Então, sugere-se cautela na análise das manchas de inundações apresentadas aqui neste estudo, principalmente, nestas regiões. Com o propósito de ajudar nessa análise, essas regiões serão destacadas nos mapas como zonas factíveis de inundações. Essa limitação é a maior restrição aos resultados da modelagem.

A equação de intensidade-duração-frequência e os parâmetros CN definidos estão descritos na sequência. Ambas variáveis citadas foram atualizadas para o ano de 2015.

#### 4.2.5.1 Equação Intensidade-Duração-Frequência para Área de Estudo

A definição das Curvas Intensidade - Duração - Frequência (IDF) para Área de Estudo Hidrológico baseou nos seguintes dados pluviométricos existentes:

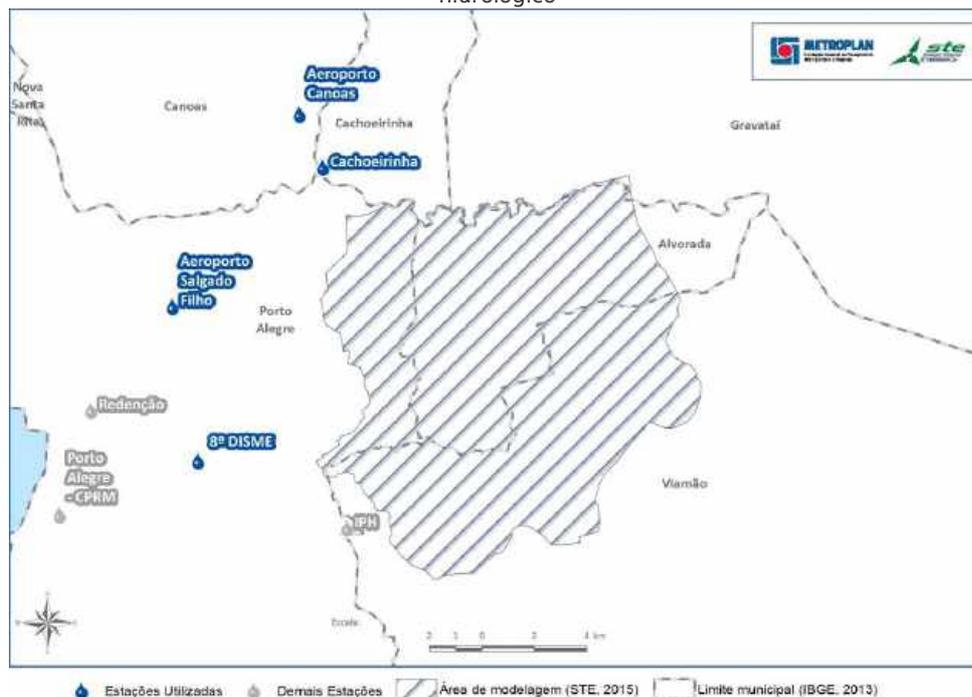
- Curva IDF Aeroporto e IPH descrita no Manual de Drenagem Pluvial do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre - Volume VI, setembro/2005;
- Dados pluviométricos máximos anuais de 1951 a 2014, com 60 minutos de duração obtidos no Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), localizado em São José dos Campos/SP, órgão responsável pela coleta, organização e distribuição das informações meteorológicas dos Aeroportos do Brasil, obtido na Rede Mundial de Computadores em <http://clima.icea.gov.br/clima/Superficie.php>;
- Precipitação Diária (mm) da Estação Aeroporto Salgado Filho, cuja série histórica está compreendida entre 1951 até 2015 (incompleto), com falhas, fornecidas pelo ICEA para Metroplan, via Ofício nº 24/PBCA/888;
- Precipitação Diária (mm) da Estação Aeroporto de Canoas, cuja série histórica está compreendida entre 1991 até 2014, com muitas falhas, fornecidas pelo ICEA para Metroplan, via Ofício nº 24/PBCA/888;
- Precipitação Diária (mm) da Estação de Cachoeirinha, cuja série histórica está compreendida entre 1975 (incompleto) até 2015 (incompleto);



- Precipitação Diária (mm) da Estação 8ª DISME (INMET), cuja série histórica está compreendida entre 1961 até 2015.

A Figura 54 ilustra a localização das estações supracitadas com destaque para a do Aeroporto Salgado Filho e Cachoeirinha. O Quadro 24 e a Figura 55 apresentam as séries de dados máximos anuais para as duas estações supracitadas.

Figura 54. Estações Pluviométricas empregadas para definição da Equação IDF na área de estudo hidrológico



Quadro 24. Dados pluviométricos máximos anuais para as estações Aeroporto, Canoas, Cachoeirinha e 8ª DISME

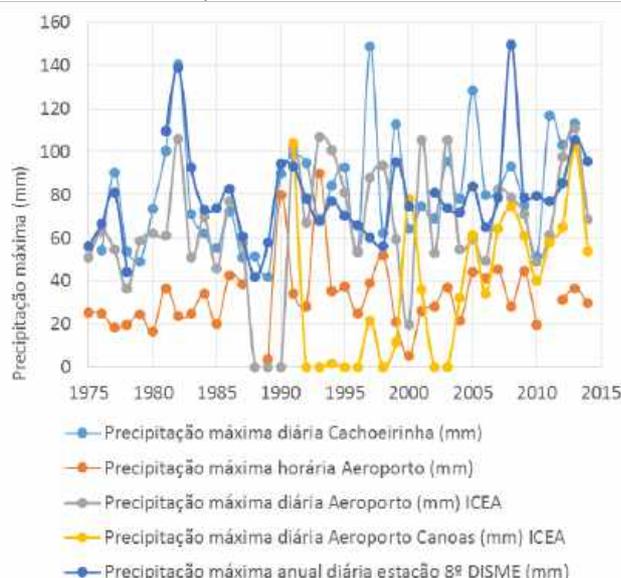
Ano	Precipitação máxima anual com duração de 60 min estação Aeroporto (mm)	Precipitação máxima anual diária estação Aeroporto (mm)	Precipitação máxima anual diária estação Aeroporto Canoas (mm)	Precipitação máxima anual diária estação Cachoeirinha (mm)	Precipitação máxima anual diária estação 8ª DISME (mm)
1951	70,0	75,0	-	-	-
1952	42,0	60,1	-	-	-
1953	46,5	70,0	-	-	-
1954	37,0	56,2	-	-	-
1955	43,1	73,8	-	-	-
1956	40,0	55,5	-	-	-
1957	34,0	58,7	-	-	-
1958	40,2	59,2	-	-	-
1959	75,2	75,2	-	-	-
1960	39,6	63,5	-	-	-
1961	79,4	76,5	-	-	68,0
1962	53,4	90,9	-	-	52,8
1963	15,5	29,9	-	-	66,8
1964	49,5	61,0	-	-	58,7
1965	60,6	69,5	-	-	98,8
1966	60,0	96,2	-	-	84,9
1967	140,0	101,9	-	-	95,0
1968	30,0	31,4	-	-	80,0
1969	47,3	51,0	-	-	43,9
1970	48,0	79,0	-	-	107,7
1971	50,0	83,0	-	-	55,4



Ano	Precipitação máxima anual com duração de 60 min estação Aeroporto (mm)	Precipitação máxima anual diária estação Aeroporto (mm)	Precipitação máxima anual diária estação Aeroporto Canoas (mm)	Precipitação máxima anual diária estação Cachoeirinha (mm)	Precipitação máxima anual diária estação 8ª DISME (mm)
1972	75,0	75,6	-	-	89,4
1973	52,6	60,6	-	-	61,6
1974	20,4	83,1	-	-	135,4
1975	25,5	50,9	-	47,7	56,3
1976	25,1	63,3	-	54,3	66,7
1977	18,6	54,7	-	90,3	81,3
1978	20,0	36,7	-	54,0	44,4
1979	24,6	58,6	-	49,1	-
1980	16,8	62,3	-	73,5	-
1981	36,8	61,1	-	100,4	109,5
1982	24,0	106,0	-	140,6	138,8
1983	25,0	51,0	-	71,2	92,9
1984	34,2	70,0	-	62,3	73,3
1985	20,3	46,0	-	55,3	74,0
1986	42,8	77,0	-	72,4	82,7
1987	38,5	58,0	-	51,2	60,8
1988	-	-	-	51,4	42,0
1989	3,8	-	-	41,8	57,7
1990	80,0	-	-	89,8	94,5
1991	34,3	101,9	103,8	98,6	93,0
1992	28,3	67,0	-	94,8	78,3
1993	90,0	106,8	-	68,8	67,8
1994	35,3	100,9	1,9	84,5	77,1
1995	37,5	81,1	0,2	92,8	70,3
1996	25,0	53,7	0,0	53,4	66,1
1997	39,2	87,8	21,9	148,8	60,3
1998	52,0	93,7	0,0	62,2	56,4
1999	20,9	59,6	11,9	112,7	95,1
2000	5,2	20,0	77,9	64,2	74,7
2001	26,2	105,7	36,3	74,8	-
2002	28,4	53,0	0,0	69,0	81,3
2003	37,2	105,7	0,0	95,7	74,1
2004	21,8	54,7	32,1	78,3	71,9
2005	44,4	59,3	61,5	128,6	84,0
2006	41,3	49,6	34,2	79,8	65,1
2007	45,5	82,3	64,4	82,2	78,7
2008	28,4	78,8	74,6	93,0	149,6
2009	44,8	71,3	61,0	75,0	78,8
2010	19,7	49,1	40,1	51,4	79,6
2011	-	61,5	57,7	116,8	77,2
2012	31,4	97,7	65,0	103,0	85,4
2013	36,8	110,7	102,3	113,2	105,5
2014	30,0	68,7	54,0	12,8	95,5
2015					83,1

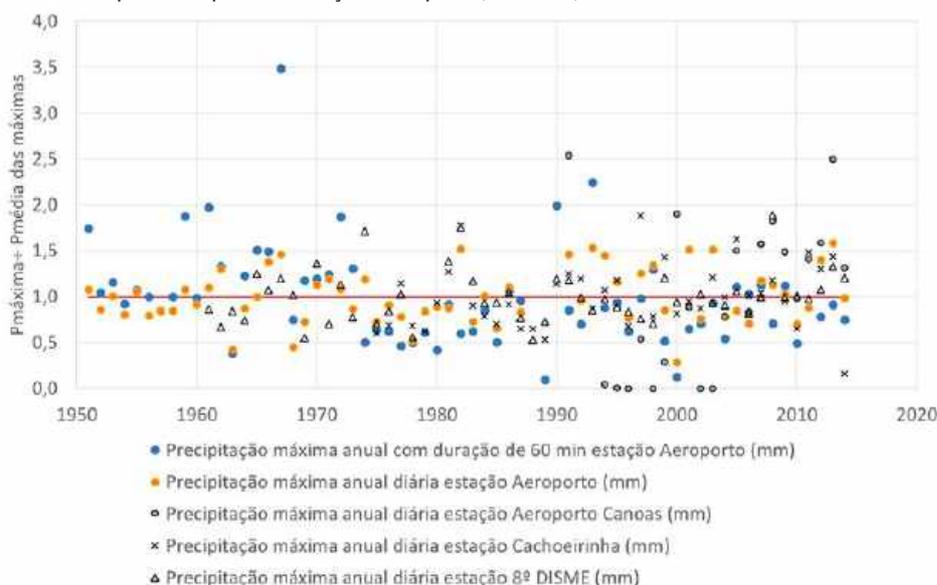


Figura 55. Dados pluviométricos máximos para a estação Aeroporto, Canoas, Cachoeirinha e 8º DISME no período de 1975 a 2014



Foi realizada uma comparação na Figura 56 entre as precipitações máximas anuais calculadas em cada posto e a médias desses valores. A precipitação máxima anual com duração de 60 min do Aeroporto apresenta relações superiores a 1,5 mais frequentes do que as demais, bem como a estação do Aeroporto de Canoas relações inferiores 0,5 em comparação das demais. Após 1990, aumenta a dispersão entre os valores calculados entre as estações empregadas.

Figura 56. Relação entre a precipitação máxima anual com a média das precipitações máximas disponíveis para a estação Aeroporto, Canoas, Cachoeirinha e 8º DISME





Com o intuito de comparar os valores de precipitação com diferentes tempo de retorno, selecionou o período comum de 1975 a 2014. Devido aos valores de máximos serem de durações diferentes, empregou-se os coeficientes de desagregação de chuvas obtidos na própria equação IDF Aeroporto existente. Os coeficientes de desagregação das chuvas para diferentes durações estão no Quadro 25 e são apresentados também para o 8º DISME, IPH e média nacional. O resultado pode ser visto no Quadro 26.

Quadro 25. Coeficientes de Desagregação de Chuvas para Diferentes Durações obtidos na IDF Existentes na Região Metropolitana de Porto Alegre e Média Brasil

Durações	Relações de precipitação com diferentes durações 8º DISME	Relações de precipitação com diferentes durações IDF Aeroporto	Relações de precipitação com diferentes durações IDF IPH/Viamão	Relações de precipitação com diferentes durações média Brasil
5/30 min	0,36	0,33	0,34	0,34
10/ 30 min	0,58	0,54	0,55	0,54
15/30 min	0,73	0,70	0,70	0,70
20/30 min	0,84	0,82	0,82	0,81
25/30 min	0,93	0,92	0,92	0,91
30 min/24 h	0,43	0,33	0,28	-
1h / 24h	0,54	0,44	0,37	0,42
1,5h / 24h	0,60	0,50	0,43	-
2,5h/24h	0,67	0,59	0,51	-
6h/24h	0,80	0,73	0,67	0,72
8h/24h	0,84	0,78	0,73	0,78
10h/24h	0,87	0,82	0,78	0,82
12h/24h	0,90	0,86	0,82	0,85
24h/1dia	1,14	1,14	1,14	1,14

Quadro 26. Precipitação máxima diária (mm) para diferentes tempo de retorno para estação Aeroporto, Cachoeirinha e 8º DISME, período 1975-2014

Tr (anos)	Precipitação máxima diária Aeroporto (mm)*	Precipitação máxima diária Cachoeirinha (mm)	Precipitação máxima diária Aeroporto (mm)	Precipitação máxima diária 8º DISME (mm)
5	88	100	87	95
10	107	115	100	108
20	126	130	113	120
25	131	135	120	124
50	149	149	129	136
100	167	164	142	147
1.000	226	211	182	186
10.000	284	259	223	225

\*Valores de precipitação máxima diária obtidos a partir das precipitações máximas de 60 minutos e os coeficientes de desagregação apresentados no Quadro 25.

Existe uma diferença encontrada dos valores extremos diários para os diversos tempo de retorno. Os valores baseados na série de 60 min de duração estação Aeroporto são mais extremos, contudo, são contraditórios aos registros diários apresentados para a mesma estação Aeroporto fornecidos pela mesma instituição ICEA. Disso decorre que esses dados foram descartados da análise para obtenção de uma equação IDF para AEH. Os dados de estação de Canoas nos 11 anos de registros completos apresentaram inúmeras falhas e inconsistências com valores máximos anuais inferiores a 30 mm/dia, levando também sua retirada do estudo.

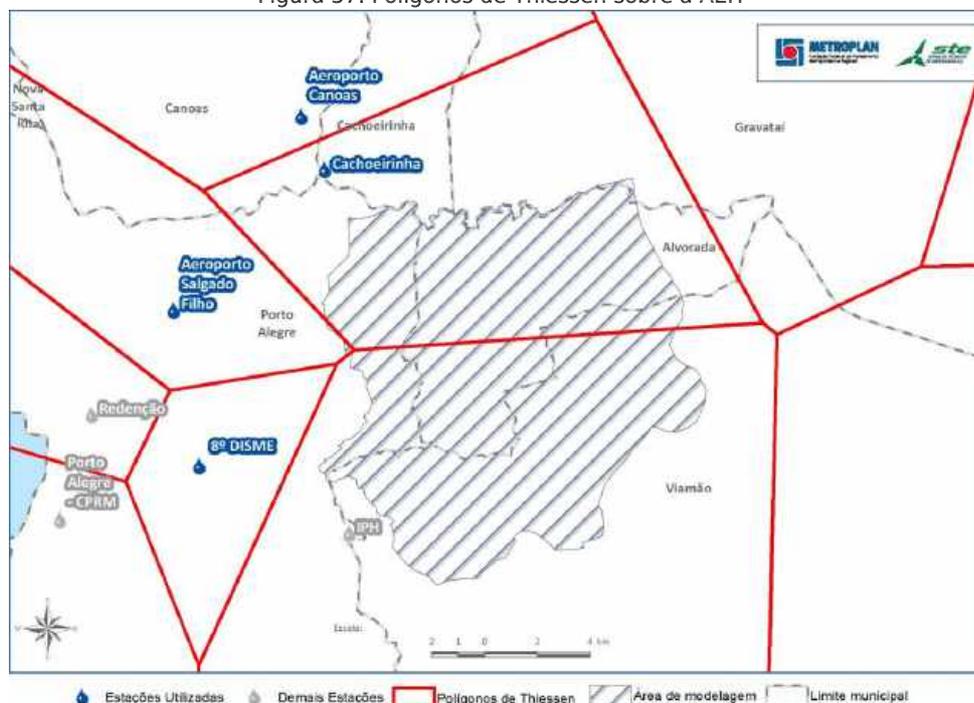
Analizando os demais dados, julga-se mais adequado utilizar os dados da estação de Cachoeirinha para definição da equação IDF AEH, juntamente, com a Equação IDF do IPH (Plano Diretor de Drenagem Urbana, Manual de Drenagem Urbana Volume VI, DEP/Porto Alegre, setembro 2005), devido à proximidade a AEH. A estação IPH está desativada e não existem dados disponíveis na região para atualização da mesma. A Figura 57 ilustra os Polígonos de Thiessen sobre a AEH.





Como os coeficientes de desagregação do 8º DISME são significativamente distintos daqueles encontrados na curva IDF Aeroporto e IPH, então, para traçar a IDF da estação Cachoeirinha, aplicou-se os coeficientes de desagregação da equação de Viamão.

Figura 57. Polígonos de Thiessen sobre a AEH



• *Ajuste da Equações IDF Cachoeirinha*

Os ajustes das equações IDF Cachoeirinha constam descritos na sequência. O ajuste estatístico das precipitações máximas indicadas no item anterior foi realizado através da função de distribuição probabilística de máximo do tipo de Gumbel através da seguinte metodologia:

A - São determinados os parâmetros  $\alpha$  e  $\mu$  da função de distribuição de probabilidade de Gumbel da série histórica de precipitações máximas anuais, pelas equações a seguir:

$$\alpha = 0,78 \cdot \sigma$$

$$\mu = \bar{P} - 0,5772 \cdot \alpha$$

Onde:

$\bar{P}$  é a média das precipitações máximas anuais;

$\sigma$  é o desvio padrão da amostra.

B - A frequência anual de ocorrência das precipitações é dada pelo Tempo de Retorno escolhido:

$$f = \frac{1}{T_r}$$

C - A variável aleatória independente Y de função de distribuição de probabilidade de Gumbel é definida pela equação:

$$Y = -\ln[-\ln(1-f)]$$





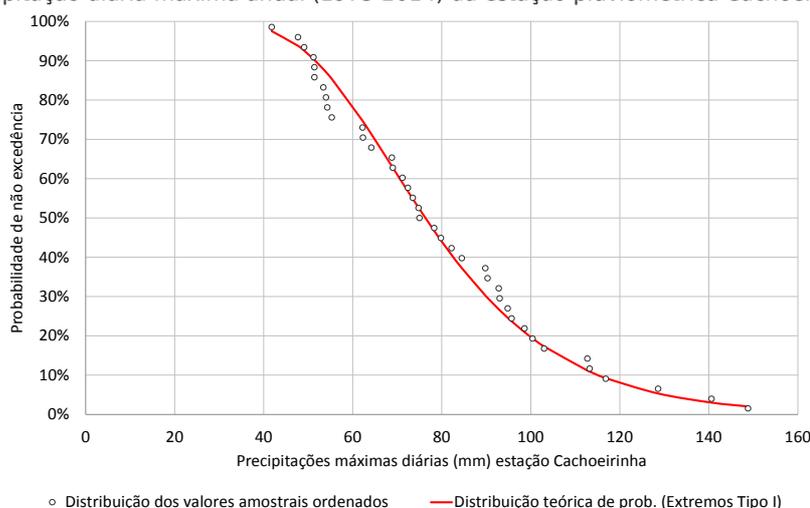
D - A precipitação máxima para o tempo de retorno, ou frequência, escolhido é:

$$P_{\max} = Y \cdot \alpha + \mu$$

E - Verificação da aderência da distribuição probabilística à série de máximo, realizada pelo método de Kolmogorov-Smirnov a um nível de significância de 5%.

A figura subsequente ilustra os ajustes e o Quadro 27 apresenta os valores de precipitação para diferentes tempos de retornos.

Figura 58. Ajuste da distribuição de probabilidade de extremos Tipo I Gumbel dos dados de precipitação diária máxima anual (1975-2014) da estação pluviométrica Cachoeirinha



As precipitações com diferentes durações e tempo de retorno estão indicadas no Quadro 27. As equações IDF foram ajustadas para tempos de retorno inferiores e igual a 100 anos e duração máxima de 24 horas. A seguir é apresentado o formato empregado para a equação IDF:

$$I = \frac{a \cdot Tr^b}{(t + c)^d}$$

Onde:

$I$  = intensidade da precipitação, em mm/h;

$Tr$  = período de retorno, em anos;

$t$  = duração da chuva, em min;

$a, b, c, d$  = parâmetros da equação.

Os parâmetros  $a, b, c$  e  $d$  das equações IDF são indicados no Quadro 28 e foram obtidos através da minimização da soma dos erros quadráticos.

Quadro 27. Precipitações com diferentes durações e tempo de retorno obtidas pelos coeficientes de desagregação do IDF Nacional com os dados máximos diários proveniente da Estação Cachoeirinha

Tempo de Retorno (anos):	5	10	20	25	50	100
Precipitação diária (mm):	100	115	130	135	149	164
Duração	Precipitação (mm)					
5 min	12	14	16	16	18	20
10 min	19	22	25	26	29	31
15 min	25	29	32	33	37	41
20 min	29	33	37	39	43	47



Tempo de Retorno (anos):	5	10	20	25	50	100
Precipitação diária (mm):	100	115	130	135	149	164
Duração	Precipitação (mm)					
25 min	32	37	42	44	48	53
30 min	35	41	46	48	53	58
1,0 h	48	55	62	65	71	79
6,0 h	82	94	107	111	122	135
8,0 h	89	102	116	120	132	146
10,0 h	93	108	122	126	139	153
12,0 h	97	111	126	131	144	159
24,0 h	114	131	148	154	170	187

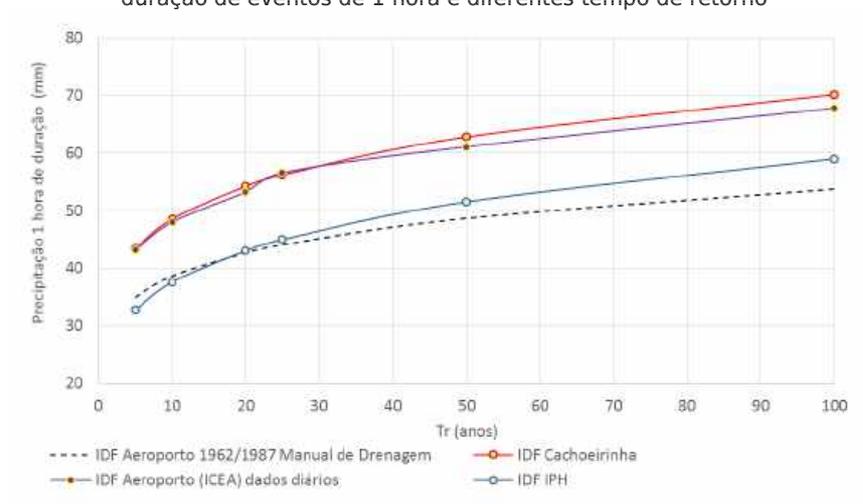
• Equações IDF Cachoeirinha e IPH

O Quadro 28 apresenta a IDF de Cachoeirinha e IPH. A Figura 59 compara as IDF para precipitação com 1 hora de duração e diferentes tempo de retorno. Nesta comparação foi utilizada a IDF Aeroporto Antiga também apresentada no Manual de Drenagem de Porto Alegre.

Quadro 28. Equações IDF das precipitações extremas a serem empregadas na AEH

Parâmetros da Equação IDF	Cachoeirinha (1975-2014)	IPH
a	712,440	509,859
b	0,16	0,196
c	9,59	10,0
d	0,72	0,72
R <sup>2</sup>	0,99975	-

Figura 59. Comparação entre as equações IDF Cachoeirinha, IPH e Aeroporto Antiga e Atual para duração de eventos de 1 hora e diferentes tempo de retorno



4.2.5.2 Potencial de Geração de Escoamento Superficial: Determinação do Parâmetro Curve Number (CN)

A definição do Curve Number (CN) do método de separação de escoamento desenvolvido pelo National Resources Conservatoin Center dos EUA (antigo Soil Conservation Service - SCS, 1975), doravante denominado SCS (1975), foi realizado com base em Sistemas de Informações Georreferenciados (SIG), no sistema de projeção cartográfica UTM Datum SIRGAS (2000), disponíveis na região de estudo, a saber:

- Mapas de Solos de Weber (2013) escala 1:50.000 e Hasenack (2008) escala 1:15.000, ambos os mapas com classificação de solo nos critérios da EMBRAPA;

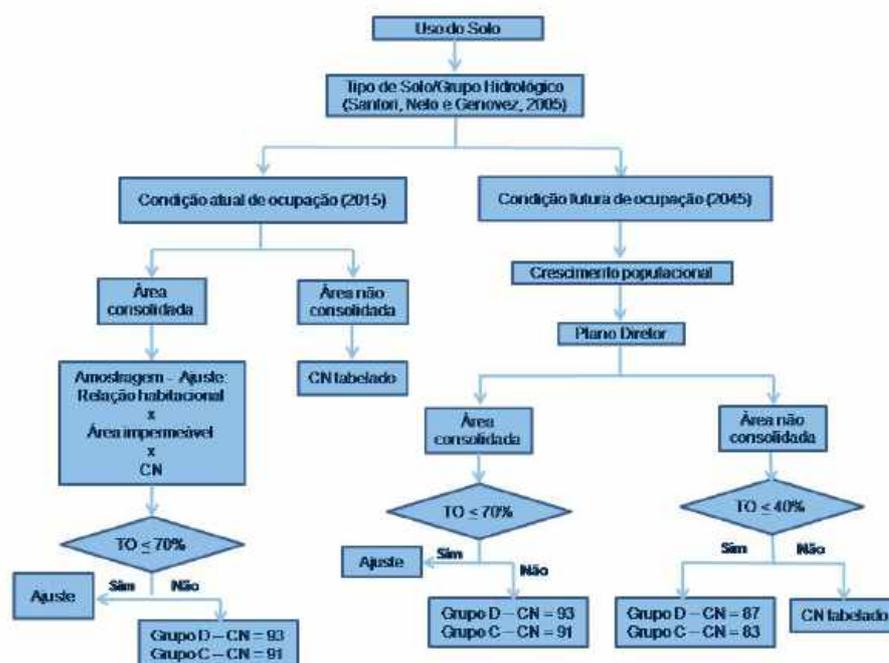




- Uso do Solo realizado para o âmbito deste estudo na escala 1:10.000;
- Setores Censitários do IBGE (2010);
- Últimas atualizações dos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano (PDDU) dos municípios de Alvorada, Porto Alegre e Viamão;
- Valores de CN estabelecidos pelo SCS (1975) *apud* Tucci (1993).

Os procedimentos metodológicos orientados na ferramenta SIG encontram-se ilustrados da Figura 60. Cada etapa principal é descrita na sequência.

Figura 60. Procedimento Metodológico Adotado para Estabelecer o CN na área de Estudo Hidrológico



• *Definição Tipo do Solo e Grupo Hidrológico*

O tipo do Solo foi determinado com base nas informações disponíveis nos mapeamentos de Weber (2013) escala 1:50.000 em torno de 83,5% da AM e Hasenack (2008) escala 1:15.000 em 16,5% da AM.

O método do SCS (1975) para separar o escoamento superficial da chuva infiltrada classifica os tipos de solos em quatro grandes grupos hidrológicos: A (baixo potencial de escoamento); B (moderado potencial de escoamento); C (alto potencial de escoamento); D (muito alto potencial de escoamento); iniciando a série com as argilas compactas com baixíssima taxa de infiltração até as areias bem graduadas e profundas com alta taxa de infiltração.

No Brasil, alguns estudos foram realizados no sentido de adaptar ou compreender a classificação hidrológica do solo. Com o objetivo de contribuir nesse sentido, Santori, Neto e Genovez (2005) apresentaram uma reclassificação original do SCS adaptando a proposta inicial realizada por Lombardi Neto et al/ (1989). Com base nessa caracterização de solos brasileiros de Santori, Neto e Genovez (2005) foram classificados os solos na área de estudo





nos referidos grupos hidrológicos definidos pelo SCS (1975). O Quadro 29 mostra os grupos hidrológicos encontrados na região de estudo.

Quadro 29. Tipo do solo versus Grupo Hidrológico

Tipo do Solo	Grupo Hidrológico - SCS (1975)
Planossolo/Glei pouco húmico	D
Podzólio Vermelho-Amarelo	C ou D para Elevações Altimétricas do Terreno inferiores a 20 m
Podzólio Vermelho-Amarelo/Podzólio Vermelho-Escuro	C ou D para Elevações Altimétricas do Terreno inferiores a 20 m
Solos litólicos/Cambissolos/Afloramentos de Rochas	D

Fonte: SCS, 1975 segundo classificação de Santori, Neto e Genovez (2005)

O Mapa de Solos da Área de Modelagem (Anexo 4), Mapa de Solos da Bacia do rio Gravataí (Anexo 5) e Mapa dos Grupos Hidrológicos (Anexo 6) representam o descrito anteriormente.

- *Uso do Solo X CN*

Pela análise das imagens de 2014, foi obtido o uso do solo na escala 1:10.000, conforme descrito no Relatório Levantamento de Dados, Produto nº 5, entregue julho de 2015.

A definição do usos do solo é fundamental para atribuição do CN, sendo que, aqui optou-se por dividir a região em estudo em dois principais grupos: área consolidada e não consolidada.

Para as regiões não consolidadas, os valores de CN foram obtidos em SCS (1975) *apud* Tucci (1993), e, atribuídos no Quadro 30. No Anexo 7 consta o Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Área de Modelagem e no Anexo 8 é apresentado o Mapa do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do rio Gravataí.

Quadro 30. Curve Number (CN)

Uso do Solo	Curve Number (CN)	
	Grupo Hidrológico C	Grupo Hidrológico C
Área Construída	Atualização de Menezes Filho e Tucci (2012)	
Área Edificada		
Cultivo	88	91
Hidrografia	98	98
Irrigação	94	94
Silvicultura	77	83
Solo Exposto	86	89
Vegetação Arbórea	77	83
Vegetação Arbóreo-Arbustiva	77	83
Vegetação Rasteira	79	84
Área Úmida	89	89

Fonte: SCS (1975) *apud* Tucci (1993)

- *Relação Habitacional x Área Impermeável x CN*

Menezes Filho e Tucci (2012) re-estudaram a relação entre densidade populacional e Áreas Impermeáveis (AI) de Porto Alegre, inicialmente obtida por Campana e Tucci (1994) para as cidades de Porto Alegre, São Paulo e Curitiba. Essas relações são úteis para desenvolver diagnósticos e prognósticos das áreas impermeáveis de uma bacia hidrográfica tendo por base as densidades de ocupação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU). Em virtude da: (a) redução da fertilidade e alteração da densidade populacional; (b) aumento da impermeabilização em áreas já ocupadas; (c) melhoria tecnológica nas metodologias de determinação de AI, os referidos autores julgaram prudente reavaliar essas relações para Porto Alegre. A relação densidade habitacional versus AI apresentados por Menezes Filho e Tucci (2012) está descrita no Quadro 31, e, indicada na Equação 1, a seguir:



Equação 1

$$AI = 0,57 \cdot D_d + 13 \text{ para } D_d \leq 120 \text{ hab / ha}$$

Quadro 31. Valores de AI nos bairros obtidos pela classificação de imagem

Bairro	D <sub>d</sub> (hab/ha)	AI (%)
Bom Fim	298,71	71,58
Cidade Baixa	210,56	73,12
Centro	153,10	78,66
Santana	142,42	78,33
Menino	137,57	69,70
Floresta	89,47	68,04
Hípica	23,18	20,82
Guarujá	20,55	40,88
Serraria	16,79	22,29
Chapéu do Sol	5,24	15,60
Ponta Grossa	3,53	13,25
Lageado	1,26	18,15

Fonte: Menezes Filho & Tucci, 2012

A equação obtida por Menezes Filho & Tucci (2012) foi ajustada para densidades habitacionais até 120 hab/ha.

Em virtude da peculiaridade da área de estudo, diferente da realidade apresentada das conurbações/potencial econômico da população das quais os ajustes realizados pelos autores supracitadas, foram desenvolvidas algumas amostragens do uso do solo com as atuais restituições aerofotogramétricas de Porto Alegre e Alvorada fornecidas para este trabalho. Foi, portanto, estabelecida uma nova relação entre densidade populacional e área impermeabilizada adaptada a condição local, utilizando o Censo Demográfico de 2010, e os limites georreferenciados dos setores censitários do IBGE. As camadas (*layers*) aproveitadas foram as edificações e o sistema viário. As amostras foram selecionadas considerando diferentes modos de ocupação urbana e sub-bacias hidrográficas de interesse. Para cada sub-bacia hidrográfica, selecionou-se 5 amostras representativas da ocupação local, totalizando 20 amostras. No Quadro 32, a seguir, são expostos os resultados obtidos na amostragem. A Figura 61 ilustra as amostras empregadas, e o Mapa com a Amostragem da Área Impermeabilizada (Anexo 9) as localizações das áreas selecionadas dentro das sub-bacias hidrográficas.

Quadro 32. Valores de área impermeável (AI) nas amostras obtidos pela classificação de imagem

Amostra	D <sub>d</sub> (hab/ha)	Edificado (%)	Vias (%)	AI (%)	Não Edificado (%)
AB1	161,43	37,98	18,61	56,58	43,42
AB2	593,22*	45,39	16,18	61,57	38,43
AB3	61,32	30,67	10,67	41,34	58,66
AB4	65,57	30,33	14,28	44,61	55,39
AB5	67,64	29,29	11,75	41,04	58,96
FE1	88,09	36,54	10,20	46,74	53,26
FE2	159,92	46,36	8,57	54,92	45,08
FE3	94,09	37,60	9,53	47,14	52,86
FE4	87,30	43,36	8,99	52,35	47,65
FE5	123,04	50,05	19,41	69,46	30,54
SA1	102,12	49,88	13,93	63,81	36,19
SA2	293,81	59,99	12,71	72,71	27,29
SA3	55,85	31,54	19,16	50,70	49,30
SA4	44,85	24,19	14,32	38,51	61,49
SA5	483,63*	31,51	16,49	48,00	52,00
SJ1	139,93	52,40	14,24	66,64	33,36
SJ2	80,14	37,24	9,37	46,60	53,40
SJ3	99,28	37,93	12,56	50,48	49,52
SJ4	66,14	34,64	16,18	50,82	49,18



Amostra	D <sub>d</sub> (hab/ha)	Edificado (%)	Vias (%)	AI (%)	Não Edificado (%)
SJ5	84,16	34,56	14,63	49,19	50,81

\*Esses valores estão bem acima daqueles verificados na região estudada, dessa forma, eles foram desconsiderados nas análises de densidade habitacional *versus* área impermeável.

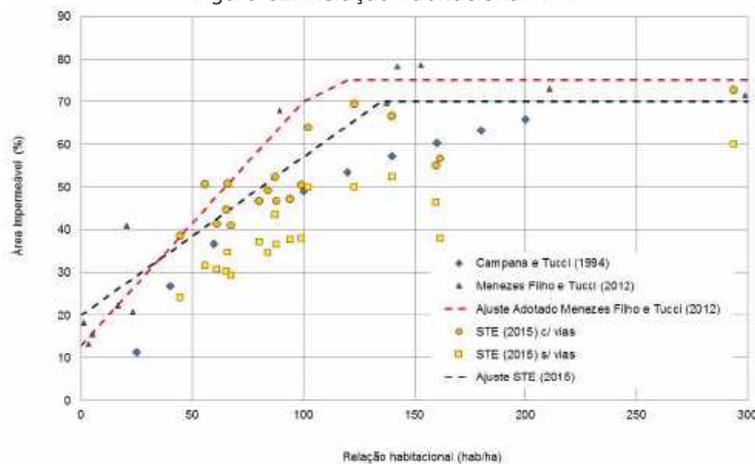
Figura 61. Amostragem de AI para diferentes ocupações em Alvorada e Porto Alegre e sub-bacias hidrográficas de interesse para o estudo



A Figura 62 compara as relações habitacionais citadas pelos autores anteriormente citados, e, o ajuste encontrado com base na amostragem das áreas indicadas na Figura 61. Para Alvorada e Porto Alegre na região em estudo, adotou-se uma área de impermeabilização (AI) máxima de 70%, diretamente associada a consolidação do uso de solo e densidade habitacional igual e/ou superior a 140 hab/ha.



Figura 62. Relação habitacional x AI



O valor de CN foi associado às relações habitacionais a partir da relação CN x AI, ver Figura 63 e Figura 64.

Figura 63. Relação área impermeável (AI) com CN

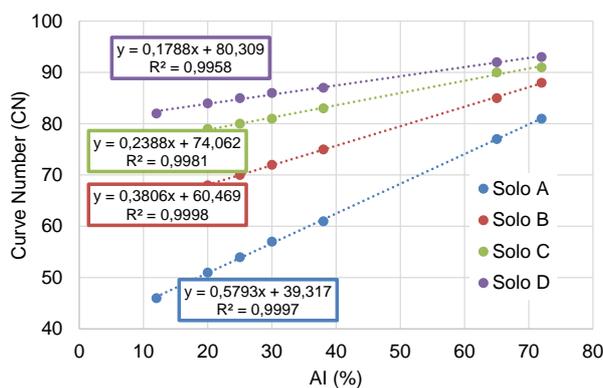
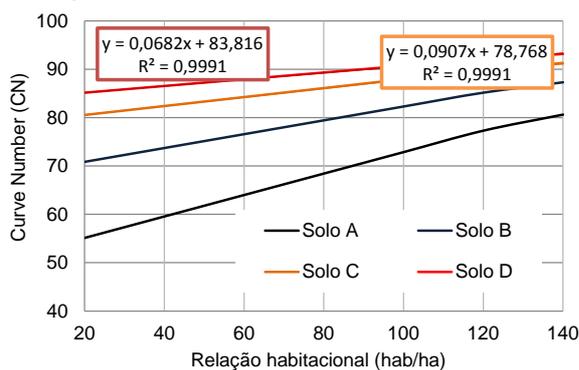


Figura 64. Relação habitacional (hab/ha) x CN



• *Relação Habitacional Atual e Futura*

A relação habitacional futura foi estimada com base na população futura nos próximos 30 anos, isto é, para 2045. A população futura foi estabelecida através da projeção populacional contabilizada pelos Censos de 1991, 2000 e 2010, analisadas através de cinco





métodos tradicionais (Aritmético, Taxa constante, Geométrico com Taxa Decrescente, Logístico e AiBi Brasil). No Quadro 33 são apresentadas as populações e taxas correspondentes para cada método de projeção populacional. Na determinação da relação habitacional futura foi selecionado o método Geométrico com Taxa Decrescente.

