

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ

Contrato nº 004/2015



ETAPA - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS

PRODUTO 12

PROJETOS DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES



CONTRATO N.º: 004/2015		ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DE CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ			
DOCUMENTO N.º: RT-EA-06-2018-ACV-01-01		PRODUTO 12 PROJETOS DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES			
Revisão	Data	Descrição	Elaborado p/	Aprovado p/	Status
R00	08/06/2018	Emissão inicial	Consórcio Gravataí	METROPLAN	PARECER
R01	06/09/2018	Revisão mapas C1 e mapa de risco	Consórcio Gravataí	METROPLAN	Para aprovação
Elaboração		Cliente		Responsáveis Técnicos	
CONSÓRCIO GRAVATAÍ		METROPLAN		Engº ORGEL CARVALHO FILHO CREA RS 087284 Engº LUCIANO BEZERRA CREA RS 055454 Engº WELLINGTON COIMBRA LOU CREA RJ 22414-D	

EQUIPE TÉCNICA

Equipe