Quadro 33. População atual e futura na Área de Estudo Hidrológico interna ao Dique segundo diversos métodos de projeção populacional

Método	População 2010 (hab)	População 2045 (hab)	Taxa 2010 - 2045*
Taxa constante	461.559	579.399	1,26
Aritmético		563.173	1,22
Geométrico com Taxa Decrescente**		521.647	1,13
AiBi Brasil		504.508	1,09
Aritmético Logístico		468.535	1,02

\*Taxas 2010 -2045 arredondadas

\*\*Método utilizado

Para obtenção das relações habitacionais (hab/ha) foram empregados os Setores Censitários disponibilizados pelo endereço virtual IBGE (2010). Visto que os mesmos apresentam vazios urbanos (praças, áreas verdes e/ou não edificadas), procedeu a concentração da população somente nas áreas devidamente edificadas, segundo o Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Anexo 7). A partir dessa readequação do espaço urbano nos setores censitários, estimou o valor CN pelas curvas demonstradas na Figura 64. Os Anexos 10 e 11 apresentam os Mapas com a densidade atual e futura, respectivamente.

• *Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano (PDDU) X Relação Habitacional*

Os Planos Diretores de Desenvolvimento Urbanos (PDDU) foram utilizados para validar o limite máximo permitido de ocupação das áreas urbanas consolidadas. Ou seja, em regiões onde a densidade ocupacional atingisse valores iguais e superiores a 140 hab/ha, foi considerada uma taxa de impermeabilização consolidada de 70%. Para situações cuja densidade habitacional apresentasse inferior a 140 hab/ha, empregou-se o ajuste ilustrado na Figura 64.

Caso fossem utilizadas as previsões de densidade de habitacional previstas nos PDDU, na projeção futura de uso e ocupação (30 anos) em algumas áreas atualmente não consolidadas, tais como a nascente do Arroio Feijó, São João e Águas Belas, bem como, grande parte do município de Viamão que se localiza dentro da bacia hidrológica em estudo, obter-se-iam valores de CN elevados e até improváveis de serem atingidos durante esse horizonte de análise.

Dessa forma, adotou-se em nível de planejamento de uso e ocupação dessas partes das bacias, uma limitação na taxa de impermeabilização do solo de 40%, sem alterar as previsões de densidade de habitacional verificadas no PDDU. Isso torna-se possível por estas regiões não estarem consolidadas, permitindo uma atuação gerencial de uso e ocupação de novos loteamentos ou empreendimentos. Fica estabelecido para fins de dimensionamento das obras internas do dique, que para ocupação do solo futuro em áreas não consolidadas deverá ser regulamentada uma taxa máxima de impermeabilização inferior 40%. Também será importante reservar áreas específicas, seja com criação de parques, ou através de zonas de amortecimento de cheias junto aos cursos de água, para armazenamento de volumes adicionais escoados oriundo ao incremento da impermeabilização nas bacias hidrográficas. Com esse procedimento é possível viabilizar





economicamente as obras de defesa contra cheias no arroio Feijó, São João e Águas Belas. Para áreas com taxa de impermeabilização menores que 40%, empregou os valores de CN indicados no Quadro 30 e o Anexo 12 mostra o Mapa de Densidade Futura *versus* o de Densidade do PDDU e Áreas onde o hab/ha > PDDU.

- *CN da Área de Estudo Interna ao Dique e CN na Bacia Hidrográfica do rio Gravataí*

Na sequência são apresentados os CN definidos para área interna ao Dique e para a bacia hidrográfica do rio Gravataí.

Para o rio Gravataí, foi empregado o uso do solo desenvolvido nos estudos do Plano de Bacia do rio Gravataí (2012), considerando para os núcleos urbanos um CN consolidado igual a 98.

O Quadro 34 apresenta o resultado dos valores médios do CN obtido nas bacias hidrográficas internas ao dique em projeto. Os Anexos 13, 14 e 15 apresentam respectivamente os Mapas do CN atual e futura para a AM, e o atual para a Bacia Hidrográfica do rio Gravataí.

Quadro 34. CN Atual e Futuro das Bacias da área interna ao dique

Bacia	CN Atual	CN Futuro
Arroio Águas Belas	85	93
Arroio Feijó	88	96
Arroio Santo Agostinho	89	98
Arroio São João	91	98
Arroio Olaria	84	84
Arroio Distrito Industrial	87	87
Sem bacia definida*	86	92
Média Geral	88	93

\*Entorno de 200 m da área de estudo.

#### 4.2.5.3 Subdivisão das Bacias Urbanas na Área de Estudo

A subdivisão das bacias urbanas do Arroio Santo Agostinho, Feijó, São João, Águas Belas e Distrito Industrial foi realizada com base no MNT da Área de Estudo. As Figura 65 a Figura 68 ilustram a subdivisão e a nomenclatura de cada sub-bacias. Empregou métodos de definição automáticas de bacia hidrográfica, rotinas em Sistema de Informações Geográficas (SIG), com posterior verificação das condições consolidadas de macrodrenagem.





Figura 65. Subdivisão das bacias dos Arroios Santo Agostinho e Feijó

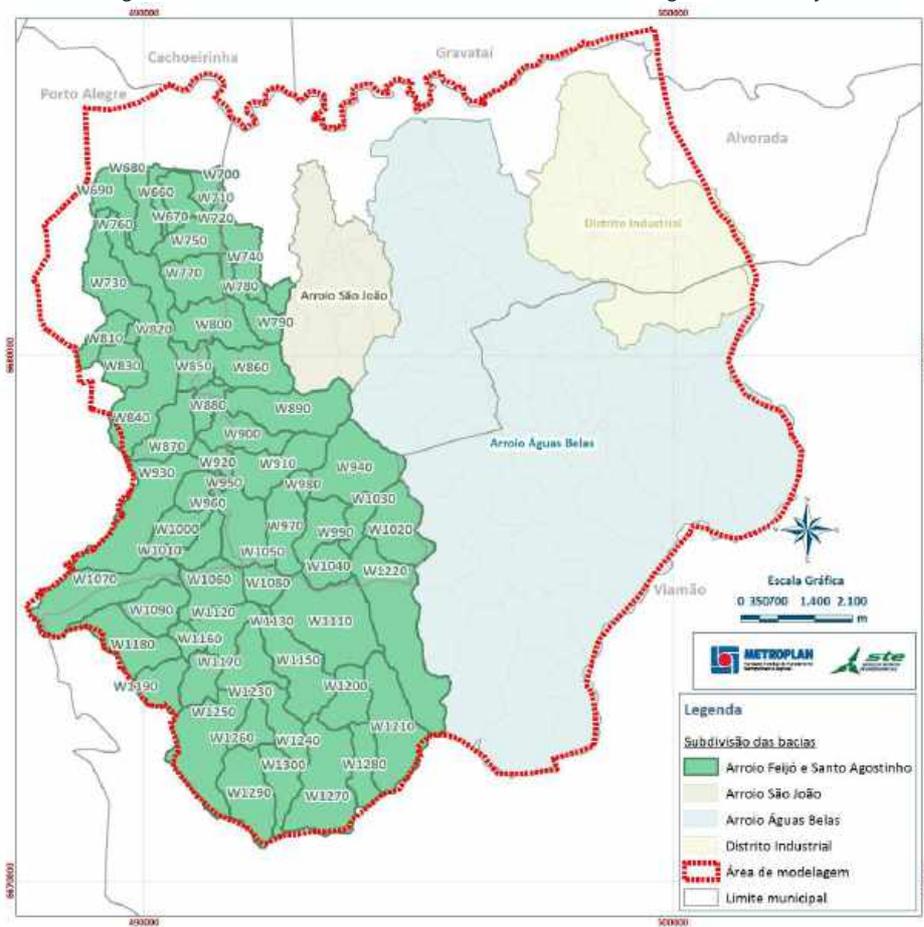




Figura 66. Subdivisão da bacia do Arroio São João

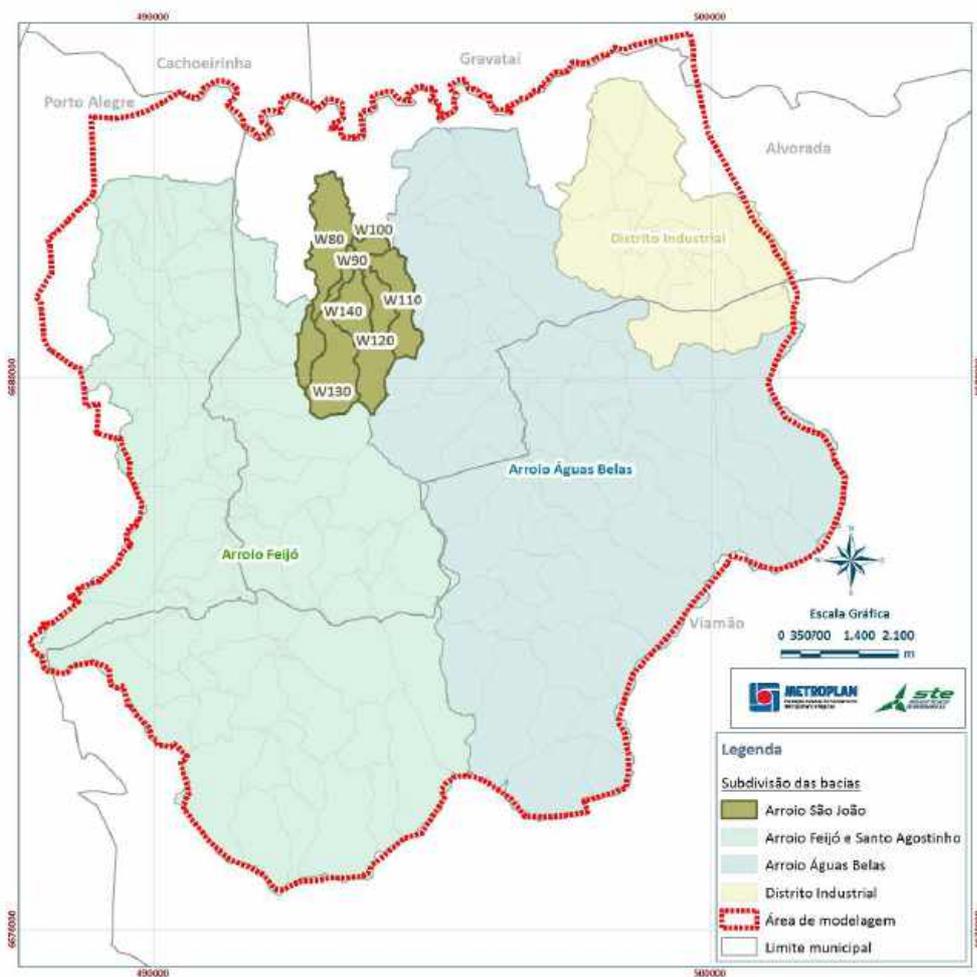




Figura 67. Subdivisão da bacia do Arroio Águas Belas

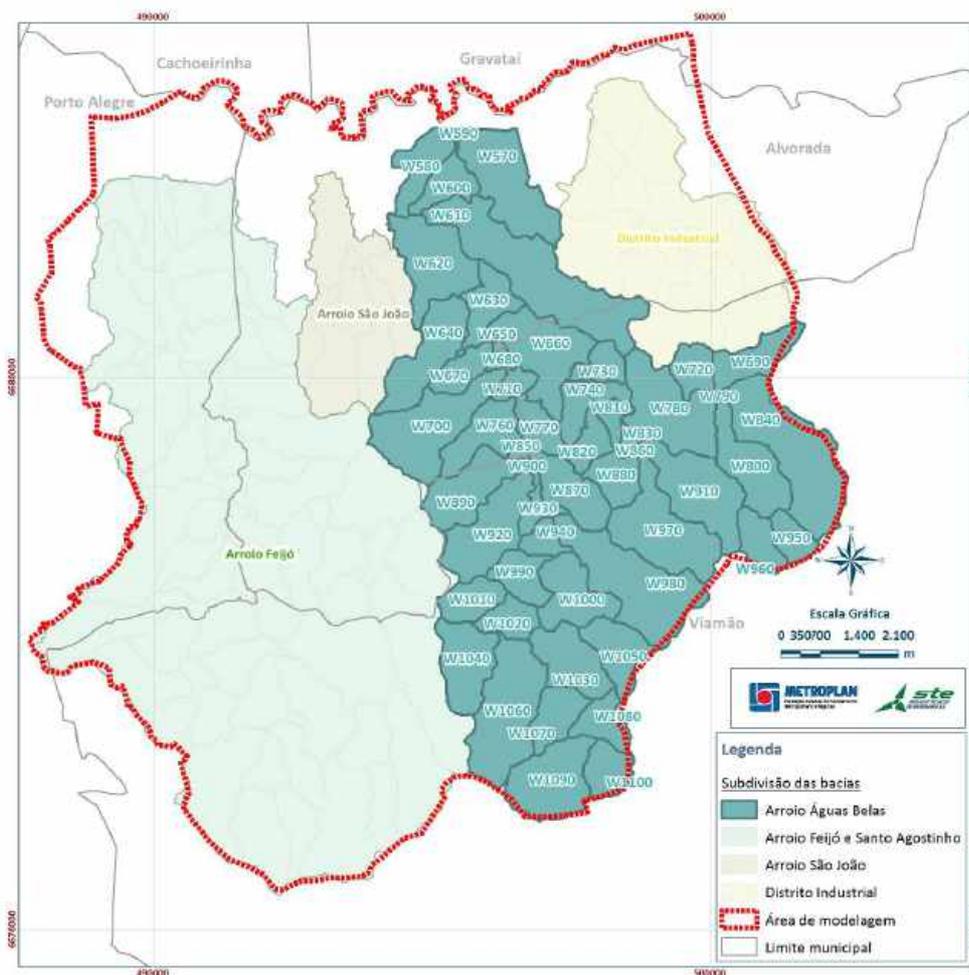
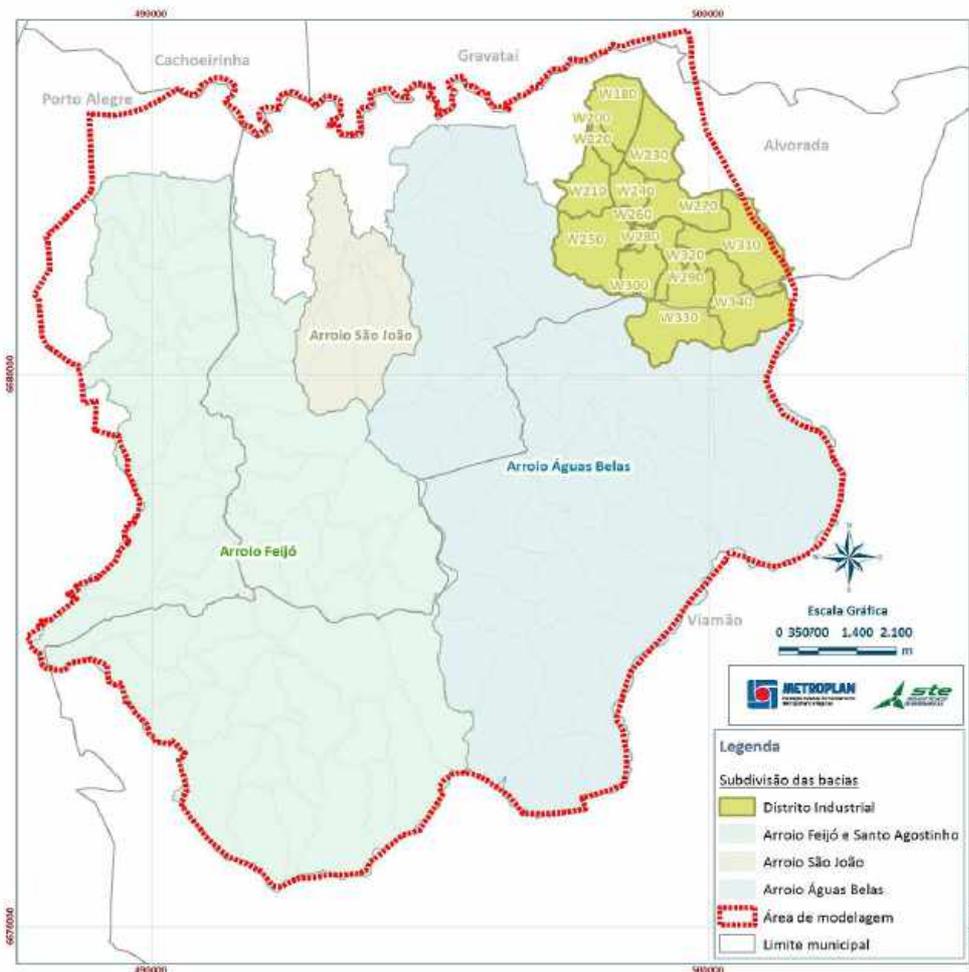




Figura 68. Subdivisão da bacia do Distrito Industrial



O Quadro 35 ao Quadro 38 apresentam as características das bacias urbanas como: área, CN atual, CN futuro, bem como, tempo de concentração adotado, calculado segundo TR55 (1986)<sup>4</sup>.

Quadro 35. Características das Bacias Urbanas dos arroios Santo Agostinho e Feijó

Nome	Área da Bacia (ha)	CN (Atual)	CN (Futuro)	Tempo de concentração (h)
W1000	66,91	77,53	80,01	0,41
W1010	66,01	77,14	83,61	0,74
W1020	129,57	83,35	85,86	0,54
W1030	44,39	84,19	84,19	0,28
W1040	59,27	81,11	81,86	0,29
W1050	125,48	79,47	87,21	0,55
W1060	103,46	87,52	89,92	0,41
W1070	189,38	81,28	83,13	0,40
W1080	52,49	89,65	90,72	0,21
W1090	86,07	86,18	88,91	0,30
W1100	4,08	92,42	92,46	0,13
W1110	242,44	82,01	86,35	0,63
W1120	81,54	91,36	91,44	0,45
W1130	3,51	92,76	92,76	0,23

<sup>4</sup> Urban Hydrology for Small Watersheds. Natural Resources Conservation Service





Nome	Área da Bacia (ha)	CN (Atual)	CN (Futuro)	Tempo de concentração (h)
W1140	94,91	87,98	89,57	0,45
W1150	145,30	84,15	87,80	0,42
W1160	29,11	91,00	91,00	0,22
W1170	64,38	89,80	90,33	0,38
W1180	126,92	88,63	89,96	0,31
W1190	71,45	90,36	90,78	0,51
W1200	81,60	78,38	85,58	0,43
W1210	184,69	78,44	85,04	0,47
W1220	289,93	79,73	85,93	0,66
W1230	1,51	81,56	85,09	0,27
W1240	79,59	78,65	83,43	0,65
W1250	205,68	85,45	88,00	0,61
W1260	51,78	79,21	83,72	0,52
W1270	208,46	83,34	88,85	0,63
W1280	70,56	77,27	85,23	0,45
W1290	136,05	88,47	89,81	0,44
W1300	74,22	84,64	87,69	0,65
W660	30,60	83,84	86,31	0,99
W670	59,95	84,10	86,07	0,85
W680	72,23	85,38	88,14	0,94
W690	68,96	83,67	91,31	0,55
W700	0,00	89,00	90,42	0,01
W710	37,30	89,42	89,53	1,05
W720	11,14	90,04	90,11	0,32
W730	138,32	83,82	89,88	0,74
W740	107,35	92,31	92,92	1,19
W750	81,25	88,28	90,36	0,91
W760	95,43	91,36	91,97	1,22
W770	92,86	89,16	91,02	0,74
W780	15,21	92,78	93,11	0,35
W790	52,92	90,43	92,07	0,63
W800	123,38	90,74	91,77	0,77
W810	50,07	88,47	88,91	0,60
W820	13,77	87,00	90,05	0,14
W830	61,62	85,76	89,05	0,45
W840	169,82	86,47	89,44	0,74
W850	57,01	85,14	91,04	0,32
W860	116,47	88,72	91,45	0,53
W870	92,62	87,98	89,14	0,53
W880	40,80	87,32	89,37	0,34
W890	170,64	89,68	91,13	0,56
W900	91,73	89,67	89,82	0,58
W910	127,43	90,78	91,06	0,61
W920	33,01	86,13	86,32	0,34
W930	222,84	83,08	84,96	0,51
W940	173,53	82,71	84,08	0,40
W950	8,38	88,16	89,23	0,23
W960	47,79	80,25	80,25	0,28
W970	102,33	83,98	86,76	0,56
W980	18,56	85,52	91,27	0,21
W990	80,62	79,50	80,85	0,39
Total	5.836,63	84,87	87,82	-

Quadro 36. Características das Bacias Urbanas do arroio São João

Nome	Área da Bacia (ha)	CN (Atual)	CN (Futuro)	Tempo de concentração (h)
W100	21,64	91,86	93,00	0,67
W110	88,37	89,77	92,34	1,01
W120	121,43	87,19	88,88	0,76
W130	135,79	85,45	87,39	0,55
W140	62,04	90,87	92,44	0,54
W80	175,17	89,22	89,84	1,48
W90	9,95	89,96	93,00	0,28
Total	614,39	88,27	89,90	-





Quadro 37. Características das Bacias Urbanas do arroio Águas Belas

Nome	Área da Bacia (ha)	CN (Atual)	CN (Futuro)	Tempo de concentração (h)
W1000	127,86	80,25	86,27	0,49
W1010	71,24	83,47	85,98	0,32
W1020	60,95	84,94	86,82	0,42
W1030	125,61	82,12	86,69	0,61
W1040	134,47	82,50	85,57	0,37
W1050	99,49	81,44	87,12	0,64
W1060	245,80	80,78	85,52	0,57
W1070	80,57	80,48	87,82	0,60
W1080	67,24	81,37	89,41	0,37
W1090	171,13	81,78	89,23	0,62
W1100	70,23	85,28	90,61	0,34
W560	1,54	88,98	88,98	0,38
W570	208,43	83,25	84,31	1,27
W580	85,36	88,77	88,78	1,33
W590	2,95	89,23	89,23	0,55
W600	68,24	84,47	84,47	1,16
W610	358,46	80,42	81,38	1,29
W620	181,87	91,92	92,03	1,26
W630	89,07	87,54	90,25	0,77
W640	160,41	86,29	91,15	0,69
W650	3,29	84,94	85,44	0,17
W660	183,95	84,06	87,95	0,94
W670	58,74	86,37	89,04	0,74
W680	19,81	87,88	91,16	0,34
W690	91,42	81,91	83,00	1,08
W700	221,44	88,11	89,81	0,81
W710	29,75	84,82	87,27	0,40
W720	58,48	87,67	87,67	0,40
W730	51,98	80,57	83,40	0,51
W740	77,78	85,63	88,27	0,48
W750	0,88	89,10	89,10	0,33
W760	108,57	83,67	83,71	0,64
W770	64,26	88,34	89,10	0,63
W780	201,83	84,87	85,19	0,73
W790	2,12	87,78	87,78	0,38
W800	140,92	85,64	85,94	0,46
W810	31,02	88,94	90,55	0,36
W820	51,57	88,46	90,31	0,68
W830	17,57	84,54	87,01	0,44
W840	293,82	86,14	86,29	0,74
W850	8,39	87,14	88,04	0,37
W860	2,64	82,80	86,58	0,21
W870	115,13	85,01	87,03	0,84
W880	71,69	80,35	84,75	0,64
W890	137,76	80,67	84,72	0,45
W900	1,45	83,80	87,11	0,13
W910	194,95	81,14	84,28	0,80
W920	171,42	81,34	84,88	0,52
W930	35,97	86,43	87,94	0,57
W940	38,56	84,39	87,16	0,38
W950	51,37	83,69	83,70	0,36
W960	66,03	82,24	83,01	0,49
W970	216,05	84,37	86,55	0,68
W980	273,03	80,77	85,88	0,93
W990	73,83	84,95	87,26	0,56
Total	5.578,39	83,81	86,49	-

Quadro 38. Características das Bacias Urbanas do Distrito Industrial

Nome	Área da Bacia (ha)	CN (Atual)	CN (Futuro)	Tempo de concentração (h)
W180	95,57	83,04	83,04	1,89
W190	0,01	83,00	83,00	0,16
W200	0,75	83,49	83,49	0,23
W210	84,64	81,95	81,95	1,30
W220	29,58	83,13	83,13	1,39





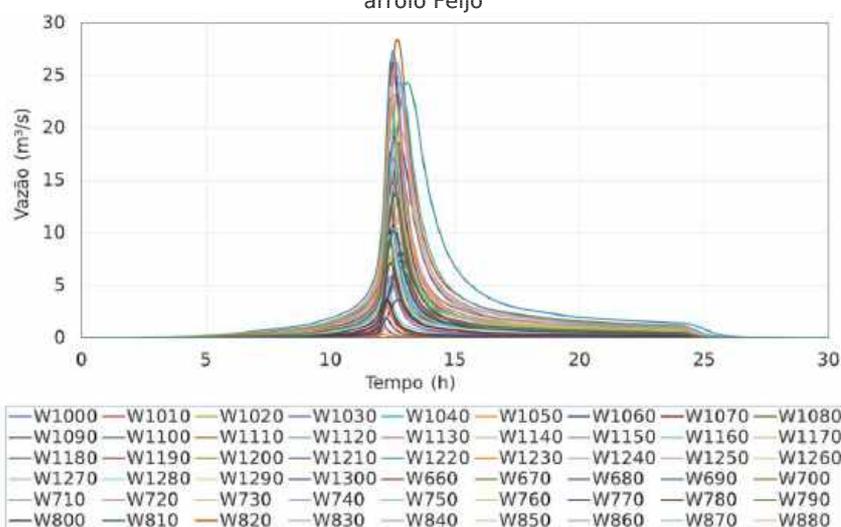
Nome	Área da Bacia (ha)	CN (Atual)	CN (Futuro)	Tempo de concentração (h)
W230	101,09	80,79	80,80	1,80
W240	45,07	81,85	81,85	0,72
W250	156,97	78,58	78,59	1,09
W260	8,58	82,30	82,30	1,79
W270	99,25	82,40	82,40	1,00
W280	11,86	80,80	80,82	1,66
W290	53,88	79,48	79,48	1,00
W300	67,93	77,79	77,82	1,90
W310	166,88	79,49	79,56	0,93
W320	4,77	80,88	80,88	0,46
W330	175,10	81,84	81,86	2,19
W340	154,42	79,65	80,51	2,33
Total	1.256,35	80,61	80,73	-

#### 4.2.5.4 Vazões Máximas e Hidrogramas de Projetos para Diferentes Tempos de Recorrências na Bacias Urbanas

As vazões máximas para condição atual e futura de uso de ocupação do solo, diferentes tempos de retorno, estão indicadas do Quadro 39 ao Quadro 41.

A Figura 69 ilustra os hidrogramas de projeto para Tempo de Retorno 25 anos, na condição de uso e ocupação atual do solo para a bacia do arroio Feijó/Santo Agostinho. Os demais hidrogramas de projetos para diferentes tempos de retorno e condição de uso e ocupação do solo estão apresentados em Anexo em meio digital, inclusive das bacias urbanas do arroio São João, Águas Belas e Distrito Industrial.

Figura 69. Hidrogramas de projeto para Tr 25 anos, condição atual de uso e ocupação do solo, para o arroio Feijó





Quadro 39. Vazões máximas atuais e futuras (m³/s) para diferentes tempo de retorno para arroios Santo Agostinho e Feijó

PC	Vazão (m³/s) Atual					Vazão (m³/s) Futura				
	Tr-2 anos	Tr-5 anos	Tr-10 anos	Tr-25 anos	Tr-50 anos	Tr-2 anos	Tr-5 anos	Tr-10 anos	Tr-25 anos	Tr-50 anos
W1000	4,40	5,64	6,32	7,93	9,87	4,88	6,16	6,84	8,48	10,49
W1010	3,45	4,45	5,03	6,34	7,87	4,50	5,58	6,16	7,52	9,12
W1020	11,80	14,63	16,09	19,67	24,12	12,91	15,78	17,22	20,81	25,32
W1030	4,76	5,87	6,41	7,80	9,61	4,76	5,87	6,41	7,80	9,61
W1040	5,64	7,07	7,81	9,63	11,98	5,80	7,25	7,98	9,82	12,18
W1050	7,39	9,39	10,53	13,10	16,09	8,84	11,96	13,08	15,70	18,81
W1060	11,14	13,49	14,62	17,94	21,25	11,96	14,32	15,42	18,32	22,05
W1070	15,29	19,16	21,25	26,20	32,19	16,40	20,33	22,42	27,40	33,46
W1080	7,60	9,11	9,77	11,60	14,12	7,83	9,34	9,98	11,81	14,33
W1090	9,55	11,64	12,66	15,27	18,65	10,41	12,52	13,51	16,11	19,52
W1100	0,83	0,99	1,04	1,22	1,49	0,83	0,99	1,04	1,22	1,49
W1110	16,59	20,75	23,10	28,42	34,58	19,41	23,69	26,01	31,37	37,65
W1120	11,07	13,15	14,07	16,61	20,03	11,09	13,17	14,09	16,63	20,05
W1130	0,60	0,71	0,75	0,88	1,07	0,60	0,71	0,75	0,88	1,07
W1140	9,97	12,03	13,02	15,58	18,84	10,43	12,50	13,48	16,04	19,32
W1150	11,39	14,07	15,50	18,89	22,93	12,90	15,63	17,02	20,41	24,51
W1160	5,04	6,02	6,41	7,57	9,22	5,04	6,02	6,41	7,57	9,22
W1170	8,63	10,32	11,08	13,15	15,94	8,76	10,45	11,20	13,27	16,05
W1180	14,59	17,55	18,97	22,63	27,33	15,15	18,12	19,50	23,16	27,86
W1190	9,84	11,73	12,57	14,89	18,02	9,95	11,84	12,67	14,98	18,12
W1200	5,61	7,16	8,01	10,03	12,49	7,41	9,08	9,92	12,00	14,58
W1210	10,27	13,13	14,81	18,54	22,82	13,30	16,35	18,03	21,87	26,33
W1220	13,63	17,32	19,62	24,33	29,63	17,23	21,14	23,45	28,26	33,73
W1230	0,22	0,28	0,30	0,37	0,47	0,25	0,31	0,33	0,40	0,50
W1240	4,94	6,29	7,05	8,81	10,89	5,96	7,39	8,14	9,94	12,09
W1250	15,88	19,48	21,43	25,95	31,26	17,27	20,90	22,82	27,34	32,68
W1260	4,05	5,14	5,72	7,13	8,89	4,83	5,98	6,55	7,99	9,81
W1270	15,69	19,45	21,50	26,26	31,82	18,81	22,65	24,65	29,44	35,18
W1280	4,44	5,71	6,41	8,07	10,05	6,07	7,44	8,14	9,86	11,95
W1290	15,36	18,50	20,02	23,91	28,87	15,97	19,11	20,60	24,47	29,45
W1300	6,54	8,05	8,82	10,72	13,06	7,25	8,78	9,53	11,43	13,79
W660	2,16	2,67	2,94	3,59	4,35	2,35	2,87	3,14	3,79	4,55
W670	4,03	4,98	5,49	6,68	8,08	4,31	5,27	5,78	6,97	8,39
W680	4,95	6,08	6,69	8,10	9,74	5,42	6,56	7,16	8,56	10,22
W690	4,38	5,43	6,02	7,34	8,89	5,60	6,67	7,23	8,54	10,11
W700	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W710	3,29	3,95	4,28	5,10	6,09	3,30	3,96	4,29	5,11	6,10
W720	1,38	1,65	1,77	2,11	2,55	1,39	1,66	1,78	2,11	2,55
W730	7,86	9,75	10,85	13,22	15,94	9,61	11,55	12,62	14,97	17,73
W740	6,15	7,30	7,92	9,32	10,97	6,24	7,40	8,01	9,40	11,05

Estudos de Concepção e Anteprojetos de Engenharia de Proteção contra Cheias do Rio Gravataí e Afluentes em Alvorada e Porto Alegre/RS

Diagnóstico



PC	Vazão (m³/s) Atual				Vazão (m³/s) Futura					
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos
W750	6,55	7,92	8,63	10,32	12,33	6,96	8,33	9,02	10,70	12,72
W760	7,61	9,08	9,84	11,62	13,75	7,74	9,20	9,95	11,73	13,86
W770	8,74	10,51	11,39	13,57	16,26	9,21	10,98	11,83	14,01	16,69
W780	2,34	2,76	2,93	3,45	4,16	2,35	2,78	2,95	3,46	4,18
W790	5,95	7,10	7,63	9,05	10,88	6,21	7,36	7,88	9,29	11,12
W800	12,56	14,98	16,15	19,14	22,81	12,90	15,31	16,47	19,43	23,10
W810	6,05	7,29	7,86	9,39	11,41	6,13	7,37	7,94	9,47	11,49
W820	1,92	2,33	2,51	3,01	3,70	2,10	2,51	2,69	3,18	3,88
W830	6,63	8,10	8,80	10,62	12,96	7,34	8,81	9,49	11,30	13,66
W840	12,21	14,91	16,38	19,73	23,62	13,39	16,10	17,55	20,88	24,78
W850	6,02	7,37	8,03	9,71	11,88	7,18	8,54	9,14	10,81	13,00
W860	11,26	13,56	14,70	17,55	21,03	12,14	14,43	15,53	18,34	21,83
W870	9,25	11,18	12,12	14,52	17,50	9,58	11,51	12,44	14,83	17,82
W880	4,49	5,44	5,89	7,07	8,59	4,78	5,73	6,17	7,34	8,86
W890	17,73	21,25	22,98	27,34	32,74	18,45	21,96	23,66	28,00	33,40
W900	9,73	11,66	12,58	14,96	17,95	9,77	11,70	12,62	15,00	17,99
W910	14,36	17,11	18,40	21,79	26,05	14,47	17,21	18,50	21,88	26,14
W920	3,61	4,40	4,77	5,75	7,01	3,63	4,42	4,79	5,77	7,03
W930	14,39	17,88	19,88	24,29	29,36	15,39	18,94	20,93	25,35	30,48
W940	13,78	17,13	18,93	23,18	28,25	14,48	17,86	19,65	23,92	29,02
W950	1,25	1,51	1,62	1,93	2,37	1,29	1,55	1,66	1,97	2,41
W960	4,13	5,20	5,75	7,12	8,85	4,13	5,20	5,75	7,12	8,85
W970	8,34	10,30	11,33	13,80	16,78	9,17	11,16	12,16	14,64	17,65
W980	2,32	2,84	3,08	3,72	4,58	2,76	3,28	3,50	4,14	5,01
W990	5,78	7,31	8,14	10,12	12,55	6,09	7,65	8,48	10,49	12,95

Quadro 40. Vazões máximas atuais e futuras (m³/s) para diferentes tempo de retorno para arroio São João

PC	Vazão (m³/s) Atual				Vazão (m³/s) Futura					
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos
W100	2,42	2,87	3,07	3,62	4,33	2,48	2,93	3,13	3,68	4,39
W110	6,12	7,36	8,03	9,54	11,31	6,56	7,80	8,45	9,94	11,71
W120	9,55	11,61	12,69	15,24	18,26	10,06	12,12	13,19	15,74	18,76
W130	9,95	12,21	13,43	16,26	19,57	10,61	12,89	14,10	16,92	20,25
W140	7,09	8,45	9,08	10,75	12,91	7,39	8,74	9,35	11,01	13,17
W80	7,78	9,39	10,32	12,26	14,52	7,92	9,54	10,46	12,40	14,66
W90	1,32	1,57	1,69	2,00	2,43	1,42	1,67	1,78	2,09	2,52

Quadro 41. Vazões máximas atuais e futuras (m³/s) para diferentes tempo de retorno para arroio Água Belas

PC	Vazão (m³/s) Atual				Vazão (m³/s) Futura					
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos
W1000	9,46	11,93	13,28	16,48	20,35	11,83	14,43	15,75	19,01	23,01
W1010	7,22	8,91	9,75	11,89	14,65	7,86	9,57	10,42	12,58	15,38

Diagnóstico

Estudos de Concepção e Anteprojetos de Engenharia de Proteção contra Cheias do Rio Gravataí e Afluentes em Alvorada e Porto Alegre/RS



PC	Vazão (m³/s) Atual				Vazão (m³/s) Futura					
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos
W1020	6,14	7,53	8,22	9,96	12,18	6,54	7,94	8,62	10,36	12,60
W1030	10,51	13,11	14,48	17,78	21,81	12,34	15,01	16,34	19,66	23,78
W1040	11,47	14,27	15,74	19,29	23,64	12,80	15,65	17,09	20,67	25,07
W1050	7,78	9,75	10,80	13,32	16,39	9,54	11,59	12,61	15,15	18,31
W1060	14,63	18,43	20,65	25,50	31,06	17,42	21,36	23,58	28,55	34,28
W1070	6,12	7,71	8,56	10,61	13,10	7,97	9,64	10,45	12,53	15,12
W1080	6,04	7,56	8,34	10,27	12,71	7,93	9,50	10,23	12,17	14,69
W1090	12,50	15,64	17,37	21,39	26,16	16,15	19,41	21,06	25,11	30,00
W1100	7,68	9,42	10,26	12,43	15,24	9,07	10,82	11,61	13,75	16,60
W560	0,16	0,19	0,20	0,24	0,29	0,16	0,19	0,20	0,24	0,29
W570	10,53	13,12	14,68	17,91	21,59	10,95	13,57	15,13	18,37	22,06
W580	4,71	5,71	6,28	7,48	8,87	4,71	5,71	6,28	7,48	8,88
W590	0,33	0,39	0,42	0,51	0,61	0,33	0,39	0,42	0,51	0,61
W600	4,70	5,80	6,40	7,78	9,41	4,70	5,80	6,40	7,78	9,41
W610	12,78	16,21	18,45	22,77	27,59	13,28	16,75	19,01	23,36	28,21
W620	15,53	18,46	19,98	23,58	27,84	15,58	18,51	20,03	23,62	27,88
W630	9,29	11,26	12,21	14,66	17,75	10,08	12,05	12,97	15,40	18,51
W640	11,97	14,62	16,06	19,37	23,24	13,87	16,53	17,90	21,18	25,07
W650	0,46	0,56	0,61	0,73	0,91	0,47	0,57	0,62	0,74	0,92
W660	12,53	15,50	17,16	20,91	25,25	14,31	17,33	18,96	22,71	27,11
W670	4,46	5,45	5,97	7,19	8,65	4,85	5,85	6,35	7,57	9,03
W680	2,45	2,96	3,19	3,82	4,65	2,69	3,20	3,42	4,04	4,88
W690	4,84	6,08	6,80	8,35	10,14	5,05	6,30	7,02	8,58	10,38
W700	18,12	21,91	23,94	28,65	34,21	19,05	22,85	24,85	29,56	35,13
W710	3,07	3,77	4,10	4,98	6,09	3,33	4,03	4,36	5,23	6,36
W720	6,84	8,28	8,96	10,73	13,06	6,84	8,28	8,96	10,74	13,07
W730	4,72	5,92	6,53	8,07	10,01	5,24	6,47	7,08	8,63	10,61
W740	7,38	9,03	9,85	11,90	14,46	8,03	9,69	10,49	12,54	15,11
W750	0,13	0,16	0,17	0,20	0,25	0,13	0,16	0,17	0,20	0,25
W760	7,03	8,71	9,65	11,76	14,23	7,04	8,72	9,66	11,78	14,24
W770	6,75	8,14	8,80	10,51	12,67	6,90	8,29	8,94	10,66	12,82
W780	16,22	19,96	21,97	26,68	32,27	16,40	20,15	22,16	26,87	32,47
W790	0,29	0,35	0,37	0,45	0,55	0,29	0,35	0,37	0,45	0,55
W800	10,97	13,44	14,76	17,86	21,53	11,08	13,56	14,88	17,98	21,65
W810	3,74	4,49	4,84	5,77	7,00	3,91	4,67	5,01	5,93	7,16
W820	5,28	6,37	6,89	8,23	9,92	5,57	6,66	7,16	8,50	10,19
W830	1,67	2,05	2,24	2,72	3,34	1,81	2,20	2,39	2,87	3,49
W840	17,93	21,97	24,34	29,35	35,03	18,02	22,06	24,44	29,44	35,12
W850	1,16	1,41	1,52	1,83	2,24	1,20	1,45	1,55	1,86	2,27
W860	0,28	0,34	0,37	0,46	0,57	0,31	0,38	0,41	0,50	0,61
W870	8,28	10,18	11,21	13,59	16,39	8,86	10,78	11,80	14,18	17,00

Estudos de Concepção e Anteprojetos de Engenharia de Proteção contra Cheias do Rio Gravataí e Afluentes em Alvorada e Porto Alegre/RS

Diagnóstico



PC	Vazão (m³/s) Atual					Vazão (m³/s) Futura				
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos
W880	5,31	6,68	7,42	9,20	11,37	6,25	7,69	8,43	10,24	12,47
W890	8,78	11,06	12,34	15,25	18,68	10,21	12,57	13,85	16,83	20,34
W900	0,20	0,25	0,27	0,33	0,41	0,22	0,27	0,29	0,35	0,43
W910	10,85	13,65	15,30	18,86	22,94	12,21	15,09	16,75	20,35	24,49
W920	10,15	12,75	14,26	17,57	21,39	11,59	14,27	15,76	19,12	23,00
W930	3,28	4,00	4,35	5,24	6,35	3,44	4,16	4,51	5,40	6,52
W940	3,51	4,32	4,72	5,74	7,01	3,85	4,67	5,06	6,08	7,36
W950	5,81	7,16	7,82	9,51	11,74	5,81	7,16	7,82	9,51	11,75
W960	6,60	8,23	9,04	11,10	13,75	6,79	8,43	9,25	11,31	13,97
W970	14,35	17,72	19,63	23,86	28,72	15,47	18,88	20,77	25,00	29,90
W980	14,75	18,61	20,93	25,87	31,44	17,84	21,87	24,19	29,20	34,91
W990	7,18	8,83	9,64	11,70	14,29	7,71	9,42	10,22	12,28	14,90

Quadro 42. Vazões máximas atuais e futuras (m³/s) para diferentes tempo de retorno para Distrito Industrial

PC	Vazão (m³/s) Atual					Vazão (m³/s) Futura				
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 50 anos
W180	4,26	5,32	5,96	7,27	8,77	4,26	5,32	5,96	7,27	8,77
W190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W200	0,11	0,13	0,14	0,17	0,22	0,11	0,13	0,14	0,17	0,22
W210	4,91	6,15	6,85	8,41	10,22	4,91	6,15	6,85	8,41	10,23
W220	1,40	1,74	1,95	2,37	2,87	1,40	1,74	1,95	2,37	2,87
W230	6,08	7,66	8,55	10,58	12,95	6,09	7,66	8,55	10,59	12,95
W240	3,48	4,34	4,80	5,90	7,23	3,48	4,34	4,80	5,90	7,23
W250	7,34	9,39	10,64	13,29	16,31	7,34	9,40	10,65	13,29	16,31
W260	0,58	0,72	0,80	0,98	1,20	0,58	0,72	0,80	0,98	1,20
W270	7,36	9,18	10,16	12,48	15,25	7,36	9,18	10,16	12,48	15,25
W280	1,05	1,31	1,45	1,79	2,22	1,05	1,32	1,45	1,79	2,23
W290	3,10	3,94	4,41	5,50	6,76	3,10	3,94	4,41	5,50	6,76
W300	3,89	4,98	5,61	7,05	8,74	3,89	4,99	5,61	7,05	8,75
W310	9,12	11,59	13,04	16,22	19,88	9,15	11,62	13,07	16,26	19,91
W320	0,49	0,61	0,67	0,83	1,03	0,49	0,61	0,67	0,83	1,03
W330	10,23	12,81	14,31	17,58	21,36	10,24	12,82	14,32	17,59	21,37
W340	7,44	9,45	10,67	13,24	16,19	7,71	9,74	10,96	13,55	16,52



#### 4.2.5.5 Propagação dos Hidrogramas de Projetos nos Cursos de Águas Afluentes ao rio Gravataí e suas Manchas de Inundações para diferentes tempos de retornos

As propagações dos hidrogramas de projetos nos afluentes do rio Gravataí estão nas figuras subsequentes. O resultado é representado pela linha de água máxima verificada no modelo hidrodinâmico não permanente (HEC-RAS). Os valores das respectivas linhas de água estão em anexo em meio digital.

Nesta modelagem das cheias internas urbanas, considerou eventos simultâneos de mesmo tempo de retorno em todos os afluentes para determinação das linhas de água máximas, inclusive no rio Gravataí.

Figura 70. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição atual de uso e ocupação do solo, no arroio Santo Agostinho

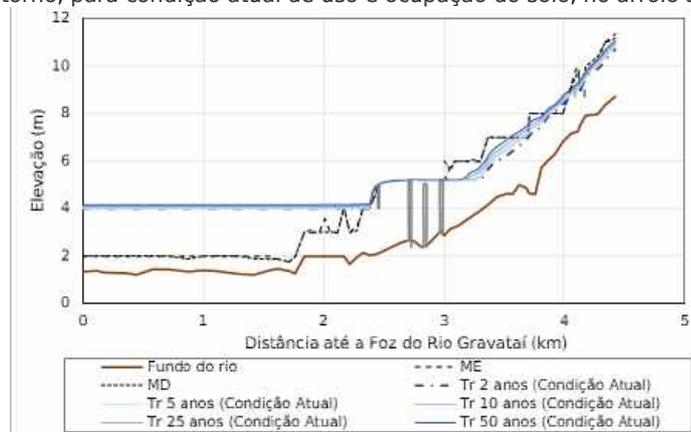


Figura 71. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição futura de uso e ocupação do solo, no arroio Santo Agostinho

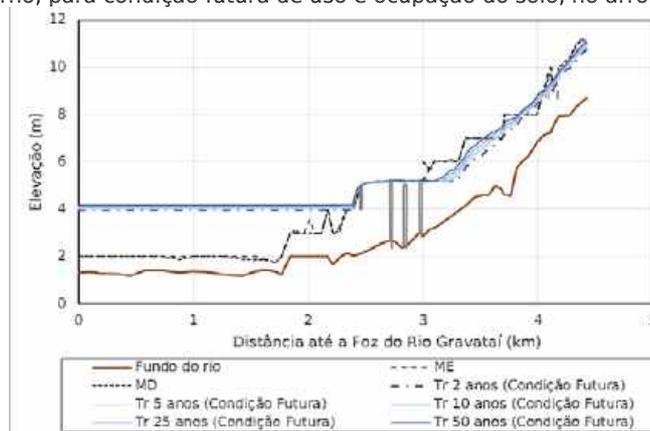




Figura 72. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição atual de uso e ocupação do solo, no arroio Feijó

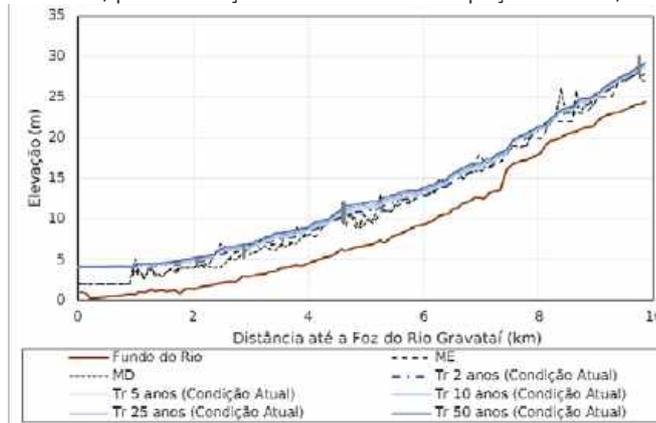


Figura 73. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição futura de uso e ocupação do solo, no arroio Feijó

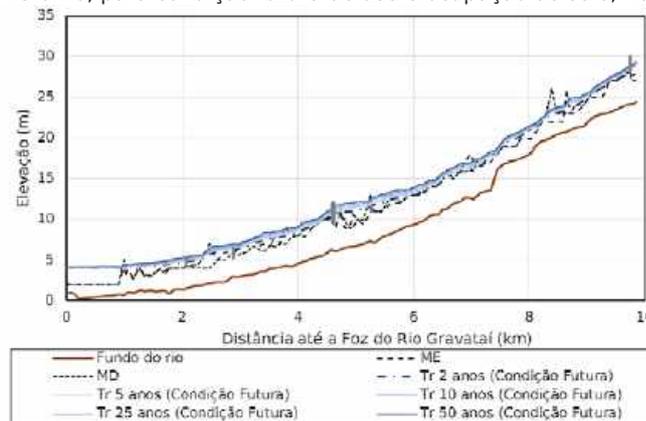


Figura 74. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição futura de uso e ocupação do solo, no arroio São João

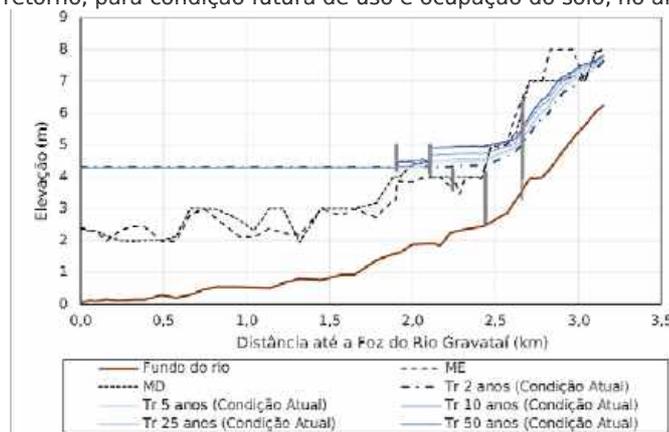




Figura 75. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição futura de uso e ocupação do solo, no arroio São João

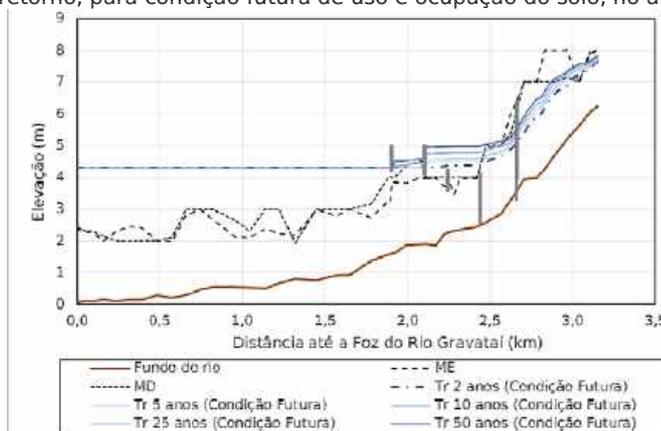


Figura 76. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição atual de uso e ocupação do solo, no arroio Águas Belas

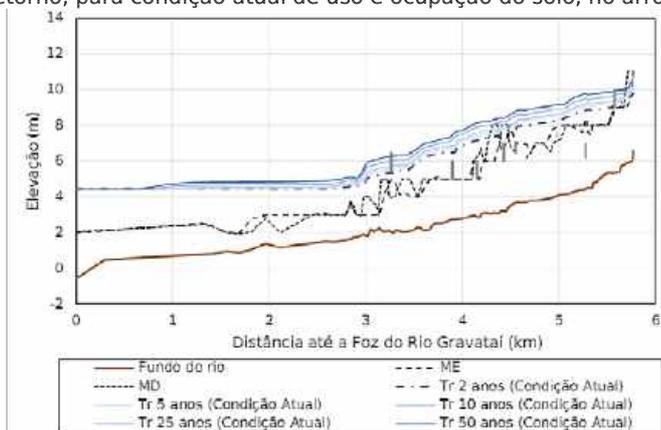
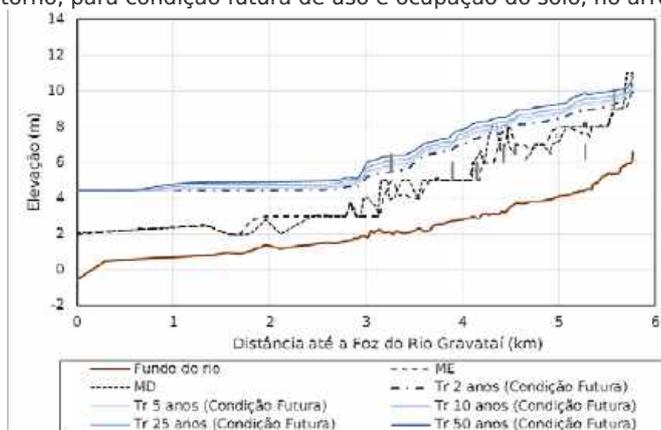


Figura 77. Linha de água máxima obtida pela propagação dos hidrogramas de projeto para diferentes tempos de retorno, para condição futura de uso e ocupação do solo, no arroio Águas Belas



Os hidrogramas Tr 25 anos resultantes em diferentes seções de cada afluente estão apresentados nas Figura 78 a Figura 81. Os demais hidrogramas serão fornecidos em meio digital.





Esse padrão comportamental do hidrograma indica um refluxo de água do rio Gravataí para os arroios Santo Agostinho e São João, e, é repetido nos outros tempos de retorno. Isso se deve as restrições causadas pelas pontes no rio Gravataí, que induzem que parte do escoamento do arroio Feijó e Águas Belas retornem para os outros afluentes Santo Agostinho e São João.

As manchas de inundações obtidas pelos níveis de águas máximas estão nas figuras subsequentes. O Quadro 43 mostra as vazões máximas verificadas na foz de cada afluente do rio Gravataí para diferentes tempo de retorno e condições do uso e ocupação do solo.

Figura 78. Hidrogramas verificados em diferentes seções no arroio Santo Agostinho para Tr 25 anos e condição atual de uso e ocupação de solo

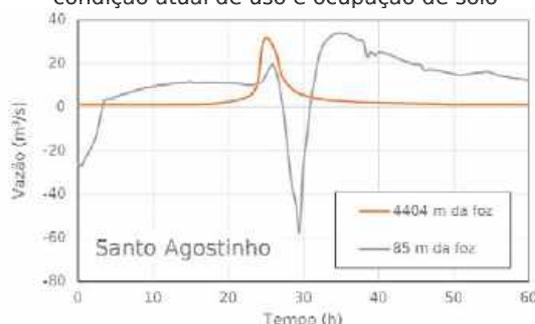


Figura 79. Hidrogramas verificados em diferentes seções no arroio Feijó para Tr 25 anos e condição atual de uso e ocupação de solo

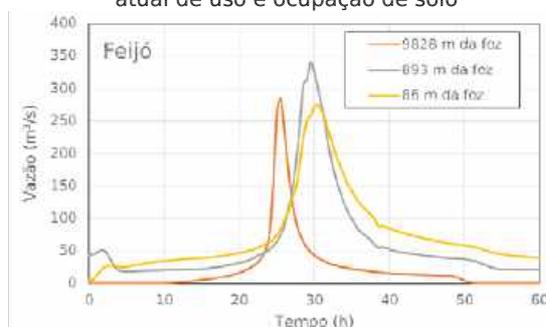


Figura 80. Hidrogramas verificados em diferentes seções no arroio São João para Tr 25 anos e condição atual de uso e ocupação de solo

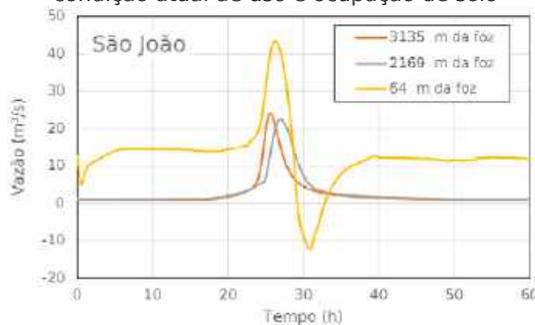
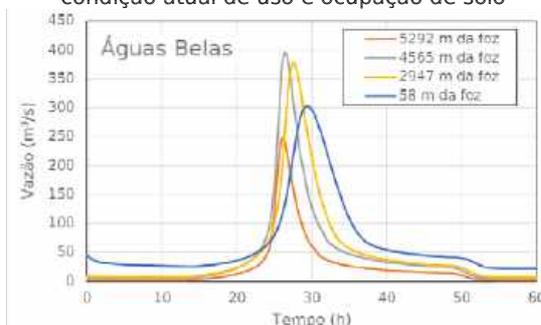




Figura 81. Hidrogramas verificados em diferentes seções no arroio Águas Belas para Tr 25 anos e condição atual de uso e ocupação de solo



Quadro 43. Vazões máximas verificadas na foz de cada afluente do rio Gravataí para diferentes tempo de retorno e condição do uso e ocupação do solo

Tr (anos)	Vazão (m³/s) na foz junto ao rio Gravataí							
	Santo Agostinho		Feijó		São João		Águas Belas	
	Atual	Futura	Atual	Futura	Atual	Futura	Atual	Futura
2	24,85	25,76	166,38	176,63	32,92	33,18	189,08	213,96
5	27,42	30,22	195,59	225,96	36,73	37,37	228,27	245,78
10	30,54	32,74	227,17	245,21	32,94	39,37	253,07	271,08
25	34,19	35,86	273,71	294,33	43,12	43,53	302,57	323,14
50	38,17	39,65	337,06	359,23	48,24	47,98	359,93	379,76

A Figura 82 a Figura 86 mostram as respectivas manchas de inundação atual e o Mapa de Inundação (Anexo 16) apresenta as mesmas consolidadas. E da Figura 87 a Figura 91 são apresentadas as manchas de inundação futura, e o Anexo 17 mostra o Mapa com todas as manchas para o cenário futuro.

O Quadro 44 apresenta para os diferentes Tempos de Retorno a quantificação das edificações que poderão ser inundadas assim como a área.

Quadro 44. Edificações e área total sujeitas a inundação

Mancha	Edificações atingidas	Área total edificada
Interna Atual TR 2 anos	6.644	571.172 m²
Interna Atual TR 5 anos	8.132	718.178 m²
Interna Atual TR 10 anos	8.629	758.364 m²
Interna Atual TR 25 anos	9.626	857.879 m²
Interna Atual TR 50 anos	10.657	960.345 m²
Interna Futura TR 2 anos	7.628	670.210 m²
Interna Futura TR 5 anos	8.615	757.985 m²
Interna Futura TR 10 anos	8.951	788.930 m²
Interna Futura TR 25 anos	9.852	873.517 m²
Interna Futura TR 50 anos	12.510	1.246.808 m²



Figura 82. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna atual com Tr 2 anos

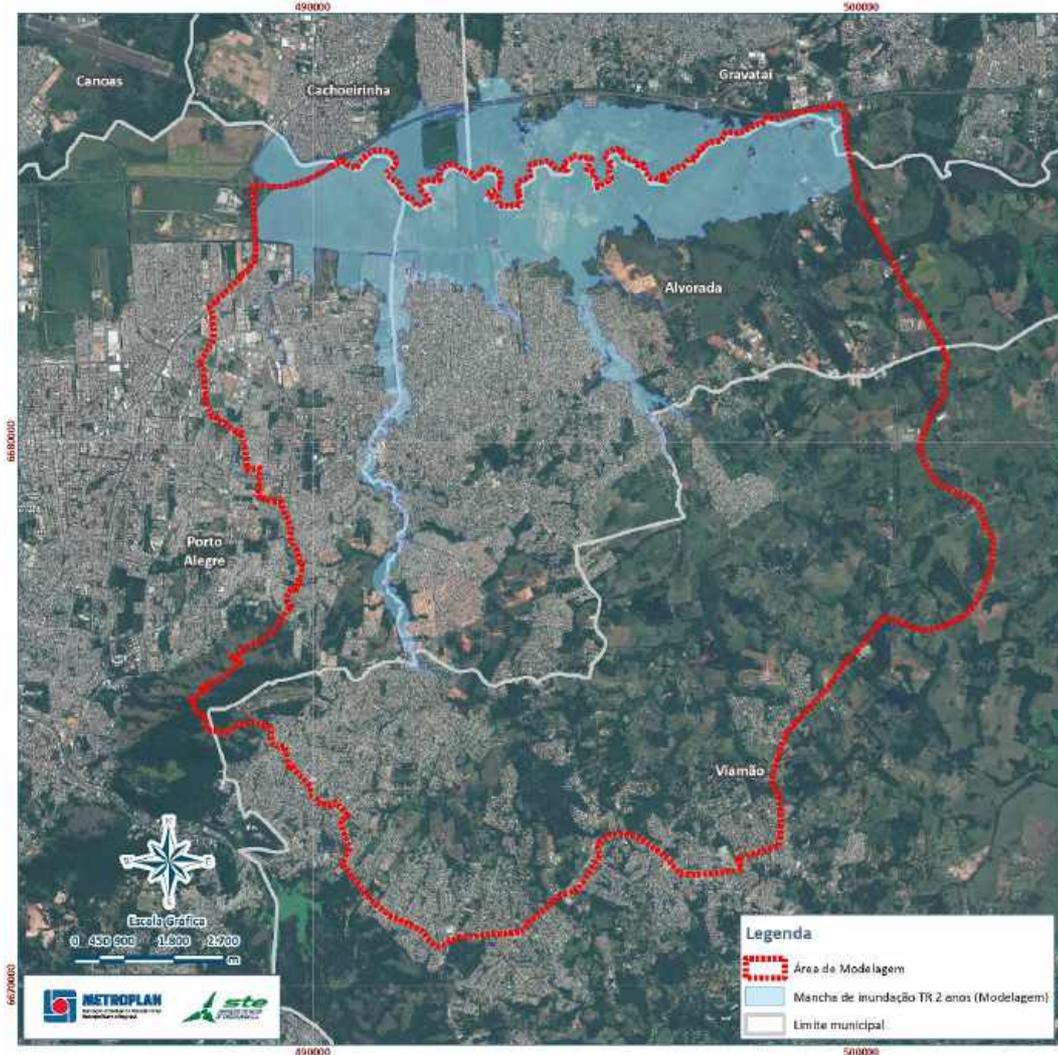




Figura 83. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna atual com Tr 5 anos

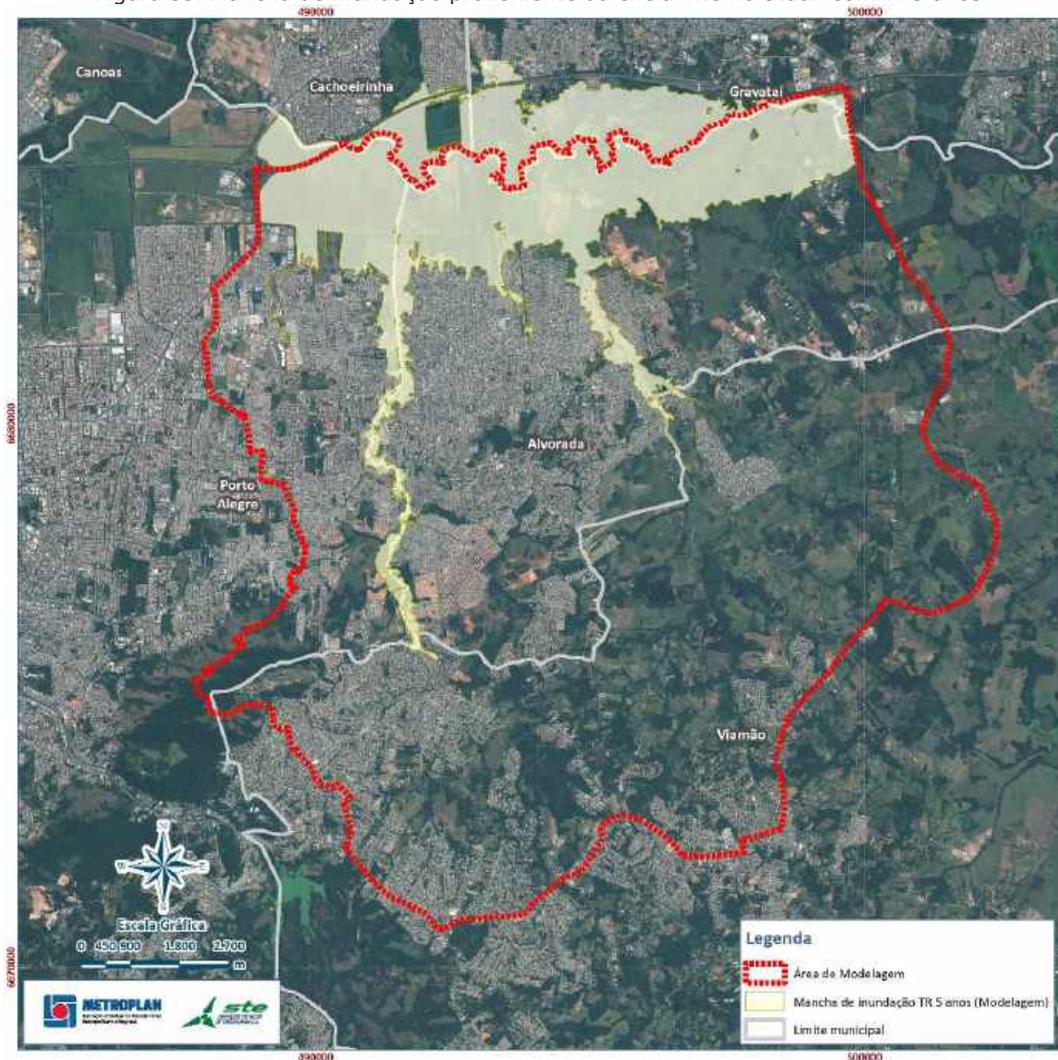




Figura 84. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna atual com Tr 10 anos

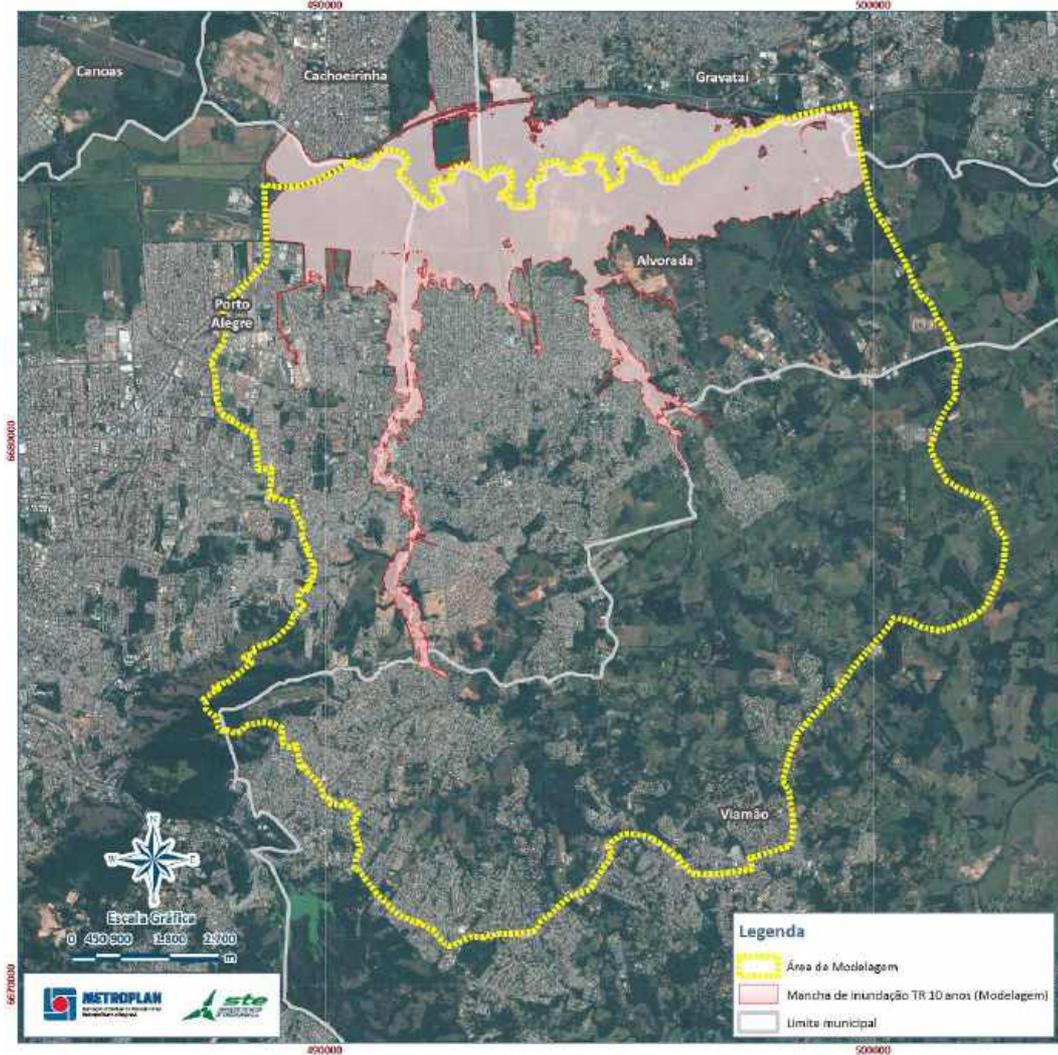




Figura 85. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna atual com Tr 25 anos

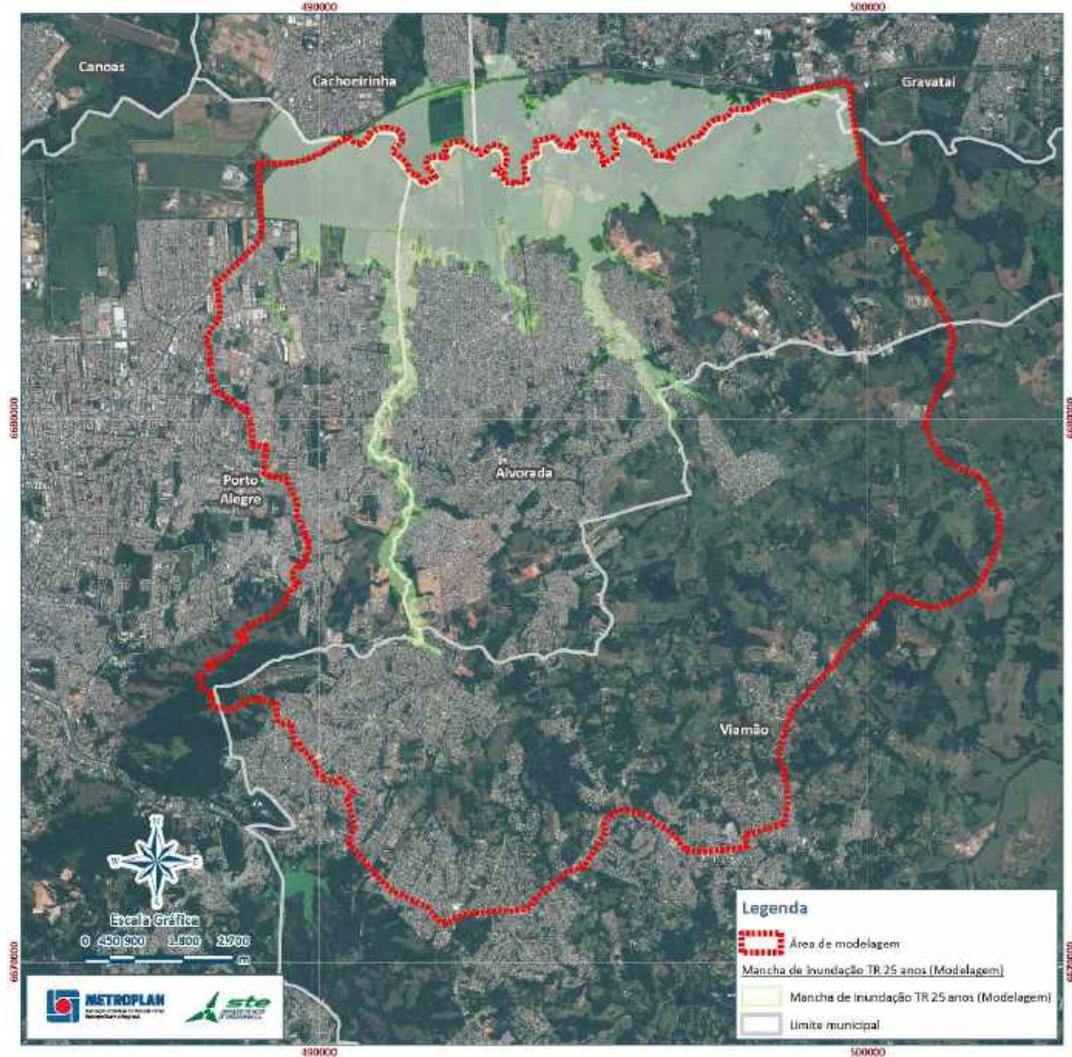




Figura 86. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna atual com Tr 50 anos

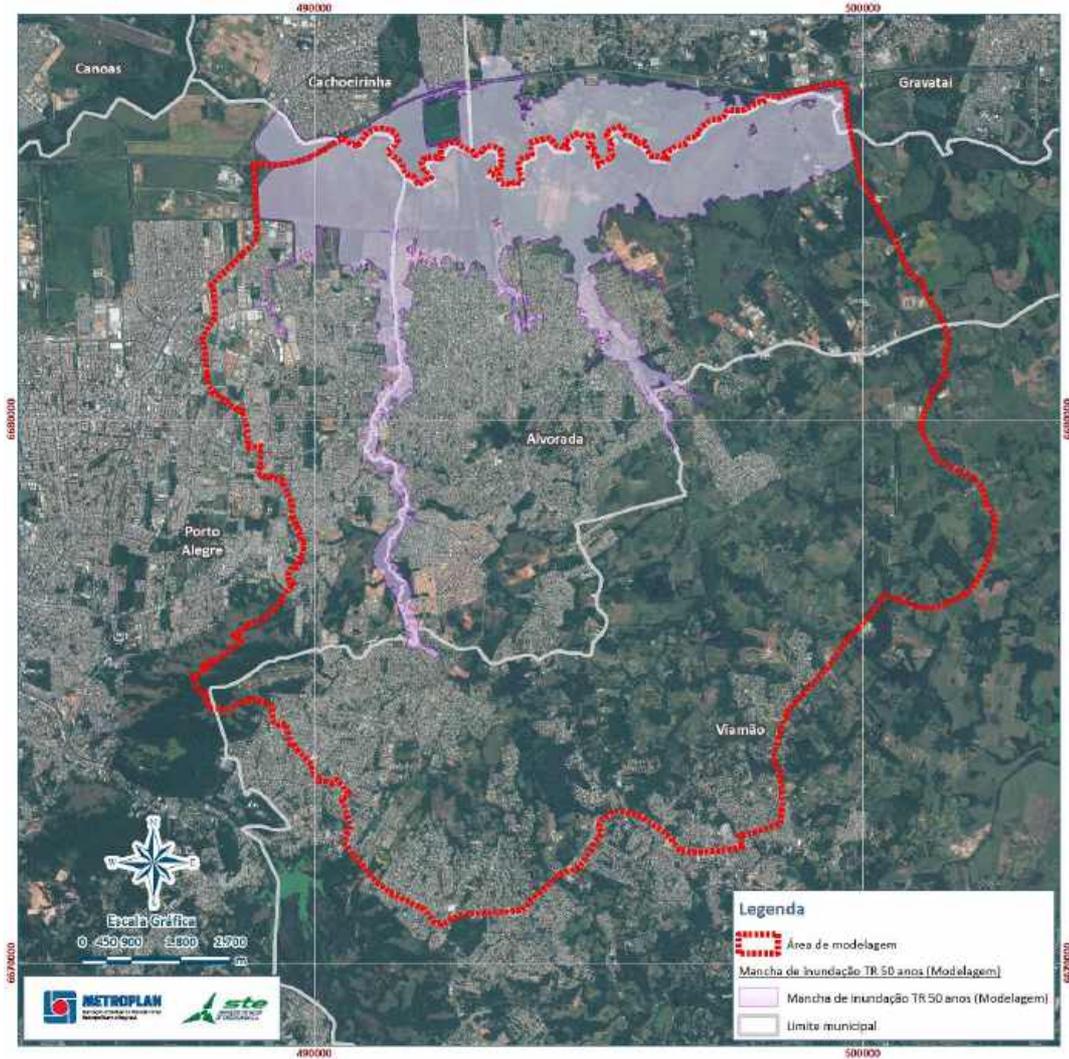




Figura 87. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna futura com Tr 2 anos

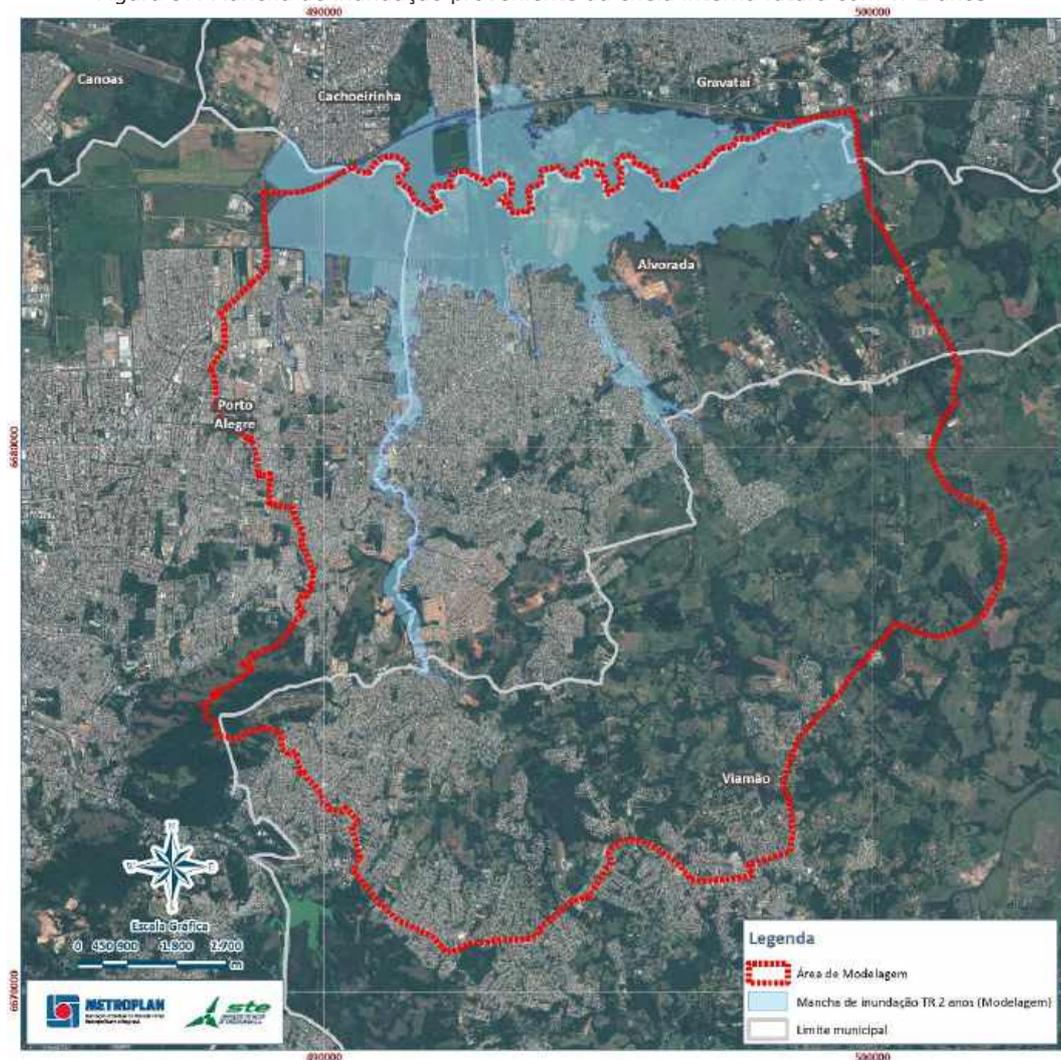




Figura 88. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna futura com Tr 5 anos

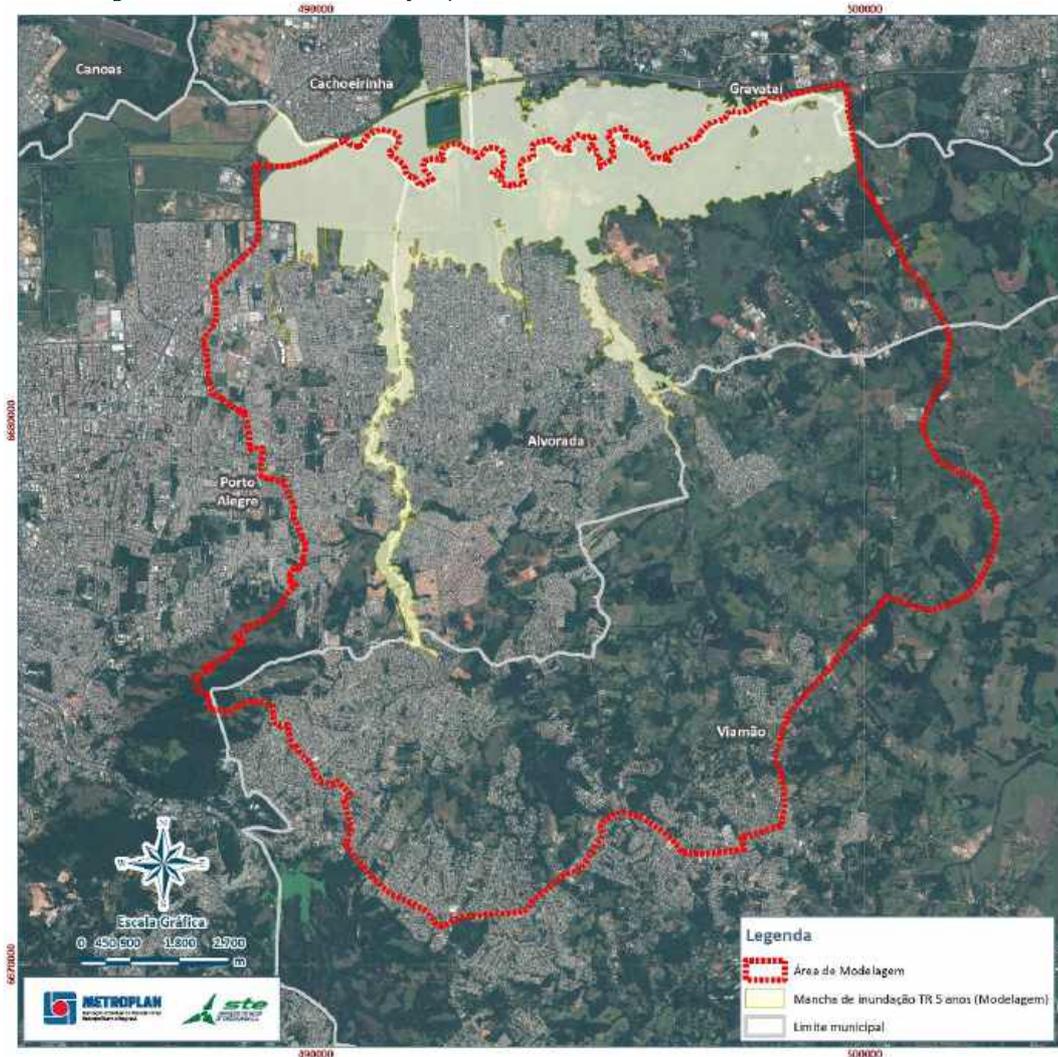




Figura 89. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna futura com Tr 10 anos

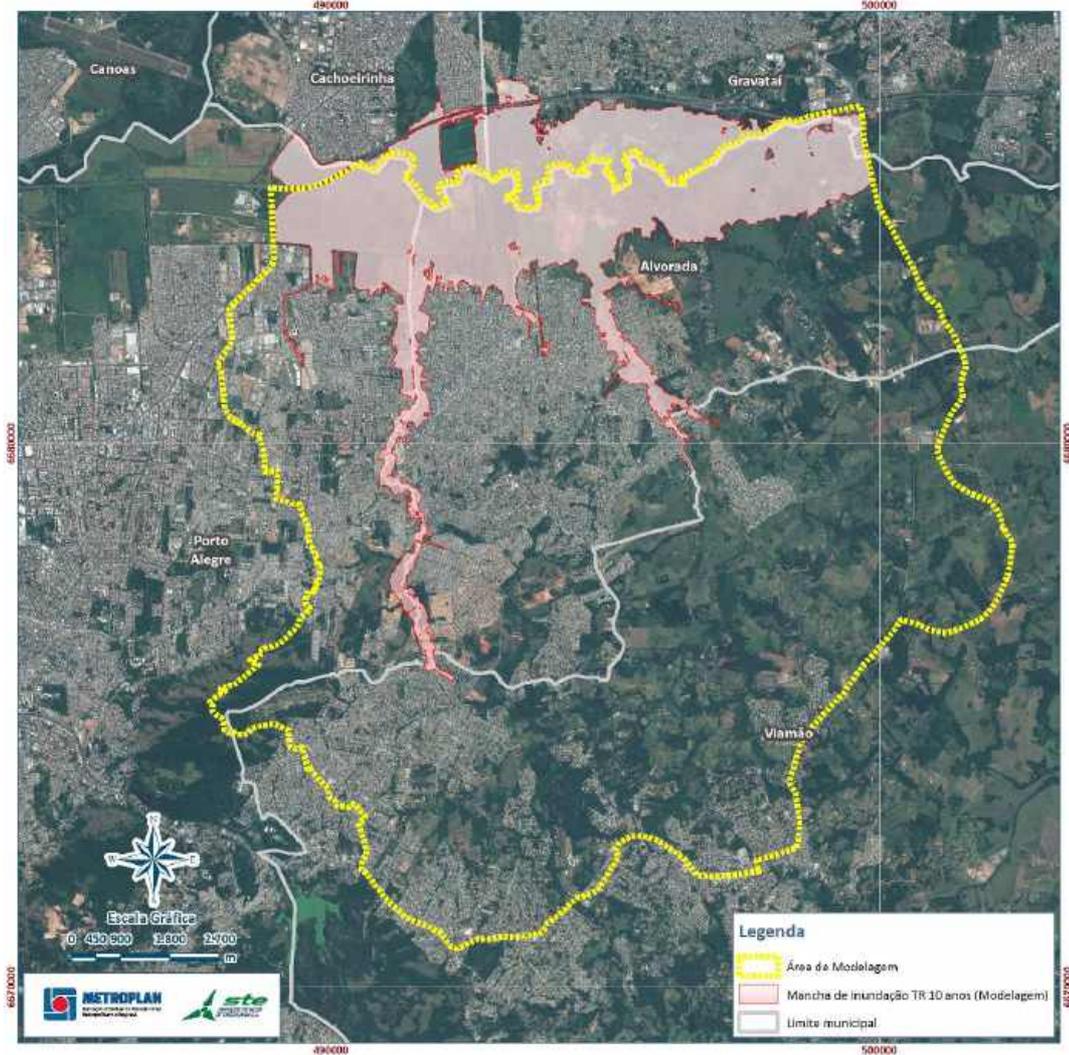




Figura 90. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna futura com Tr 25 anos

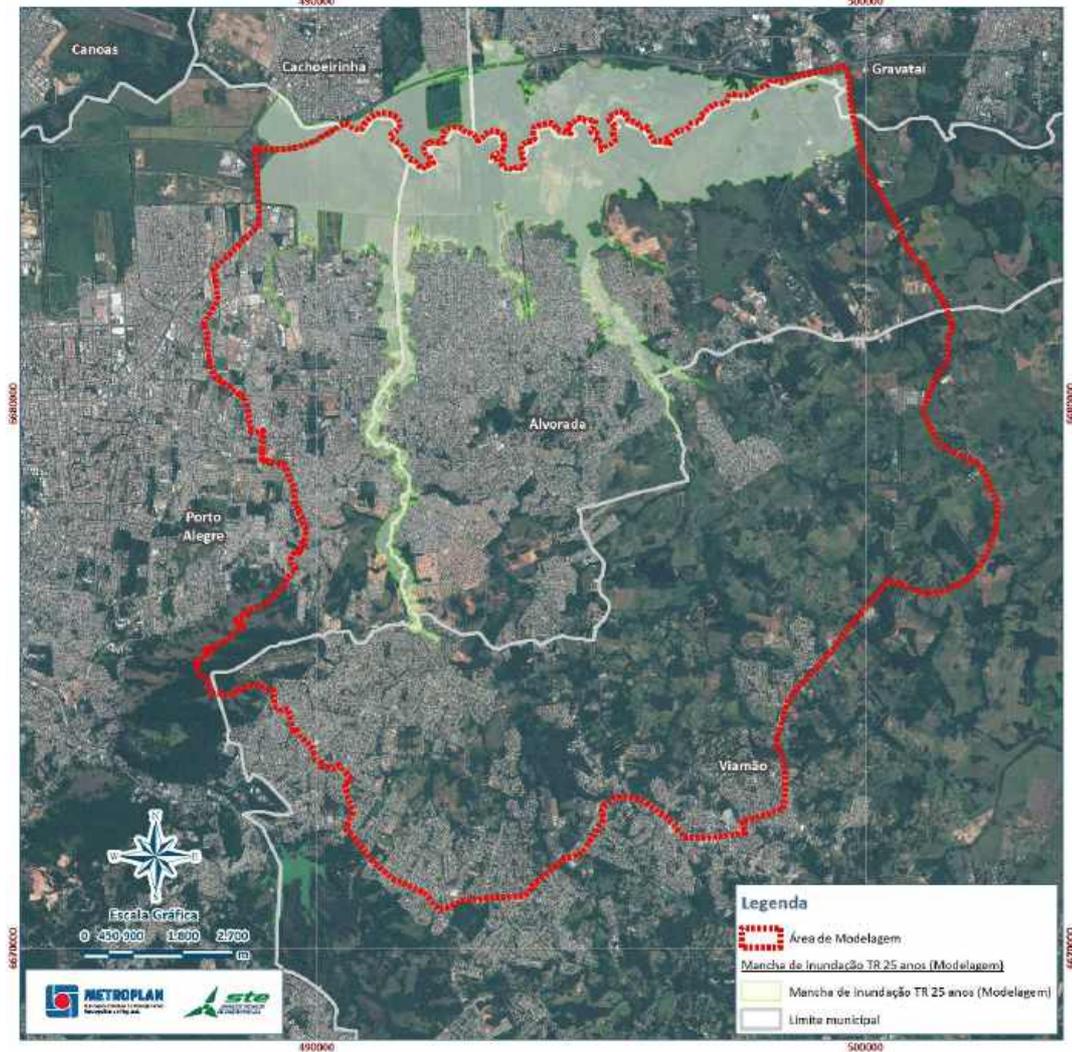
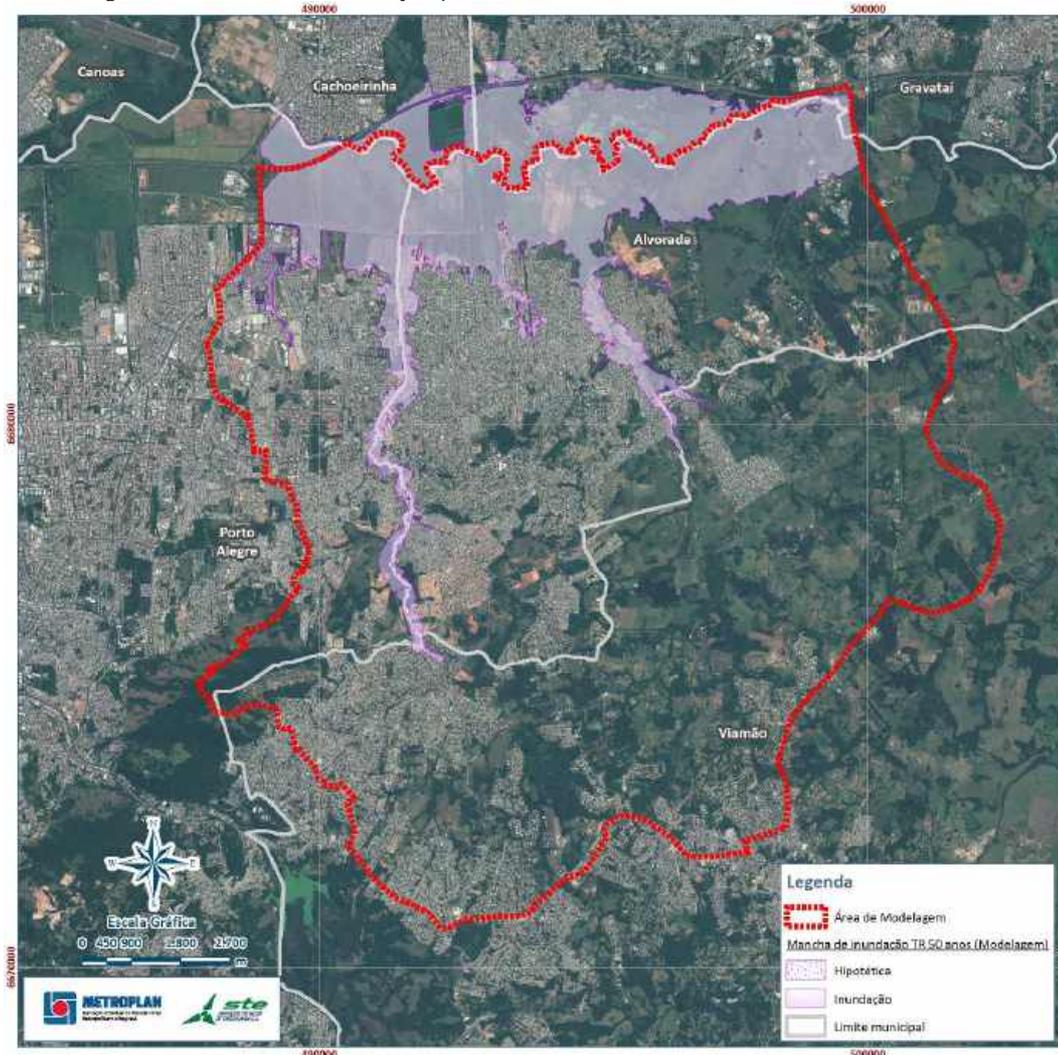




Figura 91. Mancha de Inundação proveniente da cheia interna futura com Tr 50 anos



#### 4.2.6 Aspectos Ambientais

Nesse item será realizada a avaliação da susceptibilidade a erosão na área de estudo, com identificação das áreas degradadas no local. O resultado será o Mapa dos Processos erosivos que também contem as áreas degradadas.

Após consta a Análise da Qualidade da Água onde são apresentados os resultados das amostras coletadas bem como o enquadramento. Deve-se considerar ainda que a análise integrada das principais fontes de impactos é abordada no item Cenários e Aspectos Integrados (item 4.5). Quanto a eficiência dos serviços a mesma será abordada no final dos itens 4.3.1 e 4.3.2.



#### 4.2.6.1 Processos Erosivos

Erosão é o processo de perda de material em solos resultante da desagregação e transporte das partículas de solo ou fragmentos de rocha decorrente dos principais agentes erosivos tais como água, vento ou gelo (TRAININI *et al.*, 1994).

O entendimento dos processos erosivos permite destacar dois eventos iniciais, envolvendo, por um lado, o impacto das gotas de chuva na superfície do solo, promovendo a desagregação e liberação das suas partículas, e, por outro, o escoamento superficial das águas permitindo o transporte das partículas liberadas (SALOMÃO & IWASA, 1995). Ou seja, estes comportamentos hidrológicos estão correlacionados às características tais como (quantidade, intensidade, energia, distribuição e duração), a declividade e extensão das vertentes e aos atributos d solo, como estrutura, textura, profundidade, gradiente textural, relevo e especialmente a permeabilidade, além das propriedades químicas biológicas e mineralógicas que são relevantes nas características no desencadeamento de processos erosivos.

Dependendo da forma como se dá o escoamento superficial ao longo da vertente, podem ocorrer dois tipos de processos erosivos: erosão laminar quando causada por escoamento difuso das águas da chuva, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo e, erosão linear causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos (Foto 8), que podem evoluir por aprofundamento a ravinas foto 13 (Foto 9), (SALOMÃO & IWASA, 1995). Quando ocorre a interação do escoamento superficial e sub-superficial, se formam as voçorocas (Foto 10), que são estágios mais avançados deste tipo de erosão (TRAININI *et al.*, 1994).



Foto 8. Processo erosivo feição tipo Sulcos  
04/09/15 (PE - 01)



Foto 9. Processo erosivo feição tipo Ravinamento  
06/06/15 (PE - 02)



Foto 10. Processo erosivo feição tipo Voçorocas e Ravinamentos 04/09/15 (PE - 03)

Os fatores determinantes dos processos erosivos podem ser de ação antrópica e natural. A antrópica é representada pela intervenção humana, na qual ocorrem desmatamentos



seguido de cultivo, atividades de extração mineral, ou até mesmo a implantação de estradas e expansão de loteamentos, principalmente se ocorrem de forma irregular, que sem as devidas medidas mitigadoras e corretivas os processos erosivos se tornam grandes problemas de assoreamento nos cursos hídricos. Os naturais são o clima, relevo, tipo de solo, rocha e vegetação.

O desenvolvimento de atividades agrícolas em áreas suscetíveis à erosão (Foto 11), se não obedecer técnicas de manejo e conservação, propicia o carreamento de grande quantidade de partículas do solo para as drenagens, assoreando o leito destas e diminuindo a qualidade da água. Quando observado o uso do solo da região estudada, pode-se identificar que 13,3% é de cultura temporária e silvicultura, o que tende a favorecer os processos erosivos, visto que o solo permanece exposto por um determinado período, na ocorrência da aeração do solo.

Da mesma forma na criação de gado em pequenas propriedades o pisoteio dos animais, se constitui em caminhos preferenciais para os processos erosivos (Foto 12). As atividades mineiras desenvolvidas a céu aberto (Foto 13), caso não obedeçam a um plano de lavra adequado, não possuem bacia de sedimentação. A deposição de rejeitos (Foto 14) a céu aberto acarretando sulcos, também provocam assoreamento e contaminação nos cursos d'água. No caso de lavras efetuadas no próprio leito dos rios, como por exemplo: extrações de areia, cascalho, e garimpos que utilizam equipamento de dragagem sem técnicas adequadas, causam modificações no regime de fluxo, provocando assoreamentos, solapamentos e desabamentos nas margens.



Foto 11. Atividades agrícolas em áreas com suscetibilidade moderada a erosão 04/09/15 (PE - 04)



Foto 12. Atividade de Pecuária em nascente com pisoteio de animais acarretando processos erosivos 04/09/15 (PE - 05)



Foto 13. Atividades mineiras, extração de argila 06/06/15 (PE - 06)



Foto 14. Rejeitos em olaria com ocorrência de sulcos 26/08/15 (PE - 07)

Dragagens que venham a beneficiar o entorno, para a realização do desassoreamento, se não ocorrer a remoção do material colocado nas margens, a probabilidade de uma precipitação carrear o material para a drenagem é altíssima (Foto 15). Na expansão de



loteamentos, tendem a ocorrer porções de solo exposto por supressão da vegetação seguido de aterro, feições tipo laminar, sulcos, ravinas até mesmo voçorocas, (Foto 17a Foto 21), Implantação de ruas e acessos com taludes de corte sem enleivamento (Foto 22). Com base nessa análise, pode-se constatar que a origem dos sedimentos provêm desses locais, que causa grandes problemas de assoreamento nos cursos hídricos conforme Foto 25 a Foto 28, tornando-se áreas degradadas e indicadas no Mapa dos Processos Erosivos (Anexo 18).



Foto 15. Dragagem executada no arroio Feijó 26/08/15 (PE - 08)



Foto 16. Implantação de loteamento 04/09/15 (PE - 09)



Foto 17. Aterro sobre cobertura vegetal ao fundo mata ciliar 04/09/15 (PE - 10)



Foto 18. Curso hídrico parcialmente sem cobertura vegetal seguido de aterro 04/09/15 (PE - 11)



Foto 19. Extração de material para aterro em loteamento 26/08/15 (PE - 12)



Foto 20. Loteamento sem cobertura vegetal - ocorrência de sulcos e ravinas 04/09/15 (PE - 13)



Foto 21. Talude sem cobertura vegetal com ocorrência de sulcos e sem canaletas de drenagem pluvial 04/09/15 (PE - 14)



Foto 22. Coleta de água AB - 03 04/09/15 (PE - 15)



Foto 23. Coleta de água AB - 04 04/09/15 (PE - 16)



Foto 24. Arroio Águas Belas assoreado 04/09/15 (PE - 17)



Foto 25. Arroio Águas Belas assoreado 26/08/15 (PE - 18)



Foto 26. Afluente do Arroio Águas Belas assoreado 26/08/15 (PE - 19)



Foto 27. Arroio São João assoreado 04/09/15 (PE - 20).



Foto 28. Arroio Feijó assoreado 26/08/15 (PE - 21)

Além da análise de campo, foram realizadas monitoramento nos cursos hídricos verificando os sólidos em suspensão com o auxílio do Turbidímetro modelo AP 2000 da Policontrol.

#### 4.2.6.1.1 Susceptibilidade a erosão na AEH

A avaliação do potencial de produção de sedimentos teve por objetivo identificar as alterações causadas ao solo, tais como: processos erosivos, exploratórios e associados a expansão de loteamentos tanto por motivos naturais quanto pela ação antrópica. Desta forma, com o auxílio do SIG e imagem de satélite de alta resolução foi possível identificar as áreas degradadas, que são modificações do espaço e sistema natural, sobretudo proveniente de atividades humanas (DIAS & GRIFFITH, 1998). Em função do mapeamento existente de susceptibilidade a erosão de Trainini *et al.*, 1994 (digitalizado por Weber & Hasenack, 2013) na escala 1:50.000, foi feito para a AEH a classificação da suscetibilidade a erosão conforme é indicado no Quadro 45.

A espacialização das classes possibilitou a quantificação em hectares (ha) de todos os intervalos das classes. O resultado dessa quantificação está no Quadro 45 e no Mapa dos



Processos Erosivos (Anexo 18). As áreas quanto ao uso do solo e suscetibilidade a erosão podem ser observadas no Quadro 46.

Quadro 45. Áreas classificadas quanto ao grau de suscetibilidade a erosão na AEH de Trainini *et al*

Grau de Suscetibilidade à erosão	Hectares	Porcentagem
Nula	3.640,25	25%
Baixa	3.134,48	22%
Moderada	5.396,46	37%
Alta	1.994,33	14%
Muito Alta	318,82	2%
<b>Total</b>	<b>14.484,35</b>	<b>100%</b>

Quadro 46. Uso do Solo e grau de suscetibilidade a erosão quanto as respectivas porcentagens na AEH

Uso do Solo	Suscetibilidade a erosão					Total
	Nula	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	
Silvicultura, Solo exposto, Vegetação Arbórea, Arbórea-Arbustiva e Rasteira	15%	7,41%	22,72%	8,15%	1,52%	55%
Área Construída e Edificada	5%	14,13%	14,32%	5,61%	0,68%	40%
Hidrografia, Área Úmida e irrigação	5%	0,10%	0,21%	0,01%	0,00%	6%
<b>Total</b>	<b>25%</b>	<b>22%</b>	<b>37%</b>	<b>14%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>

A seguir são apresentadas as classes quanto a suscetibilidade a erosão na AEH de acordo com Trainini *et al* (1994).

- *Baixa e Nula*

Ocupam a maior parte da extensão superficial da AEH 47%, e distribuem-se principalmente nas áreas de menor declividade, na várzea do rio Gravataí e nos cursos hídricos ao sul da área, são constituídas pelos depósitos aluvionares na qual são desagregados e transportados das porções de maior declividade e depositados nessas porções de relevo plano. A classe nula encontra-se praticamente em área permeável de 15%, enquanto que a baixa suscetibilidade encontra-se com 14,13% em área impermeável.

- *Moderada*

As áreas de suscetibilidade moderada ocupam 37% da AEH, estão distribuídas por toda a área com declividades variadas, em relevos suave ondulados a ondulados em forma de coxilhas e superfícies aplainadas com suas encostas suavizadas, caindo em direção aos arroios e os solos que prevalecem são os Argissolos-vermelhos-amarelos. Está presente em 22% em área permeável e 14,32% em área edificada.

- *Alta*

A classe alta de suscetibilidade a erosão, representa 14% na AEH, ocorre em declividades mais acentuadas com relevos variando desde ondulados até fortemente ondulados de morros arredondados e alongados, prevalecendo os Argissolos-vermelhos-amarelos, sendo que 8,15% ocorre em área permeável enquanto que 5,61% em área edificada.

- *Muito Alta*

As áreas com classificação de muito alta suscetibilidade a erosão representam 2% na AEH e ocorrem com maior incidência a sudoeste e em áreas com declividades bastante acentuadas e alta declividades das vertentes, em forma de relevo tipo morros e cristas. Os solos predominantes são os Neossolos-Regolíticos, na qual se encontram-se nas nascentes do Arroio Feijó ocorrem em porções menores e esparsas Argissolos-Vermelhos-Amarelos. A





classe é representado por sua totalidade em área permeável 1,52% e 0,68% em área edificada.

#### 4.2.6.1.2 Turbidez

A turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão silte, argila, matéria orgânica, micro-organismos e partículas inorgânicas. Para exemplificar/examinar/quantificar as alterações causadas pelas atividades citadas anteriormente foi realizada no dia 04/09/2015 uma campanha de amostragem de turbidez. Contatou-se que em dois pontos (AB- 03 e AB - 04) o limite para Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/05 foi superior ambos na bacia hidrográfica do Arroio águas belas. No ponto AB - 03 identificou-se que a área de nascente, encontra-se sem nenhuma proteção de cobertura vegetal e a mesma é utilizada por pecuária, na qual constatou-se a presença de gado conforme Foto 12 e Foto 22. O outro ponto AB - 04 se deve possivelmente às obras do loteamento, no qual foi mobilizado grande volume de material argiloso para aterro conforme Foto 17, Foto 19 e Foto 23.

Segundo os Pluviômetros Automáticos do CEMADEN, instalados no município de Alvorada, não houveram precipitações pluviométricas registradas 48 horas antes das coletas da qualidade da água (Figura 92), desta forma não influenciaram em valores altos. Foi verificado apenas que no dia da campanha houve 0,4 mm, registrado na estação 430060402 (Jardim Algarve) entre 10h40min e 11h10min da manhã.

Figura 92. Pluviometria registrada durante um mês antes da campanha



Quadro 47. Turbidez nos pontos de coleta da AEH

Ponto	Tempo	Hora da coleta	Turbidez (unt)	Classe
SA-01	Nublado	09:10	22	1
SA-02	Ensolarado	09:40	21	1
AF-05	Ensolarado	10:05	12	1
SJ-03	Ensolarado	10:30	30	1
SJ-02	Ensolarado	10:45	20	1
AB-05	Ensolarado	11:05	15,1	1
AB-04	Ensolarado	11:20	112	2
SN1-2	Ensolarado	11:40	23	1
SN1-1	Ensolarado	12:06	20	1
AB-03	Ensolarado	12:27	53	2
AB-02	Ensolarado	12:45	17	1



Ponto	Tempo	Hora da coleta	Turbidez (unt)	Classe
AB-01	Ensolarado	13:53	17	1
AF-01	Ensolarado	14:20	13,6	1
AF-02	Ensolarado	14:40	3,91	1
AF-03	Ensolarado	15:15	14,7	1
SJ-01	Ensolarado	15:45	0,62	1
AF-04	Ensolarado	16:07	19,4	1

#### 4.2.6.2 Análise da Qualidade de Água

A qualidade da água será realizada com dados secundários, salvo quando necessário identificar na macrodrenagem em estudo, identificando os trechos onde ainda existe esgoto na rede de pluviais (somente macrodrenagem). As amostras de qualidade da água foram obtidas em dias com pelo menos 36 horas sem chuva (considerado período de estiagem). Para a realização da análise do pH, Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), e Temperatura utilizou-se a Sonda Multi-Analisadora YSI 556 MPS (Multi Probe System), para medição in loco dos parâmetros apresentados na sequência. A calibração dos sensores do referido equipamento, exceto para a temperatura, requerem calibração periódica para assegurar o bom funcionamento do equipamento. A calibração segue os procedimentos descritos no manual de instruções, sendo realizado antes das campanhas de campo de monitoramento da qualidade da água. Tem-se como principais características técnicas do equipamento: (i) tamanho: 11.9 cm largura X 22.9 cm comprimento; (ii) peso: 916 gramas (bateria incluída); (iii) comprimento do cabo: 20 metros; (iv) software: YSI EcoWatch™ para Windows™ (software para análise dos dados / passível de atualização via internet no website da YSI – [www.ysi.com/edownloads](http://www.ysi.com/edownloads)); (v) memória: 1.5 MB (armazenamento de mais de 49.000 dados com data e hora inclusas).

Para a obtenção do parâmetro turbidez utilizou-se o Turbidímetro AP 2000 (Policontrol), que possui as seguintes características técnicas: (i) Princípio de Medição: Nefelométrico; (ii) Faixa de Medição: 0,00 – 1000 NTU; (iii) Resolução: 0,01; 0,1; 1 NTU; seleção automática por faixa de trabalho; (iv) Resposta frente a partículas: > 0,1 microns; (v) Tempo de Resposta: < 5 segundos; (vi) Operação: Auto-Press; (vii) Display: LCD - Cristal Líquido - 2 linhas 16 caracteres; (viii) Detector: Fotocélula de Silício; (ix) Fonte de Luz: IR a 880 nm. Sistema de medição que elimina a interferência da cor na amostra; (x) Desligamento: Automático após período de inatividade; (xi) Alimentação: Adaptador Universal 90-240VAC - 50/60 Hz saída 9 VDC e Bateria: 9 VDC; (xii) Indicador de Bateria Fraca, indicando quando efetuar a troca; (xiii) Saída Serial: RS 232; (xiv) Dimensão: 95 x 190 x 85 mm; (xv) Peso: 420 g; (xvi) Normatização: ISO 7027. A calibração do mesmo foi realizada anteriormente a campanha de monitoramento, e seguiu as orientações contidas no manual do equipamento e os padrões adquiridos da própria Policontrol os quais são conservados conforme orientação do manual, incluindo observação do prazo de validade.

A qualidade da água é definida por sua composição química, física e bacteriológica, sendo que as características desejáveis da água dependem das intenções de uso. Para o consumo humano há a necessidade de uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos



prejudiciais. Os indicadores que conferem à água suas principais características físicas, químicas e biológicas também podem representar a sua qualidade (SPERLING, 1995).

Os efluentes industriais e domésticos que alcançam o meio aquático, além de composição complexa, possuem diferentes concentrações de compostos como nitrogênio, fósforo, micronutrientes e também de uma série de outros compostos tóxicos como metais pesados e hidrocarbonetos, sendo que os impactos que os mesmos podem causar no ecossistema são diversos, sempre em função da composição, grau de tratamento e sua concentração no ambiente.

Este estudo constitui-se numa avaliação de campo da qualidade da água, com o intuito de complementar as informações secundárias que visam caracterizar o meio físico da área de interesse.

#### 4.2.6.2.1 Definição dos locais de amostragem

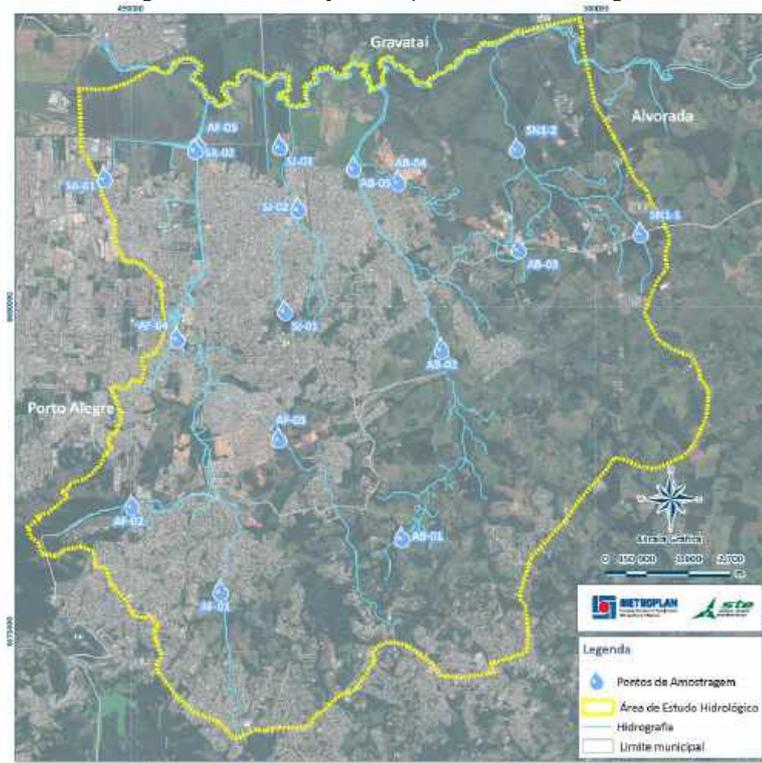
Para a presente avaliação de campo da qualidade da água foram selecionados locais de amostragem que representassem as diferentes situações de ocupação das microbacias e os níveis de impacto gerados pelas mesmas. Para tanto foram considerados pontos nas cabeceiras (ou próximos a estas), de menor ocupação e com expectativa de menor impacto na qualidade da água e pontos ao longo dos cursos e próximos à foz, de maior ocupação e expectativa de maior impacto na qualidade da água. Ao todo foram selecionados 18 (dezoito) pontos conforme Quadro 48 e Figura 93.

Quadro 48. Pontos de amostragem para a avaliação da qualidade da água a campo

Código do ponto	Município	Coordenadas geográficas	
		X	Y
SN1-1	Alvorada	-50.990068	-29.996314
SN1-2	Alvorada	-51.017540	-29.979907
AB-01	Viamão	-51.043156	-30.055518
AB-02	Porto Alegre/Viamão	-51.034315	-30.018899
AB-03	Porto Alegre/Viamão	-51.017182	-29.999366
AB-04	Alvorada	-51.043956	-29.986326
AB-05	Alvorada	-51.053844	-29.983498
SJ-01	Alvorada	-51.069237	-30.011304
SJ-02	Alvorada	-51.066341	-29.991470
SJ-03	Alvorada	-51.070397	-29.979393
AF-01	Viamão	-51.083686	-30.065859
AF-02	Porto Alegre/Viamão	-51.103340	-30.049239
AF-03	Alvorada	-51.070624	-30.036221
AF-04	Porto Alegre/Alvorada	-51.093227	-30.016677
AF-05	Porto Alegre/Alvorada	-51.088351	-29.979337
SA-01	Porto Alegre	-51.109411	-29.985521
SA-02	Porto Alegre	-51.089295	-29.980040
SN1-1	Alvorada	-50.990068	-29.996314



Figura 93. Localização dos pontos de amostragem



#### 4.2.6.2.2 Parâmetros analisados e metodologia

Para a avaliação da qualidade da água foram considerados os seguintes parâmetros: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L O<sub>2</sub>), condutividade (µS/cm) e pH - medidos com Sonda Multi-Analisadora YSI 556 MPS (Multi Probe System) e turbidez - medida com turbidímetro AP 2000 (UNT). Todos os parâmetros foram analisados a campo.

#### 4.2.6.2.3 Descrição dos parâmetros analisados

- *Temperatura*

A temperatura tem importância por sua influência sobre outras propriedades: Elevações de temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases. A temperatura das amostras situou-se entre 16,89 e 23,59 °C.

- *Oxigênio Dissolvido (OD)*

O oxigênio é um gás pouco solúvel em água, variando a solubilidade, na água pura, entre 14,6 mg/L a 0 °C até 7,6 mg/L a 30 °C, dependendo da pressão (altitude) e sais dissolvidos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio, causando a morte de seres aquáticos. Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas (fotossíntese), enquanto que valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica. Peixes mais sensíveis morrem quando o oxigênio dissolvido reduz-se a 4-5mg/L e abaixo de 2mg/L praticamente todos os peixes morrem.





- *Condutividade Elétrica (CE)*

A condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes iônicos. Em geral, níveis superiores a 100 indicam ambientes impactados.

- *pH*

Representa a concentração de íons hidrogênio, dando a indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH está associado à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, despejos domésticos, e industriais. Valores afastados da neutralidade (7,0) podem afetar a vida aquática e os micro-organismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos.

- *Turbidez*

A turbidez é uma característica devido à presença de partículas suspensas na água com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos colóides, dependendo do tipo de solo, da localização do manancial em relação ao divisor e do grau de turbulência. A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial, sedimentos em suspensão arrastados pelo processo erosivo ou a presença de um grande número de micro-organismos, além de determinados minerais como o caso do ferro. Se a causa for de origem natural (partículas de rocha, argila e silte), a mesma não traz inconveniente sanitário direto. Se a causa for devida a despejos domésticos ou industriais, a mesma pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

- *Resultados*

Os resultados das análises constam no Quadro 49, os quais são discutidos a seguir.

Quadro 49. Resultados das análises realizadas a campo

Código	Local	Temp. Amostra (°C)	Tempo	Hora coleta	Resultados				Classe		
					pH	CE (µS/cm)	OD (mg/O <sub>2</sub> )	Turbidez (NTU)	pH	OD	Turbidez
SN1-1	Alvorada	17,59	Ensolarado	12h06min	6,78	83,0	4,19	20,0	2	3	1
SN1-2	Alvorada	17,3	Ensolarado	11h40min	6,93	104,0	7,49	23,0	2	1	1
AB-01	Viamão	18,38	Ensolarado	13h53min	6,75	97,0	6,82	17,0	2	1	1
AB-02	Porto Alegre/Viamão	19,21	Ensolarado	12h45min	6,41	181,0	6,01	17,0	2	1	1
AB-03	Porto Alegre/Viamão	23,59	Ensolarado	12h27min	6,83	19,0	7,71	53,0	2	1	2
AB-04	Alvorada	17,65	Ensolarado	11h20min	6,97	174,0	7,22	112,0	2	1	**
AB-05	Alvorada	18,99	Ensolarado	11h05min	6,94	331,0	2,62	15,1	2	4	1
SJ-01	Alvorada	20,44	Ensolarado	15h45min	6,04	393,0	3,80	0,6	2	4	1
SJ-02	Alvorada	20,28	Ensolarado	10h45min	7,08	732,0	1,72	20,0	2	*	1
SJ-03	Alvorada	19,87	Ensolarado	10h30min	6,91	719,0	1,75	30,0	2	*	1
AF-01	Viamão	20,12	Ensolarado	14h20min	6,26	424,0	5,07	13,6	2	2	1
AF-02	Porto Alegre/Viamão	16,89	Ensolarado	14h40min	7,27	47,0	8,03	3,9	2	1	1
AF-03	Alvorada	19,35	Ensolarado	15h15min	6,61	326,0	4,90	14,7	2	3	1
AF-04	Porto Alegre/Alvorada	20,46	Ensolarado	16h07min	6,27	422,0	3,18	19,4	2	4	1





Código	Local	Temp. Amostra (°C)	Tempo	Hora coleta	Resultados				Classe		
					pH	CE (µS/cm)	OD (mg/O <sub>2</sub> )	Turbidez (NTU)	pH	OD	Turbidez
AF-05	Porto Alegre/Alvorada	18,64	Ensolarado	10h05min	7,03	406,0	3,75	12,0	2	4	1
SA-01	Porto Alegre	19,61	Nublado	09h10min	7,61	539,0	1,40	22,0	2	*	1
SA-02	Porto Alegre	19,02	Ensolarado	09h40min	6,99	722,0	1,42	21,0	2	*	1

Data da coleta: 04/09/2015

A Figura 94, Figura 95 e Figura 96 apresentam respectivamente, a espacialização dos resultados obtidos da Condutividade Elétrica, OD e Turbidez.

Figura 94. Resultado do parâmetro Condutividade Elétrica

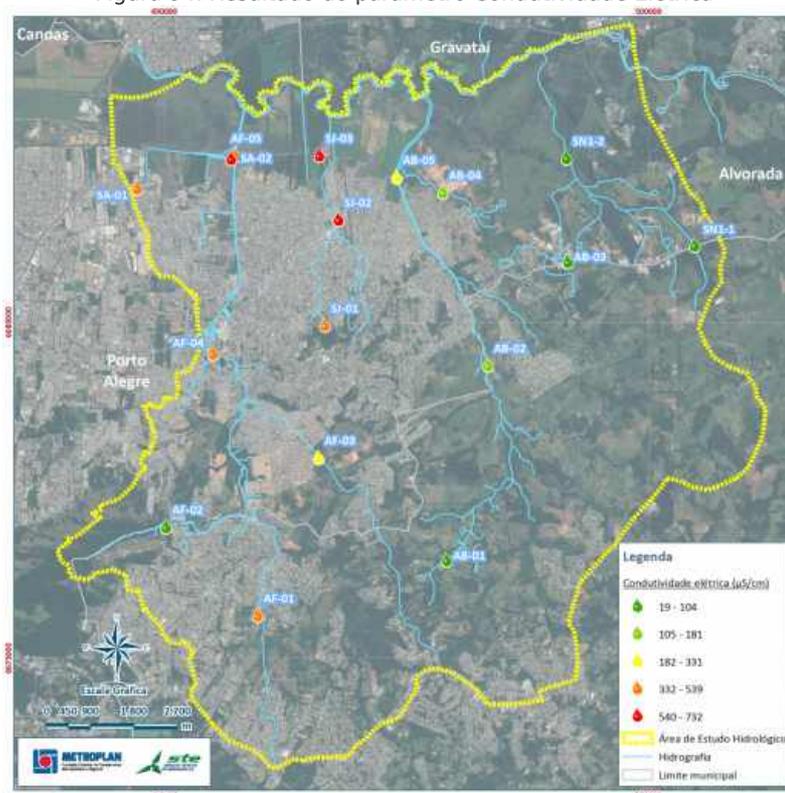




Figura 95. Resultado do parâmetro Oxigênio Dissolvido

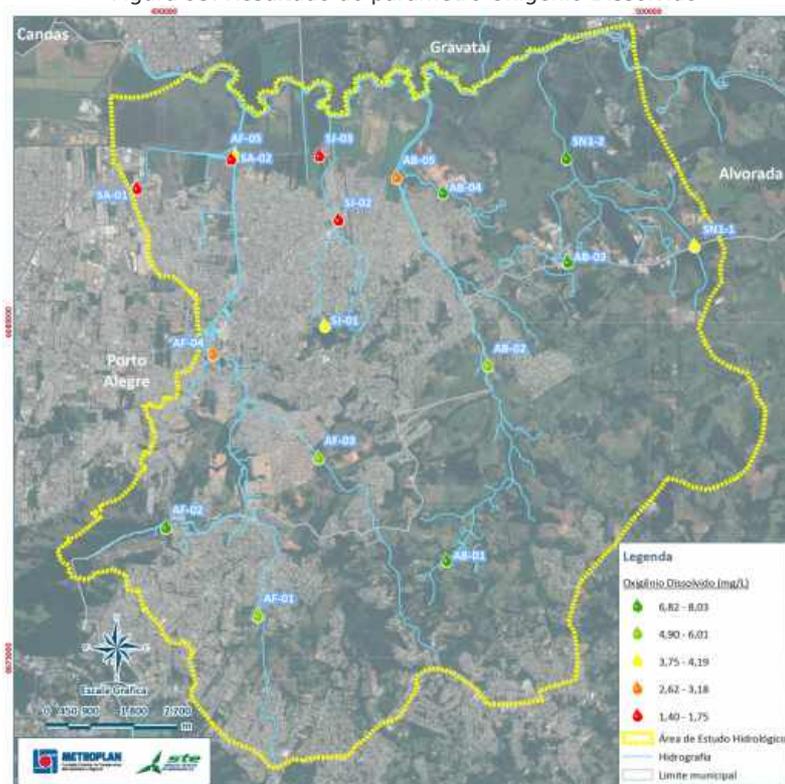
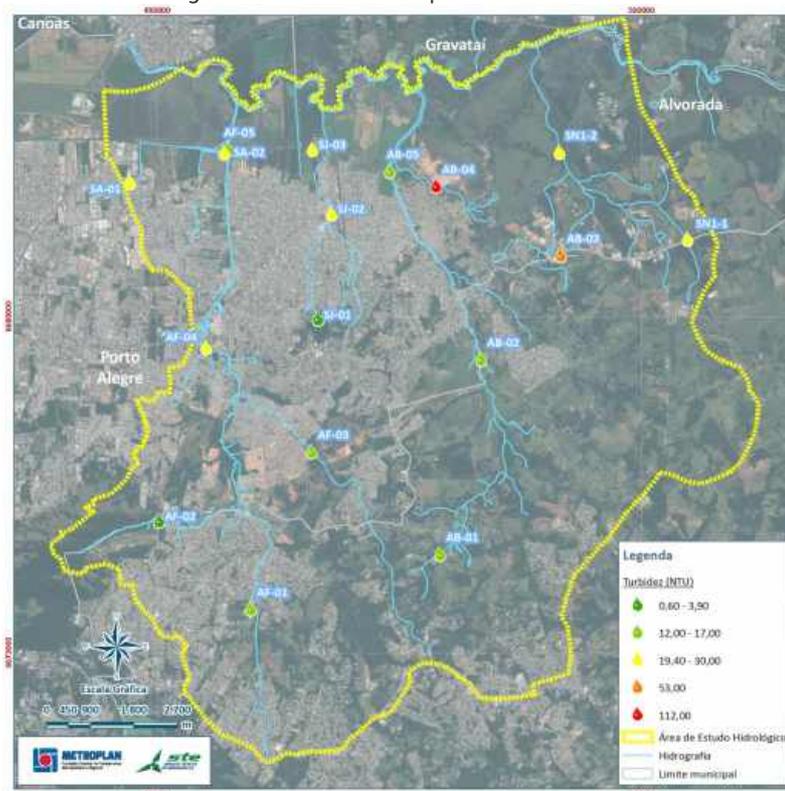


Figura 96. Resultado do parâmetro Turbidez





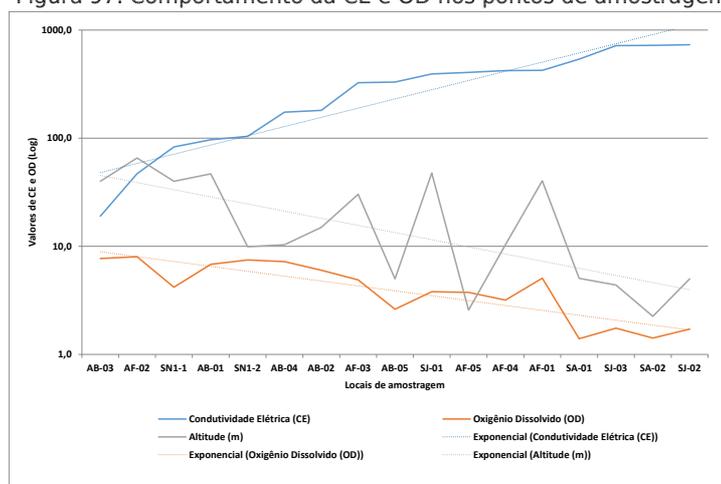
A partir dos resultados apresentados e, considerando os pontos de amostragem e os parâmetros analisados, observa-se a seguinte situação em relação à qualidade da água:

a) Comprovou-se a campo a hipótese de que ocorre um aumento da poluição e consequente redução e comprometimento da qualidade da água a partir das cabeceiras (com menor ocupação e maior proteção vegetal) em direção às partes baixas (exutório) das microbacias (mais ocupadas e impactadas), comprovada pelos valores crescentes da Condutividade Elétrica e gradativa redução do Oxigênio Dissolvido, conforme se observa na Figura 97.

Para o caso do Oxigênio Dissolvido (OD), tomando-se como referência a resolução do CONAMA nº 357/05, observa-se que: (i) em 35% dos pontos de amostragem os valores foram compatíveis com a classe 1, predominantemente nos pontos localizados nas cabeceiras (Gráfico 1); (ii) em 59% os valores foram compatíveis com as classes 3 e 4, em especial nas partes médias e baixas das microbacias (mais antropizadas); (iii) apenas 1 ponto foi compatível com a classe 2.

A condutividade elétrica não consta na resolução do CONAMA nº 357/05 como um parâmetro de enquadramento das classes de qualidade, no entanto, conforme destacado anteriormente e visualizado no Gráfico 1, ocorre um aumento em direção às partes baixas onde a poluição é maior, exercendo maior influência sobre a condutividade.

Figura 97. Comportamento da CE e OD nos pontos de amostragem



(b) Observou-se que há uma correlação inversa entre a condutividade e a concentração de oxigênio dissolvido, indicando que os locais mais impactados, ou seja, com maiores valores de condutividade, são os que apresentam as menores concentrações de oxigênio, indicando que parte desta poluição é decorrente da presença de matéria orgânica (tanto de origem industrial como doméstica e urbana em geral) que demanda oxigênio da água no processo bioquímico e químico de degradação (mineralização) desta matéria orgânica (Figura 97).

(c) Tendo em vista que não foram observados processos erosivos em curso e consequente aporte de sedimentos nos locais de amostragem (à exceção do ponto AB 04 junto ao qual se constatou atividade de mobilização de solo diretamente no curso d'água e em sua margem), a turbidez registrada, embora dentro do limite para classe 1 da Resolução do CONAMA nº



357/05, pode ser derivada de despejos domésticos ou industriais, podendo estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

(d) Os valores do pH estiveram dentro dos limites para a classe 1 da Resolução do CONAMA nº 357/05 (6,0 a 9,0) em todos os pontos avaliados, independente da localização e do grau de ocupação e antropização, tendo sido desconsiderado nesta avaliação da qualidade da água.

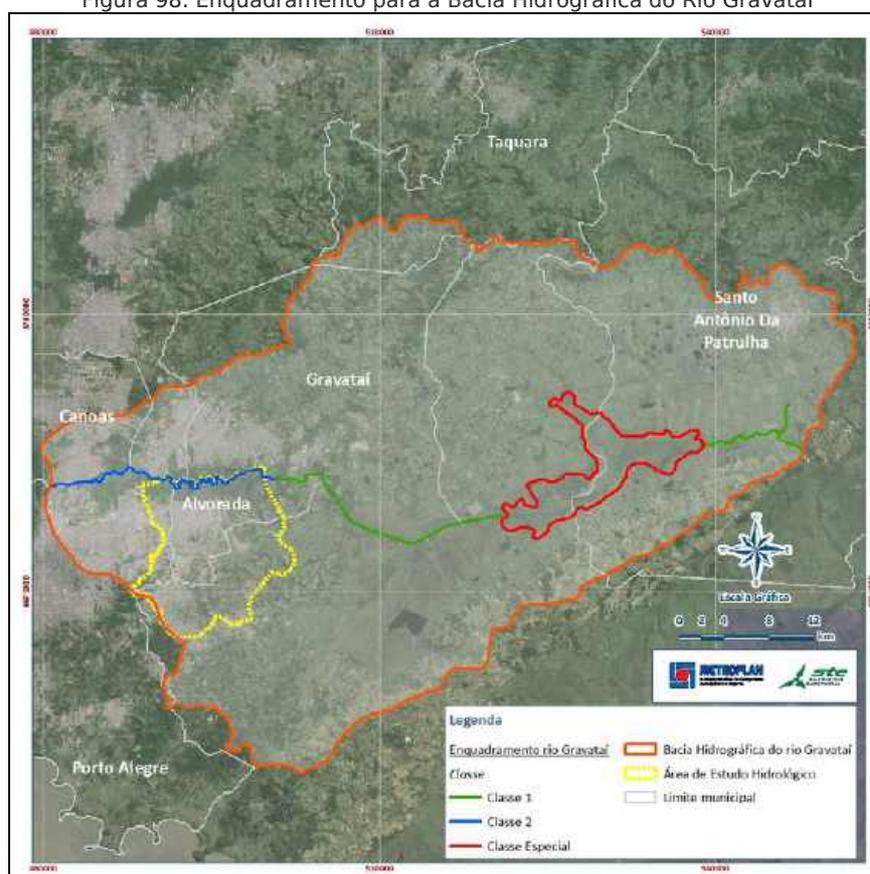
#### 4.2.6.2.4 Enquadramento

De acordo com o PBRG (SEMA, 2011), a Resolução nº 58 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, datada em 24 de junho de 2009, estabelece os seguintes critérios de enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí:

- Classe Especial: área núcleo da Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande;
- Classe 1: das nascentes do rio Gravataí até a foz do arroio Demétrio, à exceção da área núcleo do Banhado Grande;
- Classe 2: da foz do arroio Demétrio até a foz do rio Gravataí.

A área de estudo localiza-se a oeste da bacia hidrográfica e tem como meta o enquadramento na Classe 2, conforme imagem a Figura 98.

Figura 98. Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí





Para a avaliação do enquadramento atual, utilizou-se os dados primários no início deste, no qual foi realizada no dia 04 de setembro uma campanha de qualidade da água dos afluentes do rio Gravataí, dentro da AEH. A partir dos resultados obtidos os arroios foram classificados (Quadro 50) conforme a resolução do CONAMA nº 357/2005 para comparação entre os mesmos e do enquadramento previsto no PBHRG (SEMA, 2011).

Quadro 50. Enquadramento afluentes rio Gravataí

Código	Nome do arroio	Local	Data coleta	Classe			Enquadramento Atual
				pH	OD	Turbidez	
SN1-1	Olaria	Alvorada	04/09/15	2	3	1	3
SN1-2	Distrito industrial	Alvorada	04/09/15	2	1	1	2
AB-01	Águas Belas	Viamão	04/09/15	2	1	1	2
AB-02	Águas Belas	Porto Alegre Viamão	04/09/15	2	1	1	2
AB-03	Águas Belas	Porto Alegre Viamão	04/09/15	2	1	2	2
AB-04	Águas Belas	Alvorada	04/09/15	2	1	**	***
AB-05	Águas Belas	Alvorada	04/09/15	2	4	1	4
SJ-01	São João	Alvorada	04/09/15	2	4	1	4
SJ-02	São João	Alvorada	04/09/15	2	*	1	***
SJ-03	São João	Alvorada	04/09/15	2	*	1	***
AF-01	Feijó	Viamão	04/09/15	2	2	1	2
AF-02	Feijó	Porto Alegre Viamão	04/09/15	2	1	1	2
AF-03	Feijó	Alvorada	04/09/15	2	3	1	3
AF-04	Feijó	Porto Alegre Alvorada	04/09/15	2	4	1	4
AF-05	Feijó	Porto Alegre Alvorada	04/09/15	2	4	1	4
SA-01	Santo Agostinho	Porto Alegre	04/09/15	2	*	1	***
SA-02	Santo Agostinho	Porto Alegre	04/09/15	2	*	1	***

\*Não foi possível classificar, pois a Classe 4 corresponde a OD  $\geq 2,0$  mg/IO<sub>2</sub> e os resultados obtidos foram abaixo deste valor.

\*\*Não foi possível classificar, pois a Classe 3 corresponde a Turbidez  $\leq 100$  UNT e na Classe 4 não há resultado para comparação, sendo que o valor obtido foi de 112 UNT.

\*\*\*Em função de não ser possível a classificação de algum parâmetro, não se pode classificar o curso d'água.

Após o enquadramento das amostras dos arroios dentro da AEH, verifica-se que a qualidade da água em alguns não pôde ser classificada, pois não atende aos parâmetros da resolução CONAMA nº 357/2005. Destaca-se que entre as amostras que puderam ser enquadradas, 50% das mesmas estão enquadradas na Classe 2 (prevista no PBHRG) e o percentual restante nas Classes 3 e 4.

### 4.3 Esgoto Sanitário

Nesse item é apresentado o diagnóstico da situação existente com o levantamento e a avaliação dos componentes relacionados ao esgotamento sanitário. Levando-se em consideração a infraestrutura e os outros serviços públicos.

#### 4.3.1 Porto Alegre

O levantamento das informações referente ao item 5.4.3 do PT, para a área de interesse no município de Porto Alegre contemplou os seguintes estudos: Plano Diretor de Esgotos (PDE) - Atualização 2006/2009 e Plano Municipal de Saneamento Básico Modalidade (PMSB) - Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (Porto Alegre, 2013). Destaca-se que não foi realizada a atualização da situação dos planos, estudos e projetos existentes e em desenvolvimento obtidos no material consultado.





- *Plano Diretor de Esgotos - PDE (Porto Alegre, 2009)*

O PDE (Porto Alegre, 2009) apresenta um diagnóstico do serviço de saneamento em Porto Alegre atualizado entre os anos de 2006 e 2009. O mesmo elenca as obras que deverão ser implementadas até 2030 tendo em vista a universalização do sistema de esgotamento sanitário (SES).

Nos bairros que compõem a área de estudo o esgotamento sanitário compreende os Sistemas Sarandi e Rubem Berta, conforme pode ser visualizado no Quadro 51.

Quadro 51. Distribuição dos bairros considerando o Sistema de Esgotamento Sanitário

Bairros	Sistema de Esgotamento Sanitário em Porto Alegre
Sarandi	Sistema Sarandi
Rubem Berta, Agronomia e Mario Quintana	Sistema Sarandi e Sistema Rubem Berta

Fonte: Plano Diretor de Esgotos - Atualização 2006/2009

Realizou-se uma revisão do relatório Base de Dados onde foi verificado que dentro da área de estudo incluem-se somente o SES Sarandi e o Rubem Berta, conforme a Figura 1, excluindo o Sistema Ponta da Cadeia e do Salso.

Figura 99. Bairros de acordo com os SES e área de estudo



Tendo em vista que o PMSB (Porto Alegre, 2013) foi elaborado em 2013, a análise das informações do PDE (Porto Alegre, 2009) contemplou uma comparação entre os investimentos previstos para os Sistemas em questão neste último e a sua respectiva atualização em 2013.

Quanto ao SES Sarandi, no PDE (Porto Alegre, 2009), eram necessários 526,35 km de redes coletoras, sendo que destes 119,21 km encontravam-se implantados.





Dos investimentos previstos para o SES Sarandi em 2009 verificou-se que a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Sarandi já se encontrava em implantação em 2013, no entanto, a mesma permanece na previsão do Plano de Saneamento.

Quanto o SES Rubem Berta todos os investimentos previstos em 2009 também constam no PMSB (Porto Alegre, 2013). O cronograma financeiro deste estudo não será apresentado, uma vez que o Plano de Saneamento mostra uma atualização de valores.

- *Plano Municipal de Saneamento Básico Modalidade - Abastecimento de água e Esgotamento sanitário*

- Abastecimento de Água

Em Porto Alegre os bairros que pertencem a área de estudo são Agronomia, Sarandi, Rubem Berta e Mário Quintana. Conforme o PMSB (Porto Alegre, 2013) o abastecimento de água nestes é realizado pelo Sistema Menino Deus e Sistema São João, conforme distribuição apresentada no Quadro 52.

Quadro 52. Distribuição dos bairros considerando o Sistema de Abastecimento de Água

Bairros	Sistema de Abastecimento de Água em Porto Alegre
Agronomia	Sistema Menino Deus
Sarandi	Sistema São João
Rubem Berta	
Mário Quintana	

Fonte: adaptado PSMB (2013)

O levantamento das obras em andamento e/ou obras previstas e estudos relativos ao Sistema de Abastecimento em Porto Alegre estão detalhados no item 5.1.5.2 Planos, Estudos e Projetos Existentes e em Desenvolvimento no Relatório Base de Dados.

- Esgotamento Sanitário

Nos bairros que compõem a área de estudo o esgotamento sanitário compreende os Sistemas Sarandi e Rubem Berta, que estão descritos a seguir e mostrados na Figura 100, cada um dos mesmos será detalhado e composto por: Redes Coletoras, Estação de Bombeamento de Esgoto (EBE) e ETE.

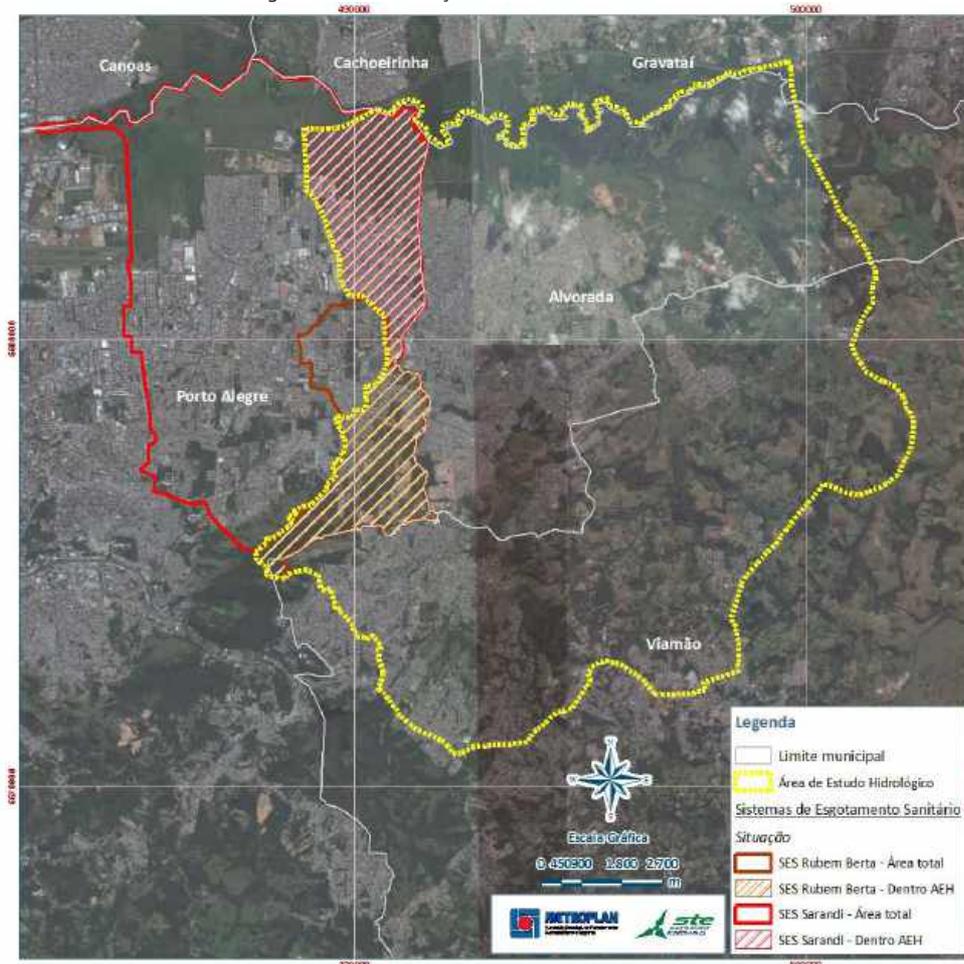
O município de Porto Alegre possui como as seguintes diretrizes para que o sistema de esgoto seja implantado de acordo com o previsto no Plano Diretor de Esgoto e no PMSB (PMSB, 2013).

- I. Horizonte de planejamento - ano de 2030 para a universalização do atendimento da população de Porto Alegre com coleta e tratamento de esgotos sanitários;
- II. Sistema separador absoluto em todo o município de Porto Alegre;
- III. Projetos e Obras de Redes Coletoras Sanitárias Públicas devem contemplar as Ligações Intradomiciliares em áreas de baixa renda;
- IV. Todas as obras de Esgotamento Sanitário devem ter o acompanhamento efetivo e concomitante de trabalho técnico-socioambiental;
- V. A implantação das redes pluviais deverá preceder as redes coletoras de esgotos sanitários;
- VI. O sistema unitário somente poderá ser utilizado para a coleta de esgotos sanitários em casos especiais e de forma provisória;
- VII. A rede coletora do tipo separador absoluto atualmente existente no município deverá ser integrada à malha coletora prevista para o SES na qual se encontra inserida, seja por gravidade, preferencialmente, ou através de bombeamento;
- VIII. Previsão de coleta e tratamento de esgotos de forma centralizada por Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) ou conjunto de sistemas.





Figura 100. Localização dos SES e a área de estudo



• *SES Sarandi*

Segundo o PMSB (Porto Alegre, 2013), o SES Sarandi é composto integralmente pelas Bacias Hidrográficas da Várzea do Gravataí (VG) e pelo arroio Passo das Pedras (APP-1 a APP-10) e parcialmente pelas Bacias dos arroios Santo Agostinho (ASA-1 a ASA-4) e Feijó (AF-1).

De acordo com o Censo de 2010 a população na área do SES Sarandi era de 237.382 habitantes que correspondia a 17,5% da população do município. Já nas bacias dos arroios Santo Agostinho e Feijó, pertencentes a este estudo, a população era estimada em 63.543 habitantes.

– Redes coletoras

O PMSB (Porto Alegre, 2013) informa que a extensão das redes coletoras para o atendimento a todo este SES é de 526,3 km, conforme consultado no Sigpoa, destas, 176,93 km com rede do tipo separador absoluto (27,2 % atendido) estão instaladas e operando. Parte deste sistema atende a pequenos núcleos isolados, mas que deverão ser interligados ao coletor-tronco, assim que o mesmo for implantado. Em outubro de 2013, entrou em operação o 1º módulo da ETE Sarandi, alguns destes núcleos isolados passaram a integrar a





malha coletora do SES, através do Coletor-tronco Sarandi, que conduz os esgotos coletados para tratamento na ETE.

Para atender a população com o 1º módulo da ETE Sarandi foram projetados 34,65 km de redes coletoras sanitárias para a Vila Elizabete. Em 2012, o DMAE iniciou a implantação dos Lotes 1A, 1B, 1C e 2A (totalizando 13,03 km) já os Lotes 2B e 2C estão com o projeto executivo concluído (6,56 km), totalizando 19,59 km de rede e 2040 ligações domiciliares, conforme o PMSB (Porto Alegre, 2013).

O Plano ainda considera que para o total atendimento da projeção de população para 2030 serão necessários 631,62 km de rede do tipo separador absoluto na área do SES Sarandi.

Dos cinco coletores-tronco planejados que encaminharão para a ETE Sarandi, o Coletor-tronco Sarandi (5,19 km) de PVC com diâmetro de 300 mm e de concreto armado com diâmetros de 800 mm já está executado, ainda possui 1,90 km de redes auxiliares (PVC com diâmetro de 150 mm), enquanto os demais, Passo da Mangueira, Passo das Pedras, arroio Santo Agostinho e arroio Feijó, encontram-se em planejamento, segundo o PMSB (Porto Alegre, 2013).

– Estação de Bombeamento de Esgoto

As EBEs são de responsabilidade do DMAE até que os coletores-tronco estejam finalizados e operando. Enquanto isso existe três EBEs que atendem núcleos isolados no município, sendo estas: EBE Nova Brasília, EBE Nova Santa Rosa e EBE Asa Branca. A EBE Sarandi 2 fica localizada dentro da ETE Sarandi e está contemplada no planejamento do SES.

Conforme descrito no PMSB (Porto Alegre, 2013), existem ainda, mais duas EBEs planejadas: EBE Sarandi 1 - que receberá os esgotos domésticos recebidos por gravidade pelos coletores-tronco arroio Passo das Pedras e arroio Passo da Mangueira, após o mesmo será conduzido por emissário com extensão de 2.075m diretamente até a ETE Sarandi. A projeção de vazão nominal para o ano de 2030 é de 709l/s; e a Estação de Bombeamento de Esgoto Tratado (EBET) Sarandi - Esta será executada junto a segunda etapa de implantação das obras da rede coletora e do segundo módulo da ETE Sarandi. O efluente tratado será conduzido até o Rio Gravataí através de emissário com aproximadamente 1.360m de extensão.

– Estação de Tratamento de Esgoto

A ETE Sarandi, projetada em seis módulos, apresenta atualmente o 1º módulo em operação, com capacidade para atender a 50.000 pessoas, que corresponde a 3,55% da população porto-alegrense (1.409.351 habitantes), de acordo com o censo (IBGE, 2010), sendo que o primeiro estava implantado e em operação na elaboração do PMSB (Porto Alegre, 2013). O primeiro módulo da ETE Sarandi tem como processo de tratamento reator anaeróbio de fluxo ascendente seguido por lodos ativados com aeração prolongada com remoção biológica de nutrientes e desinfecção. A capacidade de tratamento é de 133 l/s em nível terciário.

Em 2030, horizonte do planejamento, esta estação deve estar com os seis módulos concluídos e em operação, atendendo toda a população do SES Sarandi, ou seja, 272.101



habitantes, representando 17,34% da população total de Porto Alegre. A vazão média de esgotos a serem tratados, em fim de plano, será de 798 l/s, com máxima prevista 1.197 l/s.

De acordo com o PMSB (Porto Alegre, 2013) a ETE Sarandi irá tratar todo o esgoto gerado no SES Sarandi, enquanto a mesma não entra em operação outras duas ETEs atendem áreas isoladas que são a ETE Arvoredo e do Bosque. A ETE do Arvoredo trabalha com o sistema de tratamento de lodos ativados com aeração prolongada e vazão nominal de 16,3 l/s estando localizada no bairro Jardim Itu e atendendo a toda a área do loteamento Parque do Arvoredo. Após o tratamento o efluente é lançado na rede pluvial que escoar para o arroio Passo da Mangueira e após para o arroio Passo das Pedras que é afluente do rio Gravataí. A ETE será desativada tão logo seja inaugurada a ETE Sarandi. Já a ETE do Bosque trabalha com o sistema de reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) com vazão nominal de 7,34 l/s. A estação está localizada no bairro Mario Quintana e abrange todo o Loteamento do Bosque. O esgoto tratado segue para o arroio Feijó que é afluente do rio Gravataí.

O levantamento das obras necessárias para o SES Sarandi consta no Quadro 53. O total de investimentos previstos para este Sistema até o ano de 2030 totaliza R\$ 323.046.000,00.

Quadro 53. Obras necessárias relativas ao SES Sarandi

Unidades	Obras necessárias
Redes Coletoras Sanitárias	Redes coletoras em planejamento (Lotes 1D e 2D da Vila Elizabete)
Coletores-tronco	Coletor-tronco arroio Feijó Coletor-tronco arroio Santo Agostinho Coletor-tronco arroio Passo das Pedras Coletor-tronco arroio Passo da Mangueira
Estações de Bombeamento de Esgotos	EBE Sarandi 1 EBET Sarandi
Estações de Tratamento de Esgotos	Em implantação ETE Sarandi.

Fonte: PMSB (Porto Alegre, 2013)

- **SES Rubem Berta**

Consta no PMSB (Porto Alegre, 2013) que o SES Rubem Berta é constituído parcialmente pelas bacias hidrográficas dos arroios Santo Agostinho e Feijó. A população residente na área de abrangência do SES em 2010, segundo dados do Censo, era de 54.840 habitantes, representando 3,89% da população do município. Sendo que destes, 22.546 habitantes estão dentro da área de estudo. A população projetada para esta região em 2030, horizonte de planejamento, é de 72.760 habitantes, o que corresponderá ao atendimento de 4,64%. Os esgotos gerados neste SES em sua maior parte são coletados em rede pluvial, normalmente após tratamento em tanque séptico (individual ou coletivo). A extensão total de vias para implantação do sistema de coleta de esgotos (redes, coletores-tronco e interceptores) para atendimento de todo o SES é 132,18 km, mas conta somente com redes coletoras sanitárias em núcleos isolados, sendo o principal deles o núcleo do loteamento da antiga Cohab, que conta com estações de bombeamento e de tratamento de esgotos em nível secundário, cuja operação e manutenção estão a cargo do DMAE.

- **Redes coletoras**

Para atendimento de toda a área do SES seria necessária a implantação de 132,18 km de redes coletoras, coletores-tronco e interceptores. Destas, 58,2 km de redes do tipo separador absoluto já estão implantadas das quais 5,3 km atendem ao Núcleo Habitacional





Rubem Berta e os demais atendem a núcleos isolados, que serão ligados aos coletores-tronco previsto para esse SES.

O PMSB (Porto Alegre, 2013) informou que conforme o levantamento efetuado a partir da consulta ao Sigpoo, na área do SES Rubem Berta, há um déficit de 94,45 km de redes do tipo separador absoluto ainda sem previsão para instalação.

Quanto aos coletores-tronco, estão previstos três que encaminharão o esgoto para tratamento na ETE Nova Rubem Berta, conforme o Quadro 54.

Quadro 54. Obras necessárias relativas ao SES Rubem Berta

Coletor-tronco	Extensão
Arroio Feijó Sul	3.315 m
ASA-5 Sul	890 m
ASA-5 Norte	1.625 m

Fonte: PMSB (Porto Alegre, 2013)

– Estação de Bombeamento de Esgoto

Segundo o PMSB estão implantadas e em operação duas EBE, a Rubem Berta que está localizada junto a ETE Rubem Berta e atende ao Núcleo Habitacional Rubem Berta, onde os esgotos escoam por gravidade para o poço de acumulação da ETE de onde são bombeados para o tratamento. A EBE São Francisco foi implantada para atender 2.800 habitantes do Loteamento São Francisco. Os esgotos são transportados através de emissário de PEAD de 160 mm para o tratamento na ETE Rubem Berta.

Está em planejamento a reforma da EBE Rubem Berta, que será denominada de EBE RB-1, deverão ser construídas ainda a EBE RB-2 que receberá efluentes do coletor-tronco arroio Feijó Sul e a EBE RB-3 junto ao arroio Santo Agostinho.

– Estação de Tratamento de Esgoto

Há somente a ETE Rubem Berta em operação na área do SES, de acordo com o PMSB (Porto Alegre, 2013). A vazão nominal é de 10,64 l/s em cada vala. A ETE esta inserida no na bacia do arroio Santo Agostinho e atende 20.592 habitante, o efluente tratado nesta estação segue para a rede coletora pluvial que contribui para o arroio Feijó, afluente do rio Gravataí. Após a implantação da ETE Nova Rubem Berta, esta ETE será desativada, e será reformada apenas a EBE presente na área.

O Plano informa ainda que a nova ETE será instalada no subsistema ASA-5. Os esgotos tratados serão conduzidos ao sistema de drenagem pluvial existente. A vazão nominal prevista até o ano de 2030 é de 227 l/s.

O levantamento das obras necessárias para o SES Rubem Berta consta no Quadro 55. O total de investimentos previstos para este Sistema até o ano de 2030 é de R\$ 90.404.600,00.

Quadro 55. Obras necessárias relativas ao SES Rubem Berta

Unidades	Obras necessárias
Redes Coletoras Sanitárias	Redes coletoras em planejamento
Coletores-tronco	Coletor-tronco arroio Feijó Sul Coletor-tronco ASA-5 Sul Coletor-tronco ASA-5 Norte
Estações de Bombeamento de Esgotos	EBE RB-1 (Adequação da atual) EBE RB-2 EBE RB-3



Unidades	Obras necessárias
Estação de Tratamento de Esgotos	Melhorias na atual ETE RB ETE Nova Rubem Berta
Linhas de recalque	Linhas de recalque

Fonte: PMSB (Porto Alegre, 2013)

- Redução de gastos

No PMSB (Porto Alegre, 2013) são apresentadas as ações para redução dos gastos correntes tendo em vista os recursos que devem ser investidos para o abastecimento de água e esgotamento sanitário. No Quadro 56 constam as ações.

Quadro 56. Ações para redução dos gastos correntes relacionados à modalidade Esgotamento Sanitário

Ações
Energia elétrica
Migração tarifária
Instalação de geradores nas unidades operacionais (Recomendação)
Priorização de áreas com grandes consumidores

Fonte: PMSB (Porto Alegre, 2013)

O Plano ainda apresenta os Programas Desenvolvidos no DMAE relacionados à modalidade Esgotamento Sanitário consta no Quadro 57.

Quadro 57. Ações para redução dos gastos correntes e Programas Desenvolvidos no DMAE relacionados à modalidade Esgotamento Sanitário

Programas Desenvolvidos no DMAE Relacionados à Modalidade Esgotamento Sanitário	
Programa de Monitoramento da Qualidade do Lago Guaíba: Efetividade Das Ações De Esgotamento Sanitário	Programas de monitoramento para avaliação e acompanhamento da qualidade das águas do Lago Guaíba e dos seus rios formadores
	Programas específicos para avaliação das melhorias na qualidade das águas proporcionadas pelas obras e/ou ações de saneamento executadas em Porto Alegre
Programas Sociais e de Regularização	Programa Esgoto Certo
	Trabalho Técnico Socioambiental

Fonte: PMSB (Porto Alegre, 2013)

- *Avaliação dos Sistemas*

Para fins de planejamento o (PMSB), o município de Porto Alegre foi dividido em 10 Sistemas de Esgotamento Sanitário: SES Sarandi, SES Rubem Berta, SES Navegantes, SES Ponta da Cadeia, SES Cavalhada, SES Zona Sul, SES Salso, SES Belém Novo, SES Lami e SES Ilhas. Os localizados na área de estudo são o SES Sarandi, Rubem Berta como mostrado anteriormente, e localizados integralmente na área da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Além destes, parte do SES Navegantes também contribui naturalmente para a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, como é o caso da bacia do Arroio da Areia.

De acordo com os dados do censo (IBGE), a população residente no município de Porto Alegre no ano 2010 era de 1.409.351 habitantes. A estimativa do crescimento populacional indica que em 2030 (ano da universalização), a população será de 1.568.820 habitantes, quando então 22% desta população estará contribuindo para a Bacia do Rio Gravataí e 78% para a Bacia do Lago Guaíba. Dos dez Sistemas de Esgotamento Sanitário, oito já contam com ações de esgotamento sanitário consolidadas, previstas nos planos diretores anteriores que são os Sistemas Navegantes, Zona Sul, Belém Novo, Lami, Sarandi, Ponta da Cadeia, Cavalhada e Salso.

Conforme levantamento efetuado a partir da consulta ao sistema de informações geográficas de Porto Alegre, consta no PMSB (2013) na área do **Sistema Sarandi** consta a extensão total do sistema de coleta de esgotos para atendimento de todo o SES é de 631,62 km de rede do tipo separador absoluto, sendo que 176,93 km já estão implantados e em





operação e 41,18 km se encontram em execução ou com recursos garantidos para tal (34,5% de atendimento). Em 2013, o déficit de redes coletoras a serem implantadas ou que ainda não contam com recursos para o atendimento global da população do Sistema Sarandi é de 413,51 km. Os esgotos coletados na área de abrangência deverão ser tratados na sua totalidade na ETE Sarandi, planejada em 6 módulos. A ETE Sarandi foi planejada de forma modulada, prevendo um o atendimento de toda a população prevista na área de abrangência do SES no ano de 2035. Em 2030, horizonte do planejamento, esta estação de tratamento deve estar com os seis módulos concluídos e em operação, atendendo toda a população do SES Sarandi, ou seja, 272.101 habitantes, representando 17,34% da população total de Porto Alegre.

De acordo com os dados do censo (IBGE), a população residente na área de abrangência deste **SES Rubem Berta** no ano 2010 era de 54.840 habitantes, o que correspondia a 3,89% da população total de Porto Alegre (1.409.351 habitantes). A população projetada para esta região em 2030, horizonte de planejamento, é de 72.760 habitantes, o que corresponderá ao atendimento de 4,64% da população total estimada de Porto Alegre naquele ano, qual seja, 1.568.820 habitantes.

De acordo com o levantamento efetuado a partir da consulta ao sistema de informações geográficas do município de Porto Alegre, em 2013, na área do Sistema Rubem Berta a extensão total do sistema de coleta de esgotos para atendimento de todo o SES é de 152,69 km de rede, sendo que 58,24 km já estão implantados e em operação. Atualmente, o déficit de redes coletoras ainda a serem implantadas neste SES é de 94,45 km. A vazão nominal estimada para esta nova ETE, de modo a atender toda a população deste Sistema em 2030 é de 227 l/s, considerando a contribuição per capita observada no SES Rubem Berta (142 l/hab.dia) e a extensão da rede coletora, necessária para a universalização em 2030. Face ao exposto pode-se considerar que se PMPA atender o exposto acima, a parte do estudo inserida no município de Porto Alegre, estará atendida.

A partir do exposto no PMSB de Porto Alegre registra-se o valor de R\$ 926.522.543,00 para investimento em abastecimento de água, entre 2015 a 2035 e R\$ 1.772.765.710,00 para obras em esgotamento sanitário. No entanto não foi encontrado o valor a ser arrecadado, tornando-se inviável a avaliação da eficiência dos serviços.

#### 4.3.2 Alvorada

O levantamento das informações para a área de interesse de Alvorada foi realizada por meio de consulta ao Plano de Saneamento do município, abrangendo os seguintes Relatórios:

- Relatório 1: Definição da Abrangência e das Bacias, Compatibilização e Diagnóstico Social
- Relatório 2: Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água e Sistema de Esgoto Sanitário
- Relatório 3: Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana
- Relatório 4: Relatório Final

Destaca-se que não foi realizada a atualização da situação dos planos, estudos e projetos existentes e em desenvolvimento obtidos no material consultado.



- *Abastecimento de Água*

Segundo o Plano de Saneamento de Alvorada - PSA (Alvorada, 2012), a empresa concessionada para o abastecimento de água no município é a CORSAN, que compõem o Sistema Integrado Alvorada-Viamão (SIAV).

Segundo dados do IBGE, no ano de 2010, o município contava com 60.211 domicílios, destes 58.403 possuíam rede geral de abastecimento de água, 1.219 com poço ou nascente e 589 com outro tipo de abastecimento, totalizando.

A CORSAN atende 100% dos domicílios no município, 24 horas por dia, sendo que o abastecimento é paralisado somente em função de falta de energia ou em épocas de estiagem, quando são realizadas campanhas de racionamento de água.

- *Esgotamento Sanitário*

Segundo o PSA (Alvorada, 2012), a CORSAN também é detentora da concessão dos serviços de esgotamento sanitário no município. Conforme o Censo do IBGE em 2010, os tipos de instalações sanitárias no município e a proporção dos domicílios são os descritos no Quadro 58.

Quadro 58. Tipos de esgotamento sanitário no município de Alvorada

Tipo de esgotamento sanitário	Quantidade de Domicílios
Fossa rudimentar	3.550
Fosse séptica	19.769
Outro escoadouro	279
Rede geral de esgoto ou pluvial	33.132
Rio, lago ou mar	161
Sem banheiro ou sanitário	428
Vala	2.892
<b>TOTAL</b>	<b>60.211</b>

Fonte: Plano de Saneamento (Alvorada, 2012)

Cabe destacar que, como os dados são obtidos através de Censo, os mesmos podem sofrer alterações, visto que são os próprios moradores que respondem aos questionamentos e estes, por serem leigos no assunto, podem equivocar-se em relação ao sistema utilizado em suas residências.

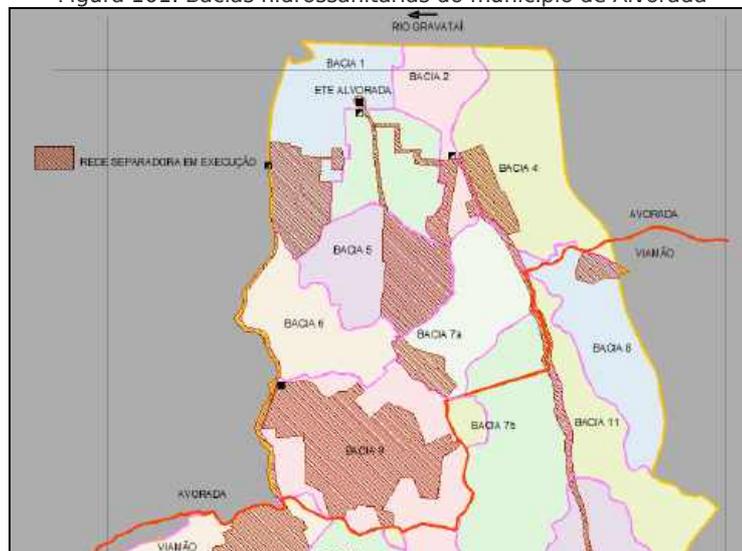
Segundo o PSA (Alvorada, 2012) o odor desagradável é um dos principais indicadores da precariedade do saneamento básico resultante do esgoto sanitário sem tratamento do município. Quanto as fossas utilizadas, normalmente, as mesmas são menores do que o recomendado, não atendendo as Normas Brasileiras. Além disso, observa-se que as fossas são limpas apenas após o extravasamento, não respeitando o recomendado de pelo menos uma limpeza a cada ano.

Está sendo implantado no município o Sistema Integrado Alvorada/Viamão (Figura 101) com 120 km de redes coletoras no arroio Feijó que é dividido nas seguintes bacias: AF-01 (Bacia 1), AF-02 (Bacia 3) e AF-04 (Bacia 5) e no arroio Água Belas (AB-02 - Bacia 2). Ainda serão instaladas duas estações de bombeamento juntamente com uma ETE Alvorada, com capacidade de tratamento de 310 L/s, nas Bacias AF-01 e AB-02.





Figura 101. Bacias hidrossanitárias do município de Alvorada



Fonte: Plano de Saneamento (Alvorada, 2012)

Quanto às estruturas existentes em relação ao SES o Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) informa que as redes coletoras a Bacia 1, 2, 3 e 5 e Bacia 9 (Região Central) encontram-se em implantação, as demais estão implantadas, conforme Quadro 59.

Quadro 59. Situação das redes coletoras no município de Alvorada

Nome	Extensão aproximada (km)	Observações	Situação atual
Bacia 1, 2, 3 e 5	120 km	Rede de coleta tipo separador absoluto com tratamento na ETE Alvorada	Em implantação
Lot. Jardim Algarve (Bacia 9)	44 km	Rede de coleta tipo separador absoluto com tratamento na ETE Algarve	Implantada
Lot. Jardim Aparecida (Bacia 9)	31 km	Rede de coleta tipo separador absoluto somente nas ruas pavimentadas. A carga poluidora é lançada diretamente no corpo receptor.	Implantada
Bacia 8	11 km	Rede de coleta tipo separador absoluto, lançada diretamente no coletor pluvial	Implantada
Bacia 9 (Região central)	50 km	Rede de coleta tipo separador absoluto	Em implantação
Bacia 4	22 km	Rede de coleta tipo separador absoluto. Necessita pouco reparo	Implantada

Fonte: Plano de Saneamento (Alvorada, 2012)

Considerando que a extensão da rede coletora ainda é pequena, praticamente todo o esgoto sanitário coletado é disposto diretamente ou após a passagem por caixas sépticas na rede pluvial e esta, por sua vez, é lançada diretamente nos corpos hídricos, contaminando ainda mais os mesmos.

O sistema implantado no Loteamento Jardim Algarve conta com redes de esgoto sanitário do tipo separador absoluto, sendo que a manutenção eventual é de responsabilidade da CORSAN. A ETE tem capacidade de tratamento de 501 economias unifamiliares e possui as seguintes unidades: grade manual, caixa de areia, tanque Imhoff e leito de secagem. A ETE está trabalhando com a sua capacidade máxima de 40 L/s e necessita de reparos e melhorias em alguns pontos do sistema. Após o tratamento preliminar e primário, o efluente tratado é depositado no canal próximo a estação que se liga ao arroio Feijó, sendo este o receptor final do efluente tratado. A ETE Alvorada encontrava-se em construção na época do estudo, as demais (ETE 23 e 21) encontravam-se operando e desativada, respectivamente.





Foto 29. ETE Alvorada em implantação. Vistoria em 26 de agosto de 2015.

O sistema Jardim Aparecida tem redes de esgoto apenas em ruas asfaltadas, que são administradas pela CORSAN. O esgoto coletado é distribuído na rede pluvial e esta por sua vez é lançada diretamente no corpo receptor sem tratamento (Quadro 60).

Quadro 60. ETEs no município de Alvorada

Nome	Localização	Tipo	Capacidade	Situação Atual	Lançamento
Algarve	Loteamento Jardim Algarve	Tanque Imhoff	40 l/s	Operando necessita melhorias	Arroio Feijó
ETE 23	Vila São Tomé	Fossa e Filtro	Atendendo até 300 economias	Operando	Afluente do rio Gravataí
ETE 21	Jardim Estalagem	Fossa e Filtro	-	Desativada	Afluente do rio Gravataí
Alvorada	Bacia 1 (AF-01)	Lodos Ativados em Batelada	930 L/s	Em construção 1 módulo de 310 L/s	Rio Gravataí

Fonte: Plano de Saneamento (2012)

Quanto aos programas e melhorias propostas em relação à drenagem pluvial o Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) sugere a Elaboração do Cadastro do Sistema de Drenagem e o Levantamento e cadastro de obras de drenagem.

As ações corretivas elencadas no Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) foram agrupadas considerando o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), o SES e a drenagem pluvial. O estudo definiu metas para alcançar os objetivos elencados. As ações necessárias foram divididas entre as localizadas, não estruturantes e estruturantes. Os Programas, Projetos e Ações Necessárias para atingir objetivos e metas foram organizados conforme as ações citadas anteriormente e quanto ao prazo, sendo este: curto: em até 5 anos, médio: de 6 a 10 anos e longo: de 11 a 20 anos.

Quanto ao SAA, na ocasião do Plano de Saneamento (Alvorada, 2012), o mesmo encontrava-se atendendo bem a toda a cidade e não havia novos grandes investimentos previstos. Existia a necessidade da execução do sistema para tratamento de lodo da ETA. No Quadro 61 constam os investimentos relacionados ao SAA. Para o SES os investimentos estão apresentados no

Quadro 62.

Quadro 61. Investimentos relacionados ao SAA

Sistema de Abastecimento de Água			
Tipo	Descrição	Prazo	Valor do contrato/ Recursos previstos
Previsão	Substituição de tubos de fibrocimento e ramais precários em um cronograma de 10% ao ano	-	-
Meta	Redução do índice de perdas para 30% em 20 anos (CORSAN)	-	-
Obra	Execução de Reservatório Apoiado de 5000 m <sup>3</sup> RAP-22 (Localizado na ETA Alvorada Vila Elza) (77,90% executado)	Out/13	R\$ 2.449.253,27
PAC II 3 etapa	Nova adutora no Rio Guaíba e nova ETA	-	R\$ 58.700.000,00

Fonte: Plano de Saneamento (2012)



Quadro 62. Investimentos relacionados ao SES

Sistema de Esgotamento Sanitário				
Tipo	Descrição	Prazo	Valor do contrato/ valor da obra/ valor do edital	Observações
Obra	ETE, Q=310 L/S (68% executado)	Dez/2013	R\$ 50.800.075,59	Necessita a realocação de seis famílias que possibilitará a passagem do interceptor DN 1500 mm (1,5 m) até a ETE
Obra	Execução das obras das redes coletoras, elevatória e linha de recalque - Lote 2 (95% executado)	Dez/2013	R\$ 34.498.868,95	Necessita a realocação de três famílias para construção da elevatória AB 02
Obra	Extensão de redes no sistema integrado - Alvorada/ Viamão - 164 km de rede coletora	-	R\$ 3.295.511,48	-
PAC I: esgoto	Construção de nove casas para moradores de Alvorada que serão removidos	-	R\$ 107.000.000,00 (R\$404.000,00 reservados para a construção das casas)	Na época do estudo a Licitação estava em andamento
PAC II: esgoto	Trabalho Socioambiental (TSA)	-	115 milhões 2 milhões para TSA está sendo licitado	Na época do estudo as obras estavam iniciando

Fonte: Plano de Saneamento (2012)

Os investimentos quanto a drenagem pluvial, por parte da Prefeitura Municipal, constam no Quadro 63.

Quadro 63. Investimentos relacionados a drenagem pluvial

Drenagem Pluvial			
Tipo	Descrição	Prazo	Recursos previstos
Termo de Referência	Elaboração de Estudo de Concepção para Manejo de Águas Pluviais para Proteção e Prevenção Contra Enchentes no Município de Alvorada	150 dias (conclusão estudo)	-
Consulta Popular	Asfaltamento e drenagem pluvial de 16 ruas num total de 8,5 km	-	R\$ 7.000.000,00
Recursos do Badesul	Asfaltamento e drenagem pluvial de 19 ruas num total de 12 km	-	R\$ 10.000.000,00
PAC II 3 etapa	Asfaltamento e drenagem pluvial de 180 ruas com 56 km de extensão	-	R\$ 94.000.000,00
Estudo de Concepção	Estudo de Concepção de Gestão de Inundações na Bacia do arroio Feijó e rio Gravataí	-	-

Fonte: Plano de Saneamento (2012)

Segundo o PSA (Alvorada, 2012) todo o sistema de esgoto sanitário do município deveria ser totalmente reconfigurado com recursos do PAC. As ações propostas são as seguintes:

- Uma ETE (Alvorada) na várzea do rio Gravataí junto ao dique do município que atende os arroios Feijó e Águas Belas;
- Duas estações de bombeamento, uma com vazão de 820 L/s para recalque dos efluentes no arroio Feijó e outra com vazão de 340 L/s para o recalque do arroio Águas Belas;
- Um estação de bombeamento para o recalque dos efluentes até a ETE, com vazão de 1400 L/s;
- Dois coletores troco nas bacias do arroio Feijó e no arroio Águas Belas;
- Dez estações de bombeamento em 5 bacias para lançar o esgoto nos coletores tronco;
- Vinte e cinco bacias coletoras distribuídas nos municípios de Alvorada e Viamão.

A seguir registro fotográfico do diagnóstico realizado na AEH no que tange esgotamento sanitário.



Foto 30. Descarte de esgoto no arroio Santo Agostinho. Porto Alegre, 04/set/2015



Foto 31. Arroio São João. Alvorada, 04/set/2015



Foto 32. Descarte de esgoto diretamente no arroio Águas Belas. Alvorada, 19/ago/2015



Foto 33. Descarte de esgoto diretamente no arroio Águas Belas. Alvorada, 19/ago/2015



Foto 34. Descarte de esgoto diretamente no arroio Águas Belas. Alvorada, 19/ago/2015



Foto 35. Descarte de esgoto diretamente no arroio Águas Belas. Alvorada, 19/ago/2015



Foto 36. Descarte de esgoto diretamente no arroio Águas Belas. Alvorada, 19/ago/2015



Foto 37. Descarte de esgoto diretamente no arroio Águas Belas. Alvorada, 19/ago/2015

Percebe-se a partir do registro acima que a rede de coleta de esgoto cloacal não cobre toda a bacia. Face ao exposto tem-se a considerar o registrado no Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) no qual foi realizado um levantamento dos sistemas coletores de esgotos e



de resíduos. O estudo considera que o consumo de água diário da população seja de 200L/hab.dia e estimando-se a carga de efluente gerada como o correspondente a 80% da água utilizada chega-se ao valor de 31.398 m<sup>3</sup>/dia de efluentes que são lançados diretamente nos corpos d'água locais ou na rede pluvial para toda a bacia de Alvorada. Estima-se que Alvorada produza 107 toneladas de resíduos sólidos urbanos diariamente onde: aproximadamente 104t são de resíduo bruto e 3 toneladas provenientes da coleta seletiva. O município está totalmente inserido em área urbana e tem como geração per capita é de 0,542 kg/hab./dia. Supondo que 5% dos resíduos gerados cheguem aos cursos d'água tem-se a quantidade de 3,8t de resíduos depositados diariamente nos corpos d'água.

- *Avaliação Sistema*

De acordo com o exposto acima o SES do município de Alvorada mostra-se insatisfatório, no entanto de acordo com a análise realizada no Plano de Saneamento do referido estudo em 2013 o município de Alvorada não possuía um sistema de esgotamento sanitário implantado pela CORSAN até as obras do PAC, somente operava sistema executados por empreendedores particulares, como os loteamentos Jardim Algarve e o Jardim Aparecida. Encontra-se em andamento a implantação de aproximadamente 120 Km de redes coletoras, implantação de 02 estações de bombeamento nas bacias juntamente com implantação de um módulo da ETE de 310 L/s. Segundo "Estudo Técnico de Concepção dos Sistemas de Água e Esgoto do Município de Alvorada", a maioria dos loteamentos possui um sistema de tratamento preliminar e individual, constituído de fossas sépticas seguidas de poços sumidouros ligados às redes de esgoto sanitário, tendo o seu destino final nos córregos que interceptam estes loteamentos. Verifica-se também que alguns loteamentos possuem redes de esgoto sanitário, outros possuem somente tratamento preliminar com o destino final no próprio poço sumidouro. Nas demais áreas, os esgotos sanitários são lançados diretamente no sistema pluvial, que em alguns locais é constituído de redes em tubos de concreto e em outros simplesmente de valas abertas em terra.

Por fim tem-se no Plano de Saneamento de Alvorada (2012) que o sistema Alvorada operado pela CORSAN apresenta recursos suficientes para cobrir os volumes financeiros necessários para os investimentos, custos adicionais de manutenção, reposição e de operação, mostrando assim viabilidade dos Projetos propostos com o atual modelo tarifário (ALVORADA, 2012).

#### 4.4 Resíduos Sólidos

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305/2010, dispõe sobre a gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos. Vários são os objetivos, dentre eles a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

De acordo com a PNRS (Brasil, 2010), resíduo é: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou



exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Quanto a origem podem ser classificados em resíduos: domiciliares; de limpeza urbana; resíduos sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço; de serviços públicos de saneamento básico; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvopastoris; de serviços de transportes; e de mineração (BRASIL, 2010).

No Brasil, a geração de resíduos cresce numa velocidade exponencial, proporcional ao crescimento populacional. A falta de planejamento em relação a drenagem urbana, somado às alterações realizadas pelo homem, como impermeabilização do solo - que dificulta a percolação da água para o lençol freático, e os resíduos sólidos dispostos de maneira incorreta - geram impactos físicos como a obstrução de bueiros, diminuição da capacidade de escoamento e impactos da qualidade da água, resultam em problemas como as enchentes e degradação ambiental (RIGHETTO, 2009).

Somente no ano de 2013, 41,7% dos resíduos gerados no país foram encaminhados para aterros controlados, enquanto no Rio Grande do Sul este número cai para 29,8%, tornando-o um dos estados que mais respeita a destinação correta, pois os aterros controlados pouco se diferenciam dos lixões, uma vez que ambos não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações (ABRELPE, 2013).

Conforme dados do Censo demográfico de 2010, o Rio Grande do Sul é o 6º entre os estados que apresentam as maiores taxas de atendimento de coleta regular, com 92,08% dos domicílios atendidos (IBGE, 2010).

A geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) está diretamente relacionada às características econômicas e sociais do município, sendo o porte e a taxa de urbanização do município parâmetros relevantes a serem considerados. Geralmente municípios de maior porte e taxa de urbanização elevada tendem a apresentar uma maior geração per capita de RSU em relação aos municípios de pequeno porte (PERS, 2015).

A seguir será apresentado o diagnóstico dos resíduos sólidos.

#### 4.4.1 Alvorada

Para a elaboração deste item foram realizadas visitas à área de estudo, consultas ao Plano Ambiental de Alvorada, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e o Plano de Saneamento de Alvorada.

O município de Alvorada possui o Plano Ambiental (Alvorada, 2011) sendo que uma das políticas é gerenciar a coleta e destino dos RSU, tendo como objetivo a elaboração da versão preliminar do Plano Diretor de Resíduos Sólidos. Ainda consta no estudo que o gerenciamento da coleta e destino dos resíduos sólidos urbanos deve ser realizado em conjunto entre a Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV), Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SEMSU) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAM). No documento ainda consta os objetivos: elaborar a versão preliminar do Plano de Resíduos



Sólidos; desenvolver Programa de Educação e Conscientização dos moradores para a segregação dos Resíduos Domésticos e Reestruturar a Coleta Seletiva.

No Plano de Resíduos Sólidos (Alvorada, 2012) consta que é de responsabilidade da SEMSU a coleta e destinação de resíduos domiciliares; a capina e limpeza de ruas, sarjetas e passeios públicos; a conservação e limpeza de praças e parques; a execução e manutenção da iluminação pública nas ruas e praças; a administração e conservação de cemitérios e capelas mortuárias; a implantação, zeladoria, conservação e manutenção de equipamentos comunitários em locais públicos; a colaboração com os demais órgãos públicos na prestação de serviços relacionados com suas atribuições.

Quanto as atribuições da SMAM tem-se de acordo com o Plano de Resíduos Sólidos (Alvorada, 2012) entre outras: exercer a ação fiscalizadora de observância das normas contidas na legislação ambiental, exercer o poder de polícia nos casos de infração da lei ambiental e de inobservância das normas ou padrões estabelecidos; licenciar e fiscalizar as atividades efetiva ou potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente; administrar o depósito de armazenamento temporário de pneus e promover campanhas recolhimento (entrega voluntária) de eletroeletrônicos.

E por fim a SMOV é a responsável pelo controle e fiscalização dos resíduos encaminhados a SIL<sup>5</sup>, bem como pela manutenção da Estação de Transbordo e da Central de Triagem localizados no Aterro Municipal.

O quadro a seguir mostra a responsabilidade da gestão de limpeza urbana e resíduos sólidos realizada no município de Alvorada e as principais Secretarias envolvidas.

Quadro 64. Responsabilidade dos resíduos em Alvorada

Tipo de Resíduo	Secretaria Responsável
Domiciliar	SEMSU
Seco/Seletivo	SEMSU
Hospitalar	SEMSU
Cemiterial	SEMSU
Construção Civil	SEMSU
Domiciliar	SMOV
Pneus Inservíveis	SMAM
Eletroeletrônicos Inservíveis	SMAM
Industrial	Responsabilidade é do gerador (empresas privadas)

Fonte: SEMSU (2012 *apud* Alvorada, 2012).

- *Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)*

De acordo com o Plano de Saneamento (Alvorada, 2012), a cidade produziu em 2011, 107 toneladas de RSU por dia, ficando a geração per capita de 0,542 kg/hab/dia e o volume per capto é relativamente baixo quando comparado com o volume nacional e estadual que respectivamente é de 0,96 e 0,73 kg/hab/dia.

No primeiro semestre de 2013, considerando fatores como o aumento da população, incremento no serviço de fiscalização, recolhimento em condomínios, aumento do perímetro de varrição, desativação do descarte de resíduos na área do Pradinho, a geração de

<sup>5</sup> Originalmente denominada SIL, Soluções Ambientais Ltda hoje sob o nome de Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos (CRVR).





resíduos passou para, aproximadamente, 135 t/dia, para uma população estimada de 199.335 habitantes. Deste modo a geração per capita de resíduos é de 0,677 kg/hab/dia (SEMSU, 2013).

As despesas com os RSU do município estão inclusas na cobrança do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). O Quadro 65 e o Quadro 66 a seguir são apresentados os indicadores gerais do manejo dos RSU e, Receitas e Despesas do município com o tema. O Quadro 67 mostra os valores gastos pela Prefeitura nas diferentes tipologias.

Quadro 65. Indicadores gerais de manejo de RSU

Despesa corrente da Prefeitura	Incidência de despesas com RSU na Prefeitura	Despesa per capita com RSU	Receita arrecadada per capita com serv. de manejo	Autossuficiência financeira
R\$ 92.632.676,00	9,1%	42,85 R\$/hab	10,80 R\$/hab	25,2%

Fonte: Alvorada (2012)

Quadro 66. Indicadores gerais de manejo de RSU

Receitas		Despesa		
Orçada	Arrecadada	Pública	Privado	Total
R\$ 2.900.000/ano	R\$ 2.124.164/ano	R\$ 32.981/ano	R\$ 8.389.944/ano	R\$ 8.422.925/ano

Fonte: Alvorada (2012)

Quadro 67. Despesas com o manejo de resíduos de acordo com o tipo de serviço

Coleta de Resíduos Sólidos domiciliares e públicos	Coleta de Resíduos dos serviços de saúde	Varição de logradouros públicos	Demais serviços
R\$ 3.085.671/ano	R\$ 145.586/ano	R\$ 1.521.537/ano	R\$ 3.670.131/ano

Fonte: Alvorada (2012)

Em Alvorada o RSU recolhido é composto por resíduo orgânico e seco. A coleta domiciliar é setorizada e contempla 100% da área urbana, sendo efetuada três vezes por semana em todo município, em algumas vias principais é realizada todos os dias. Os serviços de coleta do resíduo doméstico e coleta seletiva são totalmente terceirizados e cabe ao município fiscalizar e fazer cumprir o contrato estabelecido (ALVORADA, 2012).

A coleta dos resíduos domiciliares é realizada por caminhões compactadores e após os resíduos são encaminhados à Unidade de Transbordo localizada no Aterro Municipal. Posteriormente os mesmos são acondicionados em caminhões carretas para serem encaminhados a aterro licenciado em Minas do Leão. A coleta e transporte dos resíduos seletivos é realizada por três caminhões baús. O trabalho de coleta e transporte dos resíduos domésticos até a Unidade de Transbordo do município tem seu custo unitário de R\$ 90,31 por tonelada (PMA, 2011 *apud* ALVORADA, 2012).

De acordo com o Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) o município apresenta um custo com o manejo dos RSU quatro vezes maior do que arrecada, o estudo inferi que Alvorada recorre a outras fontes para subsidiar seus serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e mostra a necessidade de revisão das taxas de lixo com uma distribuição de acordo com a renda ou valor dos imóveis.

Os RSD do município, após serem coletados pelos caminhões compactadores têm como destino temporário a Unidade de Transbordo localizada no Aterro Sanitário Municipal que teve sua atividade de disposição final encerrada no ano de 2009. No local opera Unidade de Transbordo de RSD, além de abrigar uma Central de Triagem de resíduos recicláveis e o Ponto de Coleta de Pneus do município. Das cargas de RSD que aportam a Unidade de Transbordo, parte é trabalhada pelos catadores que atuam na Central de Triagem





estabelecida no local, os mesmos segregam o material potencialmente reciclável contido no resíduo doméstico que não fora corretamente destinado à coleta seletiva pela população, diminuindo volume encaminhado a disposição final (ALVORADA, 2012).

De acordo com o Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) o sistema utilizado para controle de pesagem na balança do aterro proporciona a identificação do material que aporta no local. Logo o resíduo proveniente da coleta regular, recebem a denominação de RSU e os dos caminhões da coleta seletiva recebem a denominação de “Coleta Seletiva”. Para atender a demanda de disposição final dos resíduos domiciliares quando do encerramento do aterro municipal, foi constituído entre as empresas JC Lopes e SIL - Soluções Ambientais, Consórcio a fim de reunir a competência que cada uma possui, em suas respectivas áreas de atuação e atender plenamente o Município de Alvorada.

As cargas não trabalhadas pelos catadores na Central de Triagem e o rejeito das trabalhadas, são encaminhadas a SIL6. O serviço de transporte é terceirizado e tem o custo de R\$ 79,00 por tonelada. (SNIS, 2011, apud Alvorada, 2012). A distância percorrida por viagem é de aproximadamente 240 km (ida e volta). No trajeto percorrido há dois pedágios, e são realizadas aproximadamente 130 viagens mensais.

No dia 19 de agosto de 2015, a equipe realizou uma visita a unidade de transbordo de Alvorada, o registro fotográfico encontra-se a seguir.



Foto 38. Placa da LO da Unidade de Triagem de Alvorada. 19/08/15



Foto 39. Unidade de Triagem de Alvorada. 19/08/15



Foto 40. Unidade de Triagem que funciona como transbordo do município de Alvorada. 19/08/15



Foto 41. Resíduos recolhidos após a enchente que ocorreu em julho de 2015. 19/08/15

De acordo com o Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) as instituições legalmente registradas que recebem o material recolhido pela Coleta Seletiva são: Associação dos

<sup>6</sup> Empresa responsável pelo transporte rodoviário dos resíduos e disposição final em aterro próprio.





Catadores de Alvorada (ACATA); Associação dos Catadores da Torotama (ou simplesmente Torotama); e Cooperativa de Recicladores de Alvorada (COOREAL). Tem-se que das cargas de resíduo seletivo coletado apenas as que são entregues no Aterro Municipal são pesadas. No ano de 2011 a quantidade média de caminhões da Coleta Seletiva cujas cargas foram destinadas ao Aterro Municipal para ser trabalhada pela COOREAL foi de 68 caminhões/mês, com peso médio de 0,920 ton cada. Para as Associações Torotama e Acata foram encaminhados aproximadamente 12 caminhões por mês. Através dos dados diagnosticados chega-se ao peso estimado de 2,74 ton de Coleta Seletiva realizada por dia no município.

- *Resíduos de Serviço da Saúde (RSS)*

Os RSS gerados nas unidades municipais de saúde de Alvorada somam o montante anual de 54 mil kg (SEMSU, 2012, apud Alvorada 2012), o que perfaz o índice de 0,275 kg/hab./ano, indicador relativamente menor do apresentado no RS e no Brasil. Tal situação se justifica, pois não há hospital mantido pela Prefeitura.

As Clínicas de serviços de saúde particulares são responsáveis pelo seu próprio resíduo e devem contratar empresas devidamente habilitadas para o recolhimento e destinação. As Instituições públicas municipais de assistência à saúde têm a coleta dos RSS realizada por empresa terceirizada devidamente licenciada para a atividade. Conforme tipologia do resíduo de saúde é realizado tratamento para posterior destinação final. Já o armazenamento dos RSS nas Unidades Municipais é organizada de forma que cada Unidade Básica de Saúde (UBS) possui um recipiente com capacidade para 200l de armazenamento. As Unidades de Referência em Saúde (URS) possuem quatro recipientes também com 200l de capacidade. A coleta tem a frequência semanal.

- *Resíduos da Construção/Demolição e Volumosos*

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) de acordo com a Lei Federal nº 12.305/10 define-os como resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. Esses resíduos também são denominados de Resíduo de Construção e Demolição (RCD), portanto usar as nomenclaturas RCC ou RCD está correto. E os Resíduos Volumosos (RV) são os constituídos por peças de grandes dimensões como móveis e utensílios domésticos inservíveis, grandes embalagens, podas e outros resíduos de origem não industrial e não coletados pelo sistema de recolhimento domiciliar convencional. Os resíduos volumosos são identificados em conjunto com os resíduos de construção, pois, além de serem manejados pelo mesmo tipo de transportadores, comumente aparecem dispostos nos mesmo locais (focos de lixo).

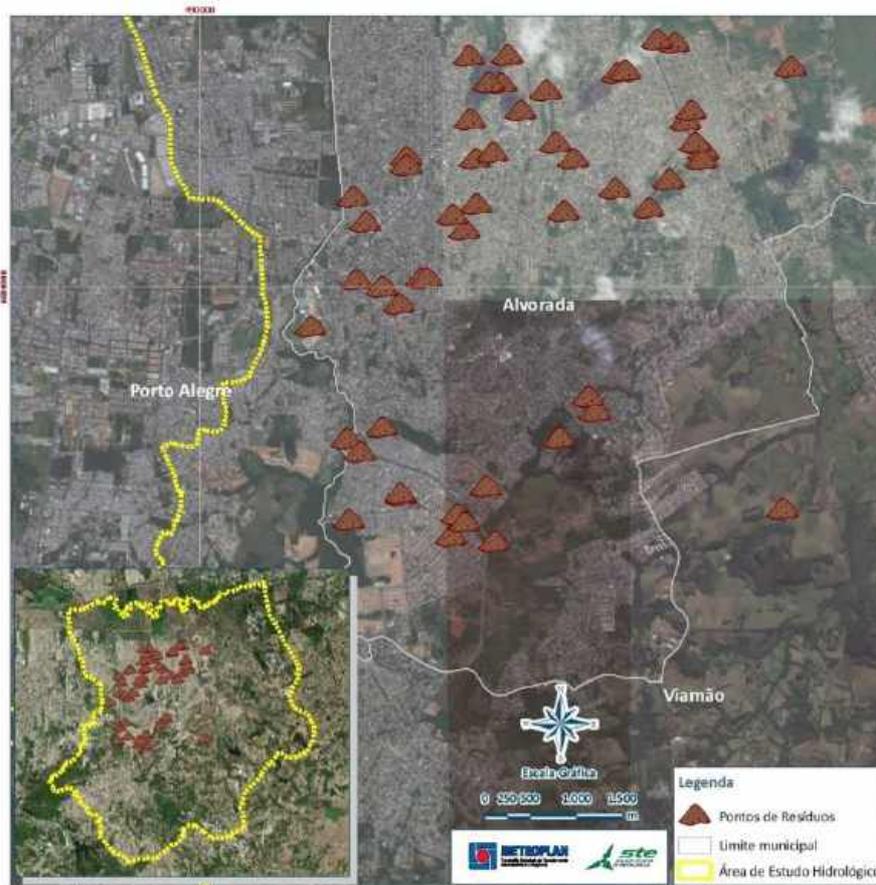
Alvorada possui contrato com empresa terceirizada para coleta e destinação final de 1.600 m<sup>3</sup> mensais de entulhos e materiais provenientes da limpeza dos focos de lixo. O destino desse material é dado em empresa devidamente licenciada pela FEPAM para recebimento de resíduos Classe IIA (inertes). No ano de 2011 foram recolhidos e destinados 19.200 m<sup>3</sup> de resíduos provenientes dos focos de lixo espalhados pelo município, verificou-se que o volume contratado para recolhimento é praticamente concluído na primeira quinzena de cada mês, obrigando a Secretaria dar continuidade na execução do serviço até o início do mês subsequente. Sendo assim, estima-se que o município gera aproximadamente 3.300



m<sup>3</sup>/mês. Alvorada coletou no ano de 2012 o equivalente a aproximadamente 0,66 kg/hab/dia, pouco abaixo da média nacional, o que equivale 3.300 m<sup>3</sup> e 3,96 toneladas.

Em parte, o problema é causado pela própria população, que descarta entulho e lixos volumosos (móveis, eletrodomésticos, pneus) em locais proibidos como calçadas, terrenos vazios e às margens dos arroios. Na publicação do dia 16 de janeiro de 2013 do jornal O Alvoradense é apresentado O Mapa do Lixo em Alvorada. A Figura a seguir mostra a localização dos focos.

Figura 102. Focos de lixo na cidade de Alvorada



Fonte: Adaptado o Alvoradense (2013)

Com as chuvas, esses resíduos são carregados para os bueiros e arroios da cidade, causando degradação ao meio ambiente e contribuindo para as enchentes.

Na reportagem do Diário Gaúcho, do dia 17 de junho de 2015, moradores da Vila Americana reclamam do lixo depositado nas calçadas, terrenos e ruas, são podas de árvores, entulhos, móveis velhos, sucatas de ferro, etc., que chegam a obstruir a passagem. A prefeitura, através da SEMSU e SMAM, realiza um trabalho informativo junto à população e informa que dois ecopontos serão inaugurados em breve no município, facilitando assim o descarte de resíduos que o caminhão não recolhe (SEU PROBLEMA É NOSSO, 2015).

O Plano de Saneamento (Alvorada, 2012) salienta ainda no que tange a focos de lixo e degradação ambiental um dos locais mais relevantes localiza-se as margens do arroio Feijó.



- *Resíduos Industriais*

Alvorada possui diversas indústrias instaladas, no Distrito Industrial, que de acordo com o seu porte e grau de impacto devem estar devidamente licenciadas pela FEPAM ou SMAM. Para gerir esse tipo de resíduos foi implantado um sistema denominado Sysnova EcoPlan, onde os empreendimentos licenciados e geradores de algum tipo de resíduo são, por determinação do licenciamento ambiental, obrigados a declarar nesse sistema quais tipos de resíduos, quantidade, transporte, destinação e/ou disposição final dos mesmos. Tal sistema fornece ao Poder Público local a possibilidade de montar um panorama dos resíduos industriais gerados no município de forma que se possa verificar quais são as ações mais demandadas para o estabelecimento de um gerenciamento cada vez mais eficiente e eficaz (ALVORADA, 2012).

Quanto as pilhas e baterias o município possui um posto de entrega de pilhas e baterias portáteis credenciado pela ABINEE que encontra-se instalado em estabelecimento comercial localizado na Av. Presidente Getúlio Vargas. E no que se refere a pneus, Alvorada no ano de 2008, realizou convênio com a Associação Reciclanip, entidade sem fins lucrativos, responsável pela coleta e destinação de pneus inservíveis que atua em todo território nacional. A administração desse convênio, no qual não há custo ao município, está a cargo da SMAM. Importante destacar que não há custo algum para que as empresas que trabalham com pneus ou municípios façam a entrega dos pneus inservíveis no galpão. Já o recolhimento e destinação final do material é realizado por empresa contratada pela própria Reciclanip ocorrendo quando seu montante chega próximo a dois mil pneus. O destino desse material comumente são os fornos da Empresa Cimpor Cimentos do Brasil no Município de Nova Santa Rita (ALVORADA, 2012).

- *Passivo Ambiental*

De acordo com o Plano de Saneamento (Alvorada, 2012), o município possui uma área impactada pelo descarte de resíduos, conhecido como Pradinho, local este, lindeiro ao arroio Águas Belas. A atividade de disposição final de resíduos foi encerrada no dia 02 de janeiro de 2013. O Poder Público Municipal assinou, em setembro de 2013, Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental (TAC) com o Ministério Público de Alvorada com objetivo de planejar a remediação da área e devolvê-la ao contexto urbanístico da cidade.

A partir da análise realizada com uso de imagens de satélite, a área do Pradinho em janeiro de 2013 estava parcialmente coberta de resíduos, um ano após já apresentava uma cobertura de vegetação e em junho de 2015, maior parte do solo encontra-se exposto. A Figura a seguir apresenta a localização e a área objeto do TAC.



Figura 103. Localização do Pradinho



Em vistorias realizadas nos dias 17, 19 e 26 de agosto, e 04 de setembro de 2015, foram realizados levantamentos de passivos ambientais e pontos de descartes irregulares, os resíduos variavam de pneus a madeiras, plásticos, roupas e até móveis, descartados pelos próprios moradores. O Mapa de Resíduos do Anexo 19 mostra os referidos locais.

#### 4.4.2 Porto Alegre

Na elaboração deste item foram realizadas, além das visitas técnicas, consultas ao Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), sites de jornais da região e da Prefeitura Municipal.

A cidade de Porto Alegre iniciou no ano de 1990 a gestão dos resíduos sólidos, desde então, com aperfeiçoamento e integração do sistema tornou-se referência na América Latina. Em 2013 foi elaborado e aprovado o PMGIRS, que atende a legislação federal, traz diretrizes e uniformiza um planejamento coerente (Porto Alegre, 2013). O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) é a autarquia do município de Porto Alegre responsável pela limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos urbanos. O Quadro 68 apresenta as responsabilidades do município quanto a gestão de resíduos.





Quadro 68. Responsabilidade da gestão dos resíduos

Responsabilidades	Responsável
Execução dos serviços públicos de limpeza urbana (exceto serviços específicos, sob responsabilidade de outros órgãos da administração)	Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU)
Execução dos serviços de dragagem de canais, arroios e outros elementos de drenagem urbana, manejo e destinação dos resíduos produzidos por tais operações	Departamento de Esgotos Pluviais (DEP)
Execução dos serviços de remoção dos resíduos do gradeamento e remoção de areia em redes de esgotos cloacais e água, manejo e destinação dos resíduos produzidos	Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE)
Execução do manejo e destinação dos resíduos sólidos de serviços de saúde gerados em unidades de saúde municipais	Secretaria Municipal de Saúde (SMS)
Execução do manejo e destinação dos RCC provenientes de pequenos geradores	DMLU (unidades destino certo)
Execução do manejo e destinação dos resíduos sólidos da construção civil provenientes de grandes geradores	Geradores
Execução do manejo e destinação dos RCC provenientes de obras públicas	Atribuição primária do órgão contratante, devendo ser repassada aos contratados, via edital de licitação e contrato.
Execução do manejo e da destinação dos resíduos sólidos industriais	Gestão e destinação da fonte geradora
Execução do manejo e destinação dos resíduos sólidos do pós-consumo de produtos	Sujeitos a logística reversa, atribuição dos consumidores, comerciantes, distribuidores, fabricantes e quaisquer eventuais outros intermediários da cadeia
Acondicionamento adequado e diferenciado dos resíduos sólidos, e apresentação adequada para coleta ou devolução	Pessoas físicas e jurídicas sujeitas as coletas domiciliar e seletiva e ao sistema de logística reversa
Cobrança da apresentação dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos e fiscalização dos geradores de resíduos especiais	Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAM)
Fiscalização dos aspectos de interface mobilidade urbana/resíduos sólidos	Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC)
Licenciamento e fiscalização de empreendimentos geradores de resíduos sólidos de impacto regional ou nacional	FEPAM ou IBAMA

Fonte: DMLU (2013, *apud* Porto Alegre, 2013)

• *Resíduos Sólidos Domésticos*

A coleta domiciliar é realizada porta-a-porta três vezes por semana (fora da área de contêineres), só nas principais avenidas ela ocorre de segunda a sábado em 100% das ruas de Porto Alegre. Já a seletiva varia de duas a três vezes por semana, no entanto na área de estudo a coleta domiciliar acontece três vezes por semana e a seletiva duas vezes (COLETAS, 2015).

Todo o material recolhido pela coleta seletiva é encaminhado para as Unidades de Triagem para separação, enfardamento e venda para a reciclagem, gerando emprego e renda e reduzindo os impactos ao meio ambiente. Parte dos resíduos orgânicos é aproveitada em processo de compostagem e em projeto de produção de alimentos para suínos. Outra grande parte, junto com o rejeito, é encaminhada para o aterro da SIL em Minas do Leão. No bairro Rubem Berta, pertencente à área de estudo, estão localizadas duas das unidades de triagem. Ainda na região foram revitalizadas com o apoio da comunidade, em agosto de 2015, quatro áreas que eram de descarte irregular e foram extintos os focos de lixo, três destas no bairro Rubem Berta e uma no Mário Quintana (DMLU, 2015).

Em 2011 a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares verificou-se em 0,78 kg/(hab.d), enquanto que a geração per capita dos resíduos urbanos (domiciliares + resíduos públicos e comerciais) estabeleceu-se em 1,27 kg/(hab.d). A geração per capita de resíduos domiciliares praticamente não registrou alteração na última década, era 0,73 kg/hab.d no período anterior, inclusive registrando pequeno decréscimo na metade da década anterior.





Apesar da cidade estar familiarizada com o conceito da separação de resíduos há 25 anos, apenas 3% de todo o resíduo gerado em Porto Alegre (o que inclui resíduos domiciliares, públicos e outros) é efetivamente reciclado (SNIS, 2011).

De acordo com o PMGIRS (2013), a limpeza de arroios consiste no recolhimento manual de resíduos sólidos urbanos, resíduos da construção civil, mobiliário, pneus, vegetação entre outros materiais depositados nas calhas e junto às margens de arroios, valas e córregos. Os operários envolvidos nessa atividade utilizam varões com ganchos ou cestos para recolherem resíduos depositados no interior dos arroios.

No PMGIRS (2013), consta que os serviços de coleta de resíduos sólidos existentes em redes de drenagens são constituídos pela remoção dos resíduos sólidos resultantes das atividades de desobstrução de caixas de passagens, bocas de lobo, gradeamento, etc., executados cotidianamente pelo DEP. Também se encontram incluídos nesta tipologia de serviços os resíduos gerados a partir da desobstrução de valas de drenagem pluvial. Os resíduos coletados pelo DEP são caracterizados pela sua heterogeneidade, variando de solos, argilas, trapos a pneumáticos e móveis inservíveis (fogões, geladeiras, armários, etc.). Tais resíduos são removidos por caminhões equipados com caçamba basculante, auxiliados por retroescavadeiras.

No dia 28 de setembro de 2015, no jornal Correio do Povo, relata sobre a coleta seletiva em Porto Alegre que está sendo ampliada e a intenção da prefeitura é dobrar o volume de resíduos recicláveis. Atualmente, são 2,1 mil toneladas de resíduos, sendo que apenas 100 toneladas são de itens recicláveis recolhidos na capital diariamente (MEIO AMBIENTE, 2015).

O Código de Limpeza Urbana, instituído pela Lei Complementar nº 728/2014, prevê multas para quem descarta irregularmente os resíduos, dentre outras infrações. Os valores das multas são atribuídos de acordo com a gravidade da infração e podem variar de R\$ 297,35 a R\$ 4.757,62 (PORTO ALEGRE, 2014).

- *Resíduos da Construção Civil*

De acordo com a Lei Municipal nº 10.847/2010 que institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do município, os resíduos da construção civil, de demolições e os resultantes da escavação de solos devem ser dispostos em locais adequados, sendo a responsabilidade pelo descarte dos próprios geradores (PORTO ALEGRE, 2010).

O DMLU, porém, oferece opções de descarte correto para pequenos geradores. Para volumes máximos de até 0,5 m<sup>3</sup> por dia, é possível descartar calça nas Unidades de Destino Certo (UDC's) (DMLU, 2015).

Porto Alegre enfrentava dificuldade para rastrear os geradores dos resíduos da construção civil, pois estes contratavam empresas, os chamados caçambeiros, para fazer o descarte dos resíduos e, após esta "terceirização", não havia mais a preocupação com a destinação. Quando fiscalizados pela SMAM realizando o descarte ilegal, os caçambeiros não informavam quem era o gerador e a secretaria não conseguia interromper o ciclo de despejo inadequado. De acordo com a SMAM, as ações de fiscalização e controle dos resíduos da construção civil, antes da PNRS (2010), eram pautadas somente na Resolução Conselho



Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 e na Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998). Entretanto, verificou-se a necessidade de uma regulamentação municipal mais específica e restritiva para poder viabilizar a gestão dos RCC. Foi então criada a Lei Municipal nº 10.847/2010, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e criou o Plano Integrado de Gerenciamento de RCC de Porto Alegre. Em seguida, a referida lei foi regulamentada pelo Decreto nº 18.481/2013, que permitiu identificar atores envolvidos e definir competências de forma mais específica (NOTÍCIAS, 2015).

Em novembro de 2013 foi inaugurada em Porto Alegre, na lomba do Pinheiro, a primeira grande Central de Reciclagem de RCC, que além de resolver o passivo ambiental decorrente de atividade de mineração no Morro da Pedreira e recuperar a cova aberta devido à mineração, a Central transformará resíduos inertes em brita (RESÍDUOS, 2013).

- *Resíduos de Serviços de Saúde*

Conforme o PMGIRS (PORTO ALEGRE, 2013), em 2006 o DMLU encerrou o contrato com uma prestadora de serviços licitada para o tratamento de RSS no município. A partir então, a coleta e o tratamento passaram a ser executados mediante contratação prévia por seus geradores. Os RSS gerados pelo sistema de saúde pública sob responsabilidade do município são coletados e tratados por empresa devidamente licenciada contratada pela Secretaria Municipal de Saúde (SMS).

- *Resíduos de Limpeza Urbana*

Os resíduos coletados nas atividades de limpeza urbana são executados ou coordenados pelo DMLU, ou por empresas contratadas (PMGIRS, 2013).

Em reportagem do jornal Diário Gaúcho, no dia 28 de abril de 2015, o DMLU reconhece que falta muito para acabar com o descarte irregular, apesar de dispor de seis Unidades de Destino Certo (UDC) que recebem materiais que não são aceitos na coleta domiciliar e seletiva. Um exemplo é o Bairro Rubem Berta, que mesmo dispondo de uma unidade os moradores insistem em descartar os resíduos nas calçadas. As UDC's recebem madeira, pneus, móveis velhos, colchões, terra, entulho, calça, cerâmica, sucata de ferro, eletrodomésticos e restos de podas. As unidades não recebem lixo orgânico e resíduos perigosos, como lâmpadas fluorescentes e medicamentos vencidos. A notícia ainda alerta para o número de focos crônicos de lixo na capital que já totalizam 339 (LIMPEZA URBANA, 2015).

É importante ressaltar que o Código de Limpeza Urbana, instituído pela Lei Complementar nº 728/2014, prevê multas para quem descarta irregularmente os resíduos, dentre outras infrações. Os valores das multas são atribuídos de acordo com a gravidade da infração e podem variar de R\$ 297,35 a R\$ 4.757,62 (PORTO ALEGRE, 2014).

A prefeitura possui projetos para facilitar o descarte de resíduos, é o caso do Projeto Bota-Fora que facilita o descarte correto de resíduos que não são recolhidos na coleta diária, e o Troca Solidária que recebe resíduo reciclável e, em contrapartida, entrega alimentos hortifrutigranjeiros (LIMPEZA URBANA, 2015).



Os resíduos comerciais, industriais e de serviços de saúde são armazenados em contêineres específicos de grandes capacidades volumétricas. O recolhimento e a destinação destes resíduos são de responsabilidade da unidade geradora (PMGIRS, 2013).

#### 4.4.3 Registro Fotográfico

A seguir registro fotográfico realizado nas saídas de campo do dia 17, 19 e 26 de agosto, e 04 de setembro de 2015. O Mapa do Anexo 19 mostra essas fotos especializadas.



Foto 42. Resíduos oriundo da dragagem do arroio Feijó na Rua Nova Prata, bairro Passo do Feijó, Alvorada. 17/ago (A)



Foto 43. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Avenida Três, Alvorada. 17/ago (B)



Foto 44. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Avenida Três, Alvorada. 17/ago (C)



Foto 45. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Av. Wenceslau Fontoura, bairro Sumaré. Alvorada. 17/ago (D)



Foto 46. Resíduos dispostos de maneira inadequada no arroio São João, Rua Itararé, bairro Sumaré. Alvorada. 17/08/15 (E)



Foto 47. Resíduos dispostos de maneira inadequada no arroio São João, Av. Wenceslau Fontoura, bairro Sumaré. Alvorada. 17/08/15 (F)



Foto 48. Moradias às margens do arroio Águas Belas, próximo a Rua Veredas Tropical. Alvorada. 19/08/15 (G)



Foto 49. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Estrada Diogo Inácio Barcelos, bairro Maria Regina, Alvorada. 19/08/15 (H)



Foto 50. Resíduos dispostos de maneira inadequada na rua Vereda Tropical. Alvorada. 19/08/15 (I)



Foto 51. Moradias às margens do arroio Águas Belas. Alvorada. 19/08/15 (J)



Foto 52. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Estrada Diogo Inácio Barcelos, bairro Maria Regina, Alvorada. 19/08/15 (K)



Foto 53. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Estrada Diogo Inácio Barcelos, bairro Maria Regina, Alvorada. 19/08/15 (L)



Foto 54. Resíduos presos à estrutura próximo a ponte de pedestre sobre o arroio Águas Belas que também encontra-se assoreado. Av. Três, Alvorada. 19/08/15 (M)



Foto 55. Resíduos presos à estrutura próximo a ponte de pedestre sobre o arroio Águas Belas que também encontra-se assoreado. Av. Três, Alvorada. 19/08/15 (N)



Foto 56. Pneus dispostos de maneira inadequada no arroio Águas Belas, margens erodidas e risco de solapamento. Alvorada. 19/08/15 (O)



Foto 57. Depósito irregular na esquina das ruas Lusitana e Esperança, próximo ao arroio Águas Belas, Alvorada. 19/08/15 (P)



Foto 58. Resíduos dispostos de maneira inadequada no arroio Águas Belas, Estrada Cândido de Pinheiro Barcelos, bairro Estância Grande, Alvorada. 26/08/15 (Q)



Foto 59. Registro de resíduos dispostos de maneira inadequada no arroio Águas Belas, bairro Maria Regina, Alvorada. 26/08/15 (R)



Foto 60. Foz do arroio Santo Agostinho, bairro Rubem Berta, Porto Alegre. 26/08/15 (S)



Foto 61. Resíduos dispostos de maneira inadequada no arroio Feijó. Porto Alegre/Alvorada. 04/09/15 (T)



Foto 62. Resíduos disposto na Galeria do arroio Santo Agostinho, próximo à Rua José Ferreira Jardim, Sarandi, Porto Alegre. 04/09/15 (U)



Foto 63. Resíduos dispostos de maneira inadequada no arroio Santo Agostinho. Porto Alegre/Alvorada. 04/09/15 (V)



Foto 64. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Av. Zero Hora, bairro Jardim Algarve, Alvorada. 04/09/15 (W)



Foto 65. Resíduos dispostos de maneira inadequada na Av. Liberdade, bairro Santa Isabel, Alvorada. 04/09/15 (X)

Na área de estudo foram encontrados vários focos de lixo, resíduos que variam desde pneus, madeiras, plásticos, roupas e até móveis, resíduos estes descartados pelos próprios moradores.

O que se observa nos municípios é que os serviços de limpeza urbana necessitam de investimentos e ações ambientais, no intuito de sensibilizar a população sobre o descarte correto dos resíduos e os impactos gerados por estes ao meio ambiente. O Quadro 69 dispõe de medidas não estruturais propostas pelo PROSSAB-5 (2009).

Quadro 69. Medidas não estruturais para diminuição de resíduos nas drenagens

Principais Categorias	Medidas não estruturais
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias	Varrição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reuso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

#### 4.5 Cenários de Impactos e Aspectos Integrados

Foram determinadas as manchas de inundações decorrentes das cheias do rio Gravataí, seus afluentes e os efeitos do N.A do Lago Guaíba sob esses eventos. A cheia de 2015 foi modelada e indicou um tempo de retorno da ordem de 300 anos.

O histórico de cheias e a modelagem hidrodinâmica demonstraram a fragilidade às inundações na região, haja vista o elevado número de edificações dentro das APP dos cursos de água e várzea de inundações. Essas inundações têm caráter sazonais e vem proporcionando prejuízos elevados, sendo alguns não quantificáveis economicamente, pela sua natureza intrínseca relacionados a danos psicológicos, de saúde pública e de perdas de oportunidades econômicas.



Com base nas manchas determinadas neste trabalho é possível estimar os prejuízos decorrentes a inundações. Visto que a região é caracterizada por uma ocupação com poder econômico limitado, o prejuízo direto pode ser estimado pelo cruzamento da mancha de inundação com a restituição aerofotogramétrica, verificando o número/área de residências atingidas. Com a área de edificações atingidas e o custo do CUB PIS (Projeto Interesse Social), fornecido pelo Sinduscon - RS, cujo valor é de R\$905,03/m<sup>2</sup> (Junho/2016), foi possível quantificar o prejuízo direto com a inundação das edificações. Considerou na estimativa desse prejuízo direto, a reposição de 30% do valor inerente as benfeitorias, sem valorização dos danos nas áreas do lote. Esse valor foi obtido na curva comprometimento da residência x N.A fornecida pelo Simons *et al.* (1977). As áreas de edificações a serem indenizadas foram calculadas com base no levantamento aerofotogramétrico e cruzamento das manchas de inundações para diferentes tempos de retorno.

Para o levantamento dos danos indiretos, Vaz (2015) comenta que esse valor normalmente é estimado a partir dos danos diretos calculados. Existem diversos autores que fornecem estimativas percentuais desses custos indiretos. Vieira (1970) assumiu que os custos indiretos são na faixa de 20%. Já para James e Lee *apud* Canholi (2005), os danos indiretos são um percentual do dano direto conforme o tipo de ocupação, a seguir.

Quadro 70. Danos Indiretos sobre Danos Diretos

Ocupação	Percentual de Danos Indiretos sobre Danos Diretos (%)
Área Residencial	15
Área Comercial	37
Industrial	45
Serviços	10
Propriedades Públicas	34
Agricultura	10
Auto Estradas	25
Ferrovias	23
Média	25

Fonte: Adaptado de James e Lee *apud* Canholi (2005)

Para o Banco Mundial, com base em levantamentos de danos e prejuízos de quatro grandes desastres que atingiram o Brasil entre os anos de 2008 a 2011, os percentuais de custos indiretos giram na casa de 38% dos custos diretos. O Banco fez o levantamento dos desastres que atingiram as cidades de Pernambuco, Alagoas, Santa Catarina e Rio de Janeiro. A figura a seguir ilustra a relação entre os danos diretos e indiretos, conforme evento estudado.

Figura 104. Percentual de danos diretos e indiretos



Fonte: Banco Mundial





Então para os custos indiretos será adotado um valor da ordem de 35%.

Quadro 71. Edificações atingidas e prejuízo estimado segundo as manchas de inundação

Mancha	Edificações atingidas	Área total edificada (m²)	Prejuízo estimado direto (R\$)	Prejuízo estimado indireto (R\$)	Prejuízo estimado total (R\$)
Evento 2015	5.718	619.236	225.308.147	78.857.851	304.165.998
Interna Atual TR 2 anos	6.644	571.172	221.518.339	77.531.418	299.049.757
Interna Atual TR 5 anos	8.132	718.178	276.311.790	96.709.126	373.020.917
Interna Atual TR 10 anos	8.629	758.364	292.192.651	102.267.427	394.460.079
Interna Atual TR 25 anos	9.626	857.879	329.181.869	115.213.654	444.395.523
Interna Atual TR 50 anos	10.657	960.345	367.312.310	128.559.308	495.871.619
Interna Futura TR 2 anos	7.628	670.210	258.248.047	90.386.816	348.634.863
Interna Futura TR 5 anos	8.615	757.985	291.949.749	102.182.412	394.132.162
Interna Futura TR 10 anos	8.951	788.930	303.711.595	106.299.058	410.010.654
Interna Futura TR 25 anos	9.852	873.517	335.687.727	117.490.705	453.178.432
Interna Futura TR 50 anos	12.510	1.246.808	463.619.593	162.266.858	625.886.451
Gravataí TR 2 anos	1.978	194.613	72.619.181	25.416.713	98.035.894
Gravataí TR 10 anos	2.902	272.191	102.922.306	36.022.807	138.945.113
Gravataí TR 25 anos	3.550	322.332	123.016.039	43.055.614	166.071.653
Gravataí TR 50 anos	5.626	596.468	218.206.430	76.372.251	294.578.681
Gravataí TR 100 anos	7.653	788.295	290.559.187	101.695.716	392.254.903

Fonte: STE (2016)

A Figura 105 apresenta a consolidação das áreas factíveis de inundação descritas no Quadro 71, totalizando uma área total de 53.300.000 m², 25.401 edificações e 2.821.870 m² de edificações.

Figura 105. Mapa com as áreas inundáveis (modelagem)





quando situadas em APPs ou áreas públicas, por exemplo. Essas situações foram verificadas a campo foram moradias junto as margens de cursos d'água, em APPs, frequentemente encontrada na AEH, deixando-as expostas a alagamentos e inundações. Em geral, para inserção das mesmas, é suprimida a mata ciliar dos arroios, afetando a estabilidade das margens, gerando fragilidade geotécnica e ambiental na região. Esses fatores podem levar ao rompimento e solapamento de taludes da calha do arroio, contribuindo para o assoreamento de canais e a intensificação o efeito de extravasamentos da calha menor pelas cheias, além da perda da eficiência de obras de drenagem pluvial existentes.

De acordo com o PMSB (Alvorada, 2012) que agrava as enchentes é a deposição inadequada de resíduos sólidos nos corpos hídricos, ver item 4.4 Resíduos Sólidos, diminuindo a seção de escoamento nos arroios. O PBSA (Alvorada, 2013) estima que 5% dos resíduos chegam aos cursos d'água, isto é, aproximadamente, 3,8 toneladas/dia de resíduos nos corpos d'água, apesar do município ter coleta de lixo em 100% da área urbana. Na AEH, a disposição inadequada de resíduos ao longo das margens de cursos d'água é um fato e traz consequências diretas a drenagem pluvial urbana, como pode ser visto nas fotos apresentadas (Foto 66 a Foto 69).



Foto 66. Residências irregulares junto ao arroio Feijó. Alvorada, 17/jul/2015



Foto 67. Residências junto a APP do arroio Águas Belas. Alvorada, 17/jul/2015



Foto 68. Resíduos na APP do arroio Águas Belas. Alvorada, 17/ago/2015



Foto 69. Resíduos depositados junto às margens do arroio São João. Alvorada, 17/ago/2015

Além dos resíduos, o assoreamento dos cursos de água aliado ao comprometimento da rede de drenagem pluvial (Relatório de Levantamento de Dados - referente as redes de macrodrenagem), pela sua inserção abaixo da N.A de cheias impossibilita o escoamento das águas. Cerca de 13km (42%) da macrodrenagem está comprometida em seu funcionamento, por estar abaixo das cotas de inundação verificadas pelas manchas de inundações, operando sob pressão. Isso limita o escoamento das águas pluviais internas, causando transbordamento nas bocas de lobo, agravando os pontos de alagamento e inundações. Soma-se a isso o crescente estado de impermeabilização do terreno na AEH



(42%), causando aumento da velocidade e volume do escoamento superficial na área de estudo.

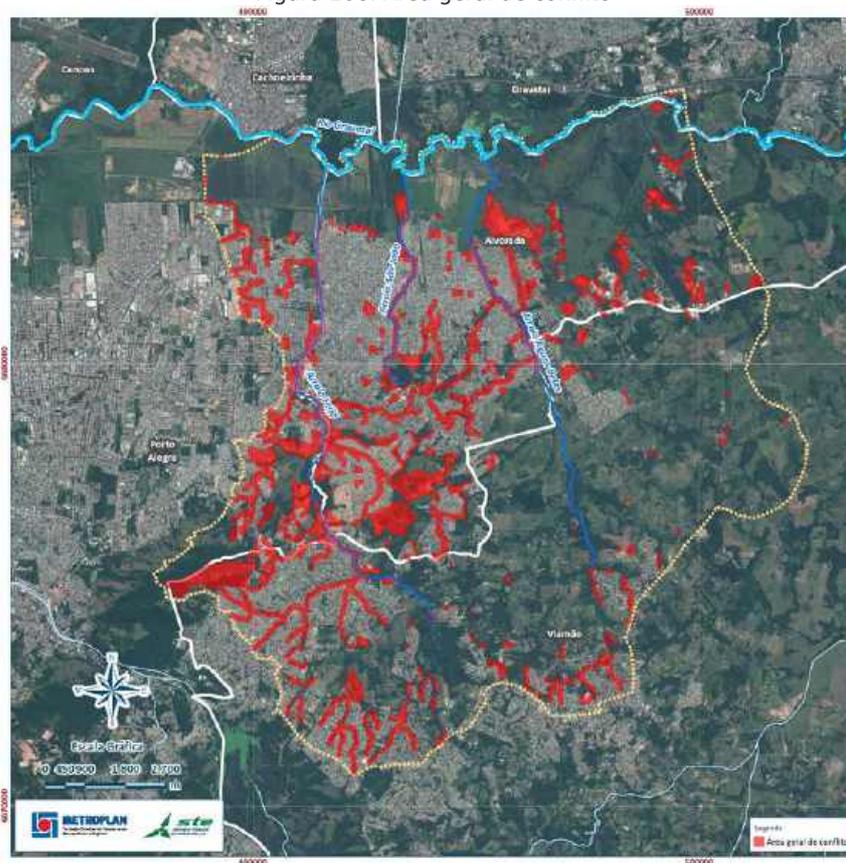
O lançamento de esgoto de forma inapropriada, deteriora a qualidade dos recursos hídricos, inserindo e proliferando focos de doenças de veiculação hídrica a população. As análises de qualidade de água realizadas em campo demonstram a degradação dos cursos de água. Através dessas análises, constatou-se que os impactos sobre a qualidade da água na rede de drenagem da área em estudo são primordialmente de origem orgânica, ou seja, derivados do aporte direto de esgoto sanitário não tratado e de resíduos sólidos dispostos nas bacias que alcançam os corpos d'água através do escoamento superficial, ou jogados diretamente nos arroios.

O fato acima é verificado a partir da determinação dos parâmetros: condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e turbidez, onde constatou-se o comprometimento da qualidade da água a partir das cabeceiras (com menor ocupação e maior proteção vegetal) em direção às partes baixas (exutório), mais ocupadas e impactadas, comprovada principalmente pelos valores crescentes da condutividade elétrica e gradativa redução do oxigênio dissolvido. Esta correlação inversa entre a condutividade e a concentração de oxigênio dissolvido indica que parte da poluição é decorrente da presença de matéria orgânica (tanto de origem industrial como doméstica e urbana em geral) que demanda oxigênio da água no processo bioquímico e químico de degradação (mineralização) desta matéria orgânica. Os parâmetros pH e turbidez não comprometem de forma representativa a qualidade da água nos locais amostrados. Deve-se salientar que a Classificação obtida com as amostras coletadas está de acordo com o Enquadramento Atual previsto no Plano de Bacia.

Afim de consolidar os elementos estudados neste Relatório foi elaborado um mapa (Figura 106) unificando as áreas de conflito oriundas dos temas de planejamento urbano (uso do solo sobre planejado), legislação ambiental (uso do solo sobre APP), processos erosivos (áreas degradadas) e aglomerados subnormais (sobre APP e zonas de preservação dos planos diretores). Esses locais, aqui denominados de área geral de conflito, totalizaram aproximadamente 1.040 ha e representam 7% da AEH.



Figura 106. Área geral de conflito



Vale comentar que na AEH estão sendo previstas obras de ampliação da ETE Alvorada, LT próximas ao Pradinho e arroio Águas Belas, Obras do Plano de Drenagem de Porto Alegre e pontes. Estas obras poderão sofrer interferência das futuras estruturas de proteção contra cheias aqui estudadas.

Por fim como efeito das causas do descarte irregular de resíduos, o assoreamento dos corpos hídricos, a ocupação de áreas em desacordo com o previsto (Figura 106), tem-se as inundações, conforme demonstrado nesse estudo.

E por fim deve-se destacar que a população da área tem como percepção que a Prefeitura não cumpre integralmente com o seus deveres. No entanto, os moradores tem o entendimento que eles também não cumprem de forma adequada o seu papel quando jogam resíduos de maneira errada, realizam lançamentos de efluentes de forma irregular conforme relatado no Relatório da Audiência Pública (Produto 03).



## 5 COMPLEMENTAÇÕES DO RELATÓRIO BASE DE DADOS

Esta complementação refere-se ao Relatório Base de Dados, no que refere-se a capacidade de individualamento dos municípios.

### 5.1 Alvorada

O saneamento básico, em Alvorada, está “distribuído” entre a Prefeitura Municipal e a CORSAN. Cabe à PM: i) Resíduos Sólidos Urbanos; ii) Drenagem Pluvial. Cabe à CORSAN: i) abastecimento de água; ii) esgotamento sanitário.

O Plano de Saneamento de Alvorada (PMSB), contemplando as 4 frentes acima, foi elaborado pela Beck de Souza Engenharia Ltda., publicado em 2013 e abrangendo o período 2014-2033. Os dados e análises a seguir baseiam-se no Relatório Final do mencionado Plano (Relatório 4).

De interesse para o tema do Dique, interessam no Plano de Saneamento, os itens relativos ao Esgotamento Sanitário (CORSAN) e Drenagem Pluvial (Prefeitura Municipal). O item relativo aos Resíduos Sólidos Urbanos (Prefeitura Municipal) tem importância colateral, em virtude do despejo irregular de grandes volumes, o que agrava os alagamentos.

O PMSB de Alvorada, como já foi dito, abrange o período 2014-2033 e é subdividido em investimentos de curto médio e longo prazos (1-5 anos, 6-10 anos, 11-20 anos, respectivamente). O Quadro a seguir resume os investimentos globais previstos.

Quadro 72. Valores de investimentos previstos no município de Alvorada

Plano de Saneamento Básico do Município de Alvorada (2014-2033) em milhões de R\$			
Prefeitura Municipal		CORSAN	
Resíduos Sólidos Urbanos	Drenagem Pluvial	Esgotamento Sanitário	Abastecimento de Água
24	20	23	5

Fonte: PMSB (Relatório Final, p. 166-168).

Como pode ser notado pelo Quadro 72, a Prefeitura Municipal prevê um esforço muito grande na área de RSU (R\$ 24 milhões), alocando uma parcela adicional de R\$ 20 milhões em investimentos de Drenagem Pluvial. Especificamente, quanto a este último item, tem-se: drenagem de 8,5 km de ruas; drenagem de 12 km de ruas, com financiamento do BADESUL; manutenção e conservação de 76,5 km de vias; e manutenção e conservação do dique - este último item concentra 50% dos gastos previstos e deve estar referido a estrutura prevista<sup>7</sup>. Além disso, há a previsão de gastos correntes, ao nível da Secretaria e Obras e Viação, para estudos (de curto, médio e longo prazo) relativos à drenagem pluvial do município.

Quanto ao Esgotamento Sanitário, a CORSAN tem uma previsão de investimentos da ordem de R\$ 23 milhões em 20 anos. Destes, já foram investidos R\$ 6 milhões, estando pronta (mas ainda não operando) a nova ETE do sistema integrado Alvorada -Viamão. Aproximadamente R\$ 13 milhões adicionais, dentro do Plano, são previstos para Custos de Operação, Administração e Operação e para Custos de Extensão da Rede desse sistema integrado.

<sup>7</sup> É importante confirmar se o valor de R\$ 11 milhões previstos (com parcelas a contar a partir de 2019) realmente se referem ao novo Dique.





No Relatório Final da Beck de Souza Engenharia Ltda., foi encontrada uma análise sobre a sustentabilidade financeira do Plano de Saneamento de Alvorada. De acordo com o relatório pode-se citar o seguinte:

- A Prefeitura Municipal possui uma receita anual da ordem de R\$ 266 milhões/ano (dados de 2012), o que permite um superávit operacional. Entretanto, a incorporação de passivo anterior determina um déficit final, o que por sua vez determina que a Prefeitura só poderá vir a ter um superávit efetivo a partir de 2022, desde que haja uma gestão muito bem controlada e afinada nos primeiros 10 anos do plano (o Relatório lista, nas páginas 154-156, as hipóteses subjacentes à consecução desse superávit, em 2022 - crescimento populacional, crescimento da economia, arrecadação, etc.).
- Em virtude do exposto, é muito estreita a margem de manobra da PM para a execução dos investimentos (com recursos próprios) relativos a RSU e Drenagem Pluvial.
- Por outro lado, o Relatório também destaca que a Prefeitura desfruta de condições de endividamento em virtude de 2 pontos favoráveis: i) primeiramente, em virtude de a relação serviço da dívida/ receita total ser da ordem de 1,4%, sendo que o dispêndio anual máximo com amortizações, juros e encargos da dívida não podem ultrapassar 11,5% da receita corrente líquida; ii) em segundo lugar, por que a capacidade de endividamento alcança a ordem de R\$ 280 milhões (1,2 x receita corrente líquida). Assim, nos termos da Resolução nº 43/2001 do Senado Federal (normas para a realização de operação de créditos externos), a Prefeitura, ainda segundo o Relatório, “possui margem para novos dispêndios com a dívida”.

A CORSAN apresenta, no período 2006-2012, um acentuado crescimento de sua receita operacional, que atinge, em 2012, o nível de R\$ 62 milhões, com um resultado operacional de 11,5 milhões. Houve um pico de investimentos em 2009-2010, totalizando R\$ 66 milhões (o Relatório informa que tal volume de investimentos foi possível graças à entrada de Capital de Terceiros). Assim sendo, a previsão é de que, apesar disso, o serviço da dívida (com BB e CEF) se mantenha estável nos próximos anos - da ordem de R\$ 2,5 milhões/ano ou algo como 4% da receita e menos de 20% do resultado.

No dia 03 de junho de 2016 foi realizada uma reunião entre a STE e a Prefeitura Municipal de Alvorada, a mesma aconteceu na Secretaria da Fazenda do Município, tratou-se da Participação/envolvimento da Prefeitura nas obras que estão sendo dimensionadas neste Estudo. Participaram da reunião Túlio Zamin (Secretário da Fazenda), eng. Marco Aurélio Neto (Secretaria de Obras da PM de Alvorada) e economista Eugenio Cánepa (STE).

Destaca-se inicialmente o fato de que as principais informações sobre a situação foram dadas pelo eng. Marcos, uma vez que o Sr. Túlio assumiu a Secretaria da Fazenda municipal há pouco tempo.

Sobre o Plano de Saneamento do Município de Alvorada ficou esclarecido que o mesmo foi elaborado para atender exigências legais e, devido ao seu longo horizonte de planejamento, as hipóteses de base adotadas foram muito específicas e, de certo modo, otimistas. Mesmo assim, ficou evidente a dificuldade de sua realização plena (o superávit efetivo da PM só é atingível em 2022). Além do mais, os anos de 2014 e 2015, devido à recessão em que se



encontra o país, já mostram comprometimento das premissas supostas pelo Plano, logo desde o seu início. A indicação de recursos alocados ao “Dique”, no mencionado Plano de Saneamento, por se tratar de provisão feita antes dos atuais trabalhos, referia-se a estudos e investimentos a serem realizados pela própria Prefeitura, tendo em vista a grave sucessão de inundações que o município sofre (Porto Alegre já tem um perímetro bastante protegido, mas Alvorada não, recebendo águas de Viamão e “sobras” de Porto Alegre). Esse item “caducou”, dados os atuais trabalhos referentes ao Contrato RDC 009.

Sobre o posicionamento da Prefeitura Municipal de Alvorada com referência ao presente Estudos a mesma entende que as dificuldades do município em se integrar construtivamente à obra ora em planejamento não residem nos eventuais problemas financeiros do município, mas sim na absoluta necessidade da criação de um ente supramunicipal (um consórcio, por exemplo) capaz de operar um sistema que abranja áreas de 3 municípios - Porto Alegre, Alvorada e Viamão - cujos interesses são, às vezes, conflitantes (havendo, inclusive, contenciosos entre eles). O eng. Marcos salientou que, no escopo do Contrato RDC 009, consta a tarefa de delineamento da solução institucional que mais adequadamente possibilite a operação do sistema. Destaca-se que a Prefeitura de Porto Alegre através do DEP, também ressaltou a importância de um ente supramunicipal com gestor do sistema.

As autoridades do Município de Alvorada desejam, e esperam, que os Municípios de Porto Alegre e Viamão, realmente participem das Audiências Públicas vindouras (a segunda, a realizar-se no dia 08/06), a fim de que se possa começar uma discussão construtiva sobre os aspectos sistêmicos da obra em estudo. O Secretário Zamin observou que, segundo ele, o problema está colocado de tal forma que é de todo conveniente que a Prefeitura de Alvorada procure equacioná-lo em alto nível político, levando a questão à GRANPAL, para uma ampla discussão.

## 5.2 Porto Alegre

No dia 21 de dezembro de 2015, as 10:30-11:30; na sede do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) de Porto Alegre aconteceu uma reunião entre o Diretor Geral do e a STE S.A. com o objetivo de saber a participação/envolvimento da PMPA, através do DEP, nas obras que estão sendo dimensionadas através desse contrato. Participaram do encontro Sr. Tarso Boelter (DG do DEP), Eng. Magda (DEP), e o economista Eugênio Cânepa (STE S.A.), tem-se as seguintes considerações por parte de. Tarso Boelter:

- Em primeiro lugar, há uma questão muito importante que diz respeito à altura do dique “novo”. Tal altura precisa ser compatibilizada com a do dique de Porto Alegre existente (se for maior, isso implicará obra adicional em todo o dique de Porto Alegre hoje existente);
- Em segundo lugar, dadas as informações trazidas pela eng. Magda, a “solução” que está sendo configurada para o Dique novo implica um grande bombeamento, com equipamentos que possuem escala muito maior do que os operados pelo DEP atualmente. Considerando tal aspecto, bem como a necessidade de pensar as novas bombas como sendo equipadas de geradores próprios, é evidente que o DEP não tem capacidade, com os recursos financeiros e humanos atuais, para a operação e



manutenção da nova estrutura. Além do mais, dado que a Prefeitura de Porto Alegre e a de Alvorada terão que compartilhar a estrutura do Dique na altura do Arroio Feijó (margem esquerda - Porto Alegre; margem direita - Alvorada), é preciso definir uma unidade de gestão na operação e manutenção, uma vez que a administração compartilhada será certamente ineficiente;

- No caso mais provável, de que as obras que vierem a ser realizadas pelo Governo Federal serão “repassadas” aos municípios (Porto Alegre e Alvorada), é necessário que fique bem clara, no RDC da obra, a participação na fiscalização. Caso contrário, ficará comprometido o recebimento por parte dos municípios.

Dado este conjunto de considerações - que contemplam não os aspectos técnicos propriamente ditos, mas sim, a inter-relação entre os agentes envolvidos, Governo Federal, Governo Estadual e Prefeituras de Porto Alegre e Alvorada - o Sr. Tarso é enfático no sentido de que haja, quanto antes, uma reunião dos Prefeitos de Porto Alegre e Alvorada para “acertar os ponteiros”, bem como um acerto de alto nível com o próprio governo estadual.

Observação: o Sr. Tarso considerou muito oportuna a entrevista solicitada pela STE, justamente pelo fato de que ela, de certo modo, encaminha a discussão para um nível decisório mais elevado.



## 6 EQUIPE TÉCNICA

A Consultora alocará ao presente trabalho uma equipe técnica compatível ao serviço ora proposto. Para tanto, serão mobilizados diversos grupos de trabalho, integrados por especialistas e consultores, orientados e coordenados por uma equipe central. Serão privilegiados os consultores com experiência em trabalhos similares, bem como aqueles com experiência direta na área de estudo. As ARTs e RRT dos membros da equipe técnica são apresentadas no Quadro 73.

Quadro 73. Equipe técnica

	Nome	Formação	Nº do Registro profissional
EQUIPE TÉCNICA*	Adriano Peixoto Panazzolo	Eng. Civil	RS 064125
	Athos Roberto Albernaz Cordeiro	Eng. Civil	RS 031064
	Daniel Irigoyen Bolsoni	Eng. Civil	RS 065329
	João Paulo Abreu Lima da Rosa	Eng. Civil	RS 053445
	Roberto Lins Portella Nunes	Arquiteto	A4519-5
EQUIPE DE APOIO	Chaiana Teixeira da Silva	Geógrafa	RS 148333
	Daniela Viegas	Geógrafa	RS 150227
	Letícia Coradini Frantz	Eng. Civil	RS 128158
	Jaime Gomes	Eng. Civil	MG 72016
	Matias Pacheco	Geógrafo	RS130061
	Alexandre Galves	Auxiliar	-



## 7 CRONOGRAMA

Para o desenvolvimento dos trabalhos, o prazo de atendimento será de 180 (cento e oitenta) dias a contar da emissão da ordem de serviço. Destaca-se que para a execução do trabalho neste período deve respeitar as etapas predecessoras elaboradas no Gráfico de Gantt, a seguir, e descritas no Plano de Trabalho Consolidado. Após este Gráfico é apresentado o Cronograma físico-financeiro do Projeto.





## 8 REFERÊNCIAS

WEBER, E.; HASENACK, H. & FERREIRA, C. J. S. 2004. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Centro de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. ISBN 978-85-63843-02-9. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>>.

ABRELPE. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>> Acesso em: 16 out. 2015.

ALVORADA. Secretaria do Planejamento e Habitação. Prefeitura Municipal de Alvorada. **Recuperação Ambiental e Urbanística da Sub-bacia do arroio Feijó**. Alvorada, 2005. 43p.

ALVORADA. **Lei Municipal nº 2.316**, de 05 de Janeiro de 2011. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do município de Alvorada. Alvorada, 2011.

ALVORADA. **Plano Ambiental**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2011.

ALVORADA. **Plano de Saneamento**. Relatório 2: Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água e Sistema de Esgoto, 2012.

ALVORADA. **Plano de Saneamento**. Relatório 3: Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana. 2012.

ALVORADA **Plano Municipal de Contingência de Proteção e Defesa Civil de Alvorada (PLACON)**. 2014.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.157**, de 22 de dezembro de 2000. Abre ao Orçamento Fiscal da União, em favor do Ministério da Integração Nacional e do Ministério do Meio Ambiente, crédito suplementar no valor global de R\$ 23.151.879,00, para reforço de dotações constantes do orçamento vigente. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/l10157.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l10157.htm)> Acesso em: 20 out. 2015.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU 18/03/2005.

BRASIL. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)**, Lei Federal nº 12.305/2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e estabelece princípios, objetivos, instrumentos, inclusive econômicos aplicáveis, e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.462**, de 08 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm)>. Acesso em 20. out. 2015.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em 24 out. 2015.

BRASIL. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID. Arquivo Digital**. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/bdrd/bdrd.html>>. Acesso em: 13 de jul. de 2015.  
CAIS MAUÁ DO BRASIL S.A. **EIA/RIMA Revitalização Cais Mauá**. Elaborado por ABG Engenharia e Meio ambiente. Porto Alegre, 2015. 2 v.



COLETAS. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p\\_secao=109](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=109)>. Acesso em 09 de out. de 2015.

CPRM. 2014. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação município de Porto Alegre/RS.** escala 1:70.000 Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/suscetibilidade/PortoAlegre\\_120215.pdf](http://www.cprm.gov.br/suscetibilidade/PortoAlegre_120215.pdf)>. Acesso em 02 de jul. de 2015.

CUNHA, P. O. V. da. **Plano diretor e configuração espacial:** organização espacial e configuração da malha urbana. 2006. 250 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/11041>>. Acesso em 09 nov. 2015.

DIÁRIO GAÚCHO. **20 dias depois das cheias, cenário é de pós-guerra em Alvorada.** Disponível em: <[http://diariogaucha.clicrbs.com.br/rs/dia\\_a\\_dia/noticia/2015/08/20\\_dias\\_depois\\_das\\_cheias\\_cenario\\_e\\_de\\_pos\\_guerra\\_em\\_alvorada\\_4817576.html](http://diariogaucha.clicrbs.com.br/rs/dia_a_dia/noticia/2015/08/20_dias_depois_das_cheias_cenario_e_de_pos_guerra_em_alvorada_4817576.html)> Acesso em: 25 ago. 2015.

DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.U. (Ed). Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.

DMLU. **DMLU e comunidade extinguem mais quatro focos de lixo.** Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p\\_noticia=179884&DMLU+E+COMUNIDADE+EXTINGUEM+MAIS+QUATRO+FOCOS+DE+LIXO](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_noticia=179884&DMLU+E+COMUNIDADE+EXTINGUEM+MAIS+QUATRO+FOCOS+DE+LIXO)>. Acesso em 19 de out. de 2015.

DMLU. **Resíduo da Construção Civil / Calça.** Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?reg=3&p\\_secao=184](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?reg=3&p_secao=184)>. Acesso em 21 de out. de 2015.

DNOS. Departamento Nacional de Obras de Saneamento. **Estudo de viabilidade técnico-econômica das obras de defesa de Porto Alegre, Canoas e São Leopoldo, contra inundações.** Elaborado pelo Consórcio OTI - ENGEVIX. 1968.

DNOS. Departamento Nacional de Obras de Saneamento. **Projeto Executivo de Proteção contra Inundações da cidade de Alvorada.** Elaborado pela Magna Engenharia LTDA., 1983.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2005. **Manejo da Água em Arroz Irrigado.** Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap10.htm>> Acesso em 02 jul. de 2015.

ESTAÇÃO DE TRANSBORDO. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p\\_secao=110](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=110)>. Acesso em 14 de out. de 2015.

G1. Do dia para noite perdi tudo', diz morador de Alvorada sobre enchente. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2015/07/do-dia-para-noite-perdi-tudo-diz-morador-de-alvorada-sobre-enchente.html>>. Acesso em 26 de ago. de 2015.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Aglomerados Subnormais Informacionais Territoriais.** 2006. Disponível em



<<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000015164811202013480105748802.pdf>>. Acesso em 16 de jul. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Org.). **Censo Demográfico 2010.** Aglomerados subnormais - Primeiros resultados. BRASIL. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000006960012162011001721999177.pdf>>. Acesso em 14 out. 2015.

LIMPEZA URBANA. **Bota Fora do DMLU recolhe 2,36 toneladas de resíduos.** Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal\\_pmpa\\_novo/default.php?p\\_noticia=172330&BOT A+FORA+DO+DMLU+RECOLHE+236+TONELADAS+DE+RESIDUOS](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/default.php?p_noticia=172330&BOT A+FORA+DO+DMLU+RECOLHE+236+TONELADAS+DE+RESIDUOS)>. Acesso em 09 de out. de 2015.

LIMPEZA URBANA. **DMLU recolhe 436 quilos de recicláveis na troca Solidária.** Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal\\_pmpa\\_novo/default.php?p\\_noticia=181351&DMLU+RECOLHE+436+QUILOS+DE+RECICLAVEIS+NA+TROCA+SOLIDARIA](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/default.php?p_noticia=181351&DMLU+RECOLHE+436+QUILOS+DE+RECICLAVEIS+NA+TROCA+SOLIDARIA)>. Acesso em 09 de out. de 2015.

LIMPEZA URBANA. **Saiba onde deixar o lixo que a coleta domiciliar de Porto Alegre não carrega.** **Diário Gaúcho.** Disponível em: <<http://diariogaucha.clicrbs.com.br/rs/dia-a-dia/noticia/2015/04/saiba-onde-deixar-o-lixo-que-a-coleta-domiciliar-de-porto-alegre-nao-carrega-4748744.html>>. Acesso em 09 de out. de 2015.

MEIO AMBIENTE. **Coleta Seletiva de lixo é ampliada em Porto Alegre.** Correio do Povo. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/567973/Coleta-seletiva-de-lixo-e-ampliada-em-Porto-Alegre>>. Acesso em 09 de out. de 2015.

MELLO, Guilherme Xavier de. **Gerenciamento de drenagem urbana : uso de indicadores na análise comparativa da sustentabilidade de medidas de controle.** 2014. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/107534>>. Acesso em 20 out. 2015.

METROPLAN - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. **Fragilidades Físicas da Sub-bacia do arroio Feijó.** Elaborado por Profill Engenharia e Ambiente. 2002.

METROPLAN - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. **Inventário de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA).** Elaborado por Profill Engenharia e Ambiente. 1999.

METROPLAN - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. **Estudo de viabilidade das conexões viárias entre os municípios de Porto Alegre e Alvorada.** 2015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Mapa das Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº 09, de 23 de janeiro de 2007.** Brasília, 2007.

NOTÍCIAS. **Boa Prática Municipal:** destinação dos resíduos da construção civil é regulamentada e fiscalizada em Porto Alegre. 15/07/2014. Disponível em: <<http://www.amvale.org.br/site/noticias/boa-pratica-municipal-destinacao-dos-residuos-da-construcao-civil-e-regulamentada-e-fiscalizada-em-porto-alegre-1836.html>>. Acesso em 22 de out. de 2015.

O ALVORADENSE (Brasil - Alvorada) (Org.). **Depois de mais de cem horas, moradores registram volta d'água.** BRASIL. 2015. 25/07/2015. Disponível em: <<http://oalvoradense.com.br/noticias/geral/33968>>. Acesso em 15 out. 2015.

O ALVORADENSE (Brasil - Alvorada) (Org.). **Enchente em Alvorada se aproxima do nível histórico de 2013.** BRASIL. 2015. 19/07/2015. Disponível em: <<http://oalvoradense.com.br/noticias/geral/33537>>. Acesso em 15 out. 2015.



O ALVORADENSE. **Em mapa interativo, indique pontos de acúmulo de lixo.** 16/01/2013. Disponível em <<http://oalvoradense.com.br/noticias/geral/10778>>. Acesso em 16 de out. de 2015.

O ALVORADENSE. **Prefeitura estima que prejuízos causados pela enchente cheguem a R\$ 20 milhões.** 04/09/2013. Disponível em: <<http://oalvoradense.com.br/noticias/geral/18724>>. Acesso em 25 de ago. de 2015.

PORTO ALEGRE. **Aerolevantamento de Porto Alegre**, 2010.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 728**, de 08 de janeiro de 2014. Institui o Código Municipal de Limpeza Urbana, pelo qual são regidos os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos.

PORTO ALEGRE. **Lei Municipal nº 10.847**, de 09 de março de 2010. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e cria o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Porto Alegre.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) - Livro.** Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999, atualizada e compilada até a Lei Complementar nº 667, de 3 de janeiro de 2011, incluindo a Lei Complementar 646, de 22 de julho de 2010. Porto Alegre, 2011. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2010. Download de shapefiles. Disponível em: <[http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu\\_doc/pddua\\_shp.zip](http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/pddua_shp.zip)>. Acesso em 16 de jul 2015.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) de Porto Alegre.** Elaborado por Ecoplan Engenharia LTDA. 2011.

PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Volume 1: Diagnóstico e Prognóstico**, 2013.

PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Saneamento Básico Modalidade: Abastecimento de Água**, 2013.

PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Saneamento Básico Modalidade: Abastecimento de Esgoto**, 2013.

REBHEIN, Moises Ortemar. **Análise ambiental urbana vila augusta/viamão/RS.** 2005. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RESÍDUOS. **Capital Inaugura Central de Reciclagem de Resíduos da Construção.** Prefeitura de Porto Alegre. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal\\_pmpa\\_novo/default.php?p\\_noticia=165667](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/default.php?p_noticia=165667)>. Acesso em 26 de out. de 2015.

RIGATTI, Décio. Loteamentos, expansão e estrutura urbana. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, v. 1, n. 15, p. 35-69, out. 2002. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/40195>>. Acesso em 20 out. 2015.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Programa de Pesquisas em Saneamento Básico - PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009 396p. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5\\_tema\\_4.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf)>. Acesso em 09 nov. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS).** 2015. Disponível em: <<http://www.pers.rs.gov.br/noticias/arq/ENGB-SEMA-PERS-RS-40-Final-rev01.pdf>>. Acesso em 21 de out. de 2015



RIO GRANDE DO SUL. **CORSAN conclui obras emergenciais de prevenção contra enchentes na Região Metropolitana.** BRASIL. 2015. Disponível em: <<http://www.rs.gov.br/conteudo/224678/corsan-conclui-obras-emergenciais-de-prevencao-contras-enchentes-na-regiao-metropolitana>>. Acesso em 15 out. 2015.

S2ID, Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Pesquisa entre 1940 a 2012. **Banco de Dados e Registros de Desastres.** Arquivo Digital do Planejamento Nacional para Gestão de Riscos (PNGR). Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/bdrd/bdrd.html>>. Acesso em 20 de jun. de 2015.

SALINET, Roberta. **Com enchente, prejuízos já chegam a R\$ 20 milhões em Alvorada, RS.** G1. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/09/com-enchente-prejuizos-chegam-r-20-milhoes-em-alvorada-rs.html>>. Acesso em 25 de agosto de 2015.

SALOMÃO, F. X. T., & IWASA, O. Y. 1995. Erosão e a ocupação rural e urbana. In BITAR, O.Y. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo cap.3, p.31-57.

SCHEREN, Rudimar Schuster. **Urbanização na Planície de Inundação do rio Gravataí - RS.** 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/87987>>. Acesso em 25 out. 2015.

SCIREA, Bruna. **Um mês depois das chuvaradas, famílias ainda lidam com prejuízos e medo.** Zero Hora. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/08/um-mes-depois-das-chuvaradas-familias-ainda-lidam-com-prejuizos-e-medo-4825694.html>>. Acesso em 25 de ago. de 2015.

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2006.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.** Relatório Final. Elaborado por Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A., 2011.

SEU PROBLEMA É NOSSO. **Lixo irregular é um problema sério na Vila Americana, em Alvorada.** Diário Gaúcho. Disponível em: <<http://diariogauchoclicrbs.com.br/rs/dia-a-dia/noticia/2015/06/lixo-irregular-e-um-problema-serio-na-vila-americana-em-alvorada-4783248.html>>. Acesso em 09 out. 2015.

SIMONS, D.B. et al. 1977. **Flood flows, stages and damages.** Fort Collins: Colorado State University.

SIRANGELO, Fabiana Rauber. **Relação entre a ocorrência de inundações e enxurradas e os índices morfométricos das sub-bacias hidrográficas da Região Hidrográfica do Guaíba - RS, Brasil.** 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & PINTO, L. F. S. 2008. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2ª Edição. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR. 222p.

STROHAECKER, Tania Marques. **A Urbanização no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul:** contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa. 2007. 398 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências, Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/10086>>. Acesso em 30 nov. 2015.

TRAININI, D.R.; RANDAZZO, M.A.; ORLANDI FILHO, V; BAPTISTA, P.R.D. 1994. **Suscetibilidade à erosão da bacia do rio Gravataí-RS.** Porto Alegre, CPRM/METROPLAN. 19 p. (Série Cartas Temáticas, v.



TRIUNFO/CONCEPA (Porto Alegre). **Quarta faixa Free Way**. 2015. Disponível em: <<http://www.triunfoconcepa.com.br/quartafaixa/Default.aspx>>. Acesso em: 04 nov. 2015.  
TRIUNFO/CONCEPA. **Vias Laterais à Free Way**. Porto Alegre: Triunfo/Concepa, 2015. 4 slides, color, 29,7 x 21.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Rio Grande do Sul**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012. 93 p. Volume Rio Grande do Sul, ISBN 978-85-64695-23-8.

URBANIDADES - Urbanismo, Planejamento Urbano e Planos Diretores. **Zoneamento e Planos Diretores**. Disponível em: < <http://urbanidades.arq.br/2007/11/zoneamento-e-planos-diretores/>>. Acesso em 16 jul. 2015.

VALENTI, Eduardo da Silva. **Modelo cartográfico digital temático para simulação e previsão de inundação no município de Porto Alegre**. 2010. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VAZ, Valéria Borges. **Avaliação do custo do risco de inundações urbanas**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

VIAMÃO. **Lei municipal nº 4.154/2013 de 27 de março de 2013**. Institui o Plano Diretor, define princípio, políticas, estratégias e instrumentos para o desenvolvimento municipal e para o cumprimento da função social da propriedade no município de Viamão e dá outras providências. Viamão, 2013.

VON SPERLING, M. 1995. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. 240 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).



## 9 ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Inundação

Anexo 2. Mapa da Modelagem da Mancha de Inundação de 2015

Anexo 3. Mapa das Manchas de Inundação do Rio Gravataí Modelagem

Anexo 4. Mapa de Solos

Anexo 5. Mapa de Solos Bacia do Rio Gravataí

Anexo 6. Mapa dos Grupos Hidrológicos

Anexo 7. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Anexo 8. Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia do Rio Gravataí

Anexo 9. Mapa de amostragem da área impermeável

Anexo 10. Mapa de Densidade Líquida Atual (hab/ha)

Anexo 11. Mapa de Densidade Líquida Futura (hab/ha)

Anexo 12. Mapa de Densidade Futura x Densidade de Planos Diretores

Anexo 13. Mapa do Parâmetro CN Atual

Anexo 14. Mapa do Parâmetro CN Futuro

Anexo 15. Mapa do Parâmetro CN Atual Bacia do Rio Gravataí

Anexo 16. Mapa das Manchas de Inundação dos Arroios Internos (Cenário Atual)  
Modelagem

Anexo 17. Mapa das Manchas de Inundação dos Arroios Internos (Cenário Futuro)  
Modelagem

Anexo 18. Mapa dos Processos Erosivos

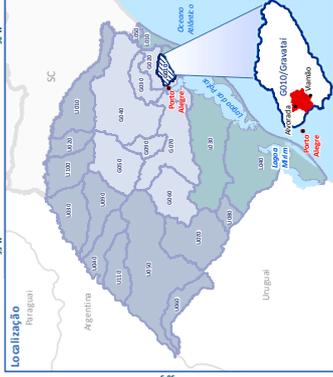
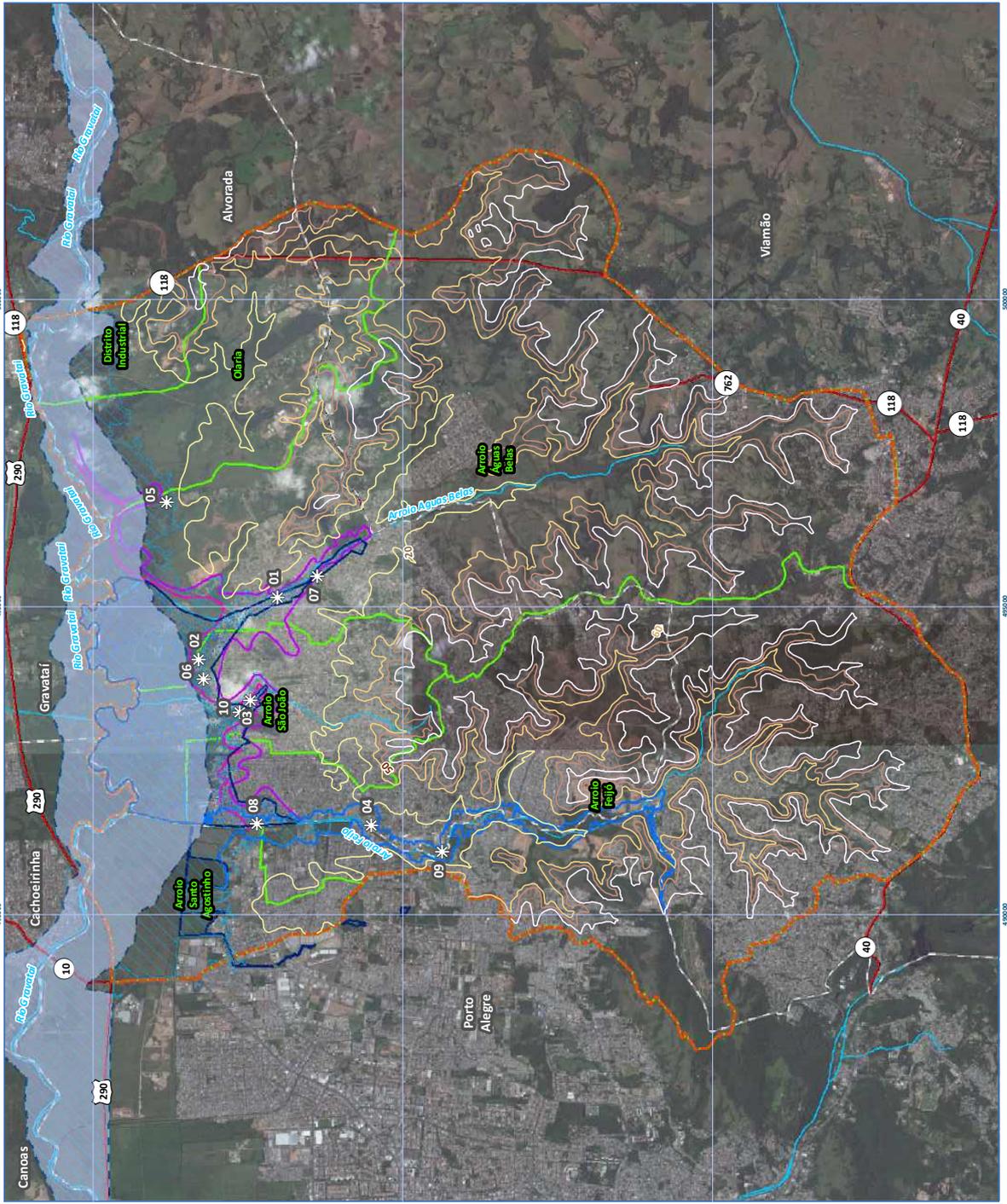
Anexo 19. Mapa de Resíduos



## Anexo 1. Mapa de Inundação



# Mapa de Inundação



**Legenda**

- Localidades Entrevistadas (STE, 2015)
- Sistema Viário (DNER, 2014)
- Curvas de nível (HASSENACK & WEBER, 2010)
  - 20
  - 40
  - 50
  - 60
- Hidrografia (HASSENACK, 2010)
- Polígono de Inundação - 1941 (PMA, 2011)
- Polígono de Inundação - 1948 (PMA, 2011)
- Inundação TR=100 anos Arroio São João (DEP, 2012)
- Inundação TR=100 anos Arroio Feijó (DEP, 2012)
- Polígono de Inundação - 2015 (PMA, 2015)
- Polígono de Inundação (Defesa Civil, 2013)
- Mancha de Inundação TR=100 anos PRRG (PRRG, 2012)
- Área de estudo hidroológico (STE, 2015)
- Bacias hidrográficas de planejamento (STE, 2015)
- Limite municipal (IBGE, 2013)

**Informações cartográficas**

Escala: 1:65.000  
 750 375 0 750 1.500 m

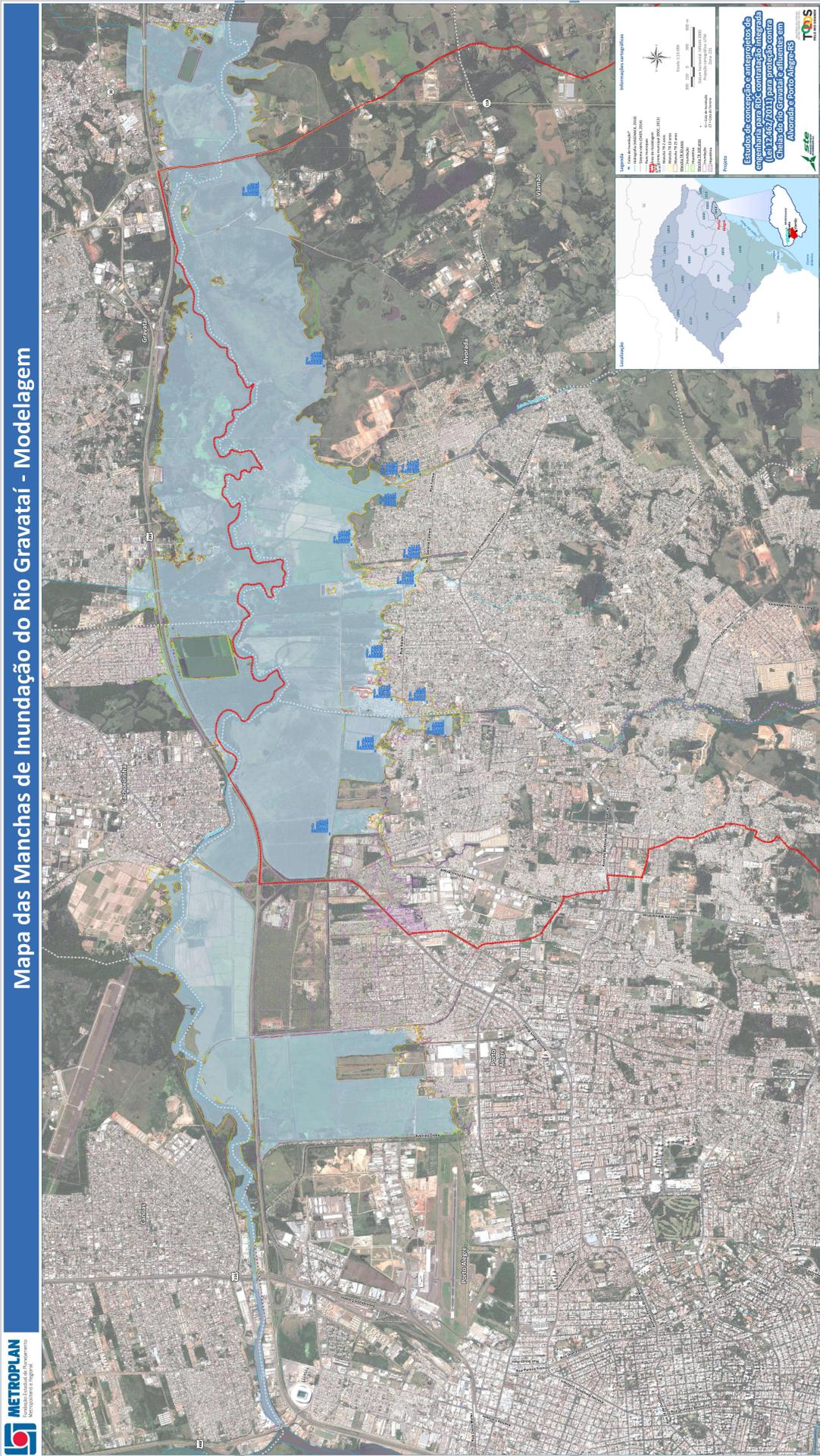
Datum horizontal: SIRGAS 2000  
 Projeção cartográfica: UTM  
 Zona: 22S

**Projeto**

**Estudos de concepção e anteprojetos de engenharia para RDC contratação integrada (Lei 12.462/2011) para proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre-RS**



## Anexo 2. Mapa da Modelagem da Mancha de Inundação de 2015

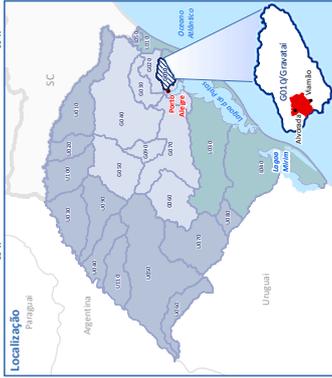




### Anexo 3. Mapa das Manchas de Inundação do Rio Gravataí - Modelagem



Mapa da Modelagem da Mancha de Inundação de 2015



- Legenda**
- Cotas de Inundação\*
  - Sistema viário (DAER, 2014)
  - Hidrografia (HASENACK, 2010)
  - Área de modelagem
  - Modelagem 2015
  - Inundação
  - Hipotética
  - Limite municipal (IBGE, 2013)

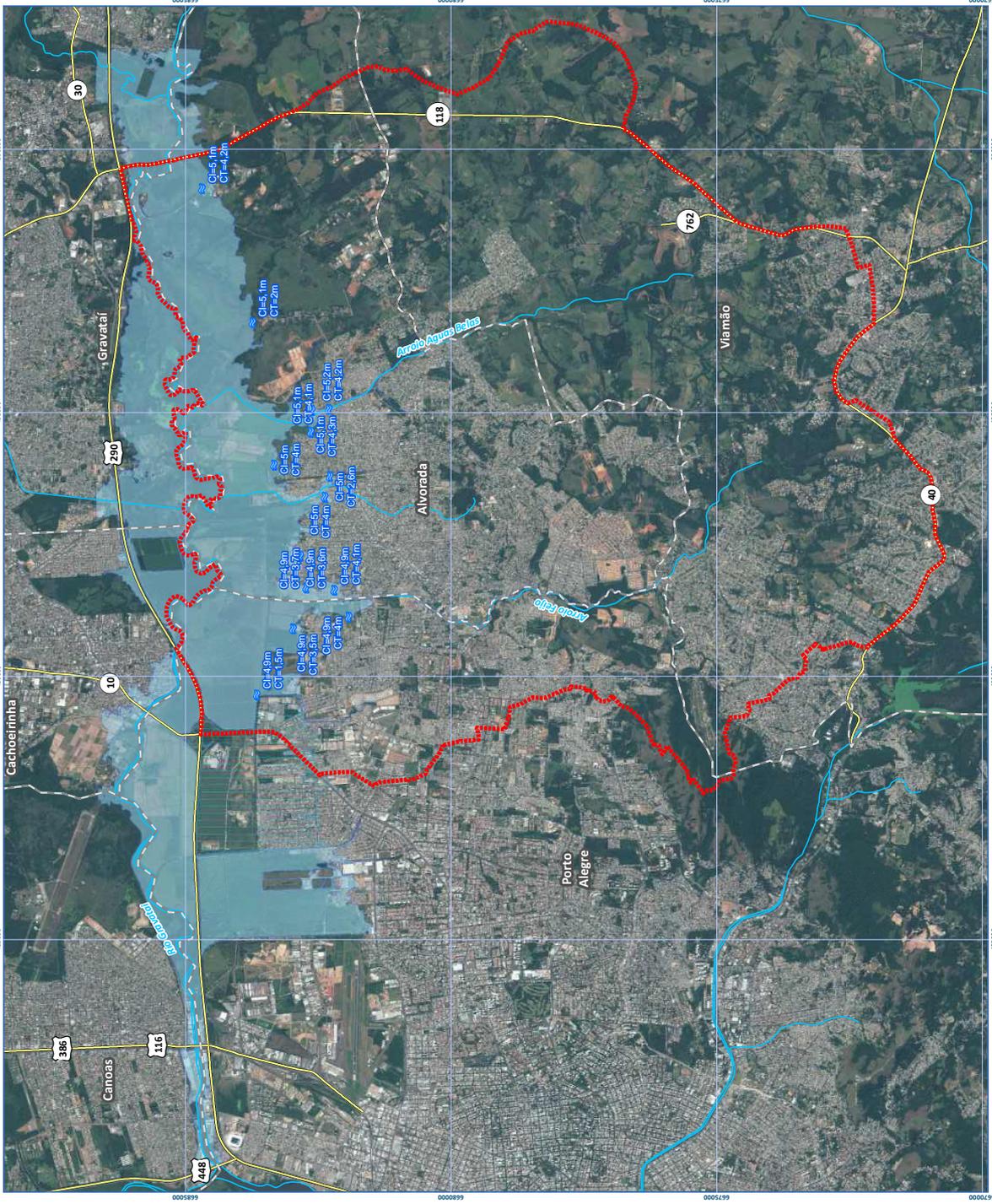
\* Ci = Cota de Inundação  
CT = Cota do Terreno

Informações cartográficas



Projeto

**Estudos de concepção e anteprojeto de engenharia para RDC contratação integrada (Lei 12.462/2011) para proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre-RS**

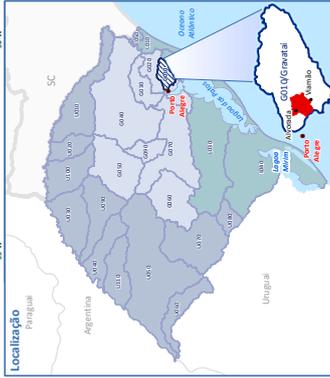




## Anexo 4. Mapa de Solos



Mapa de Solos



- Legenda**
- Hidrografia (HASENACK, 2010)
  - Demais cursos d'água
  - Rio Gravata e demais Arroios
  - Sistema viário (DAER, 2014)
  - Rodovias estaduais
  - Rodovias federais
  - Área de modelagem (STE, 2015)
  - Limite do Mapa de Solos de Porto Alegre (STE, 2015)
  - Limite municipal (IBGE, 2013)
  - Pedologia (Weber, 2013)
  - Planossolo/Glei pouco húmido
  - Argissolo Vermelho-Amarelo
  - Associação Argissolo Vermelho-Amarelo/Argissolo Vermelho
  - Assoc. Neossolos Litólicos/Cambissolos/Afloramentos de rochas

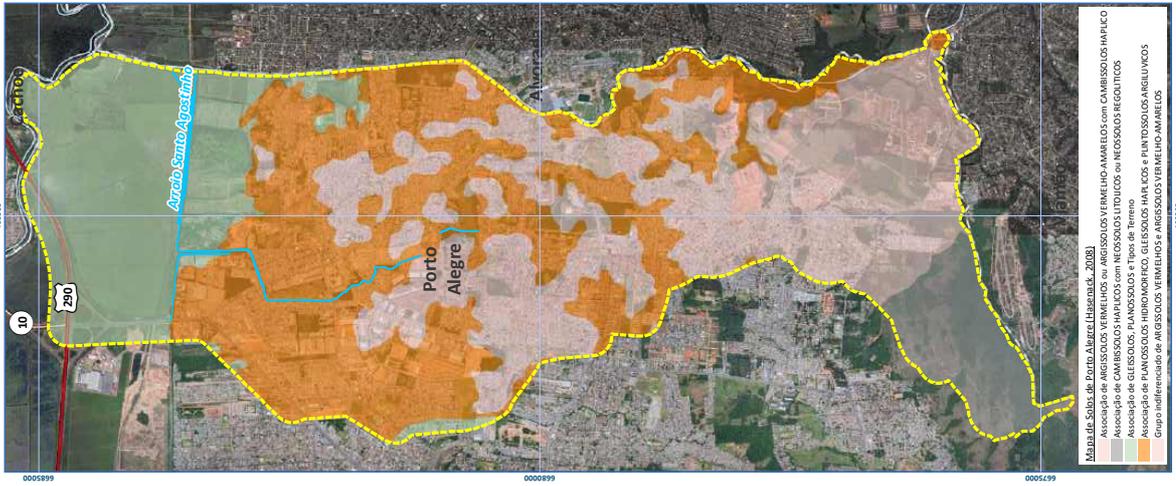
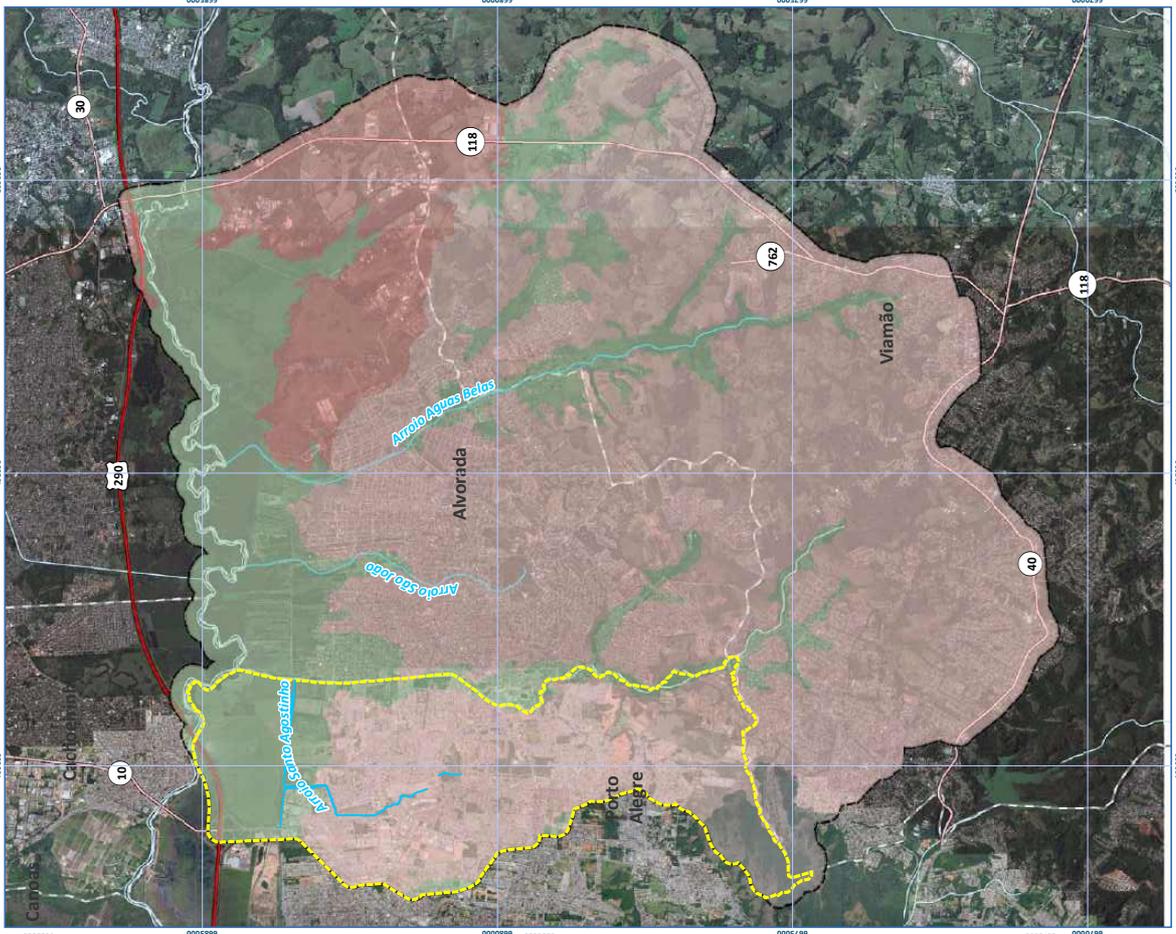
**Informações cartográficas**

Escala: 1:80.000  
750 375 0 750 1.500 m

Datum horizontal: SIRGAS 2000  
Projeção cartográfica: UTM  
Zona: 22S

**Projeto**

Estudos de concepção e anteprojeto de engenharia para RDC contratação integrada (Lei 12.477/2011) para proteção contra cheias do rio Gravata e afluentes em Alvorada e Porto Alegre-RS





## Anexo 5. Mapa de Solos - Bacia do Rio Gravataí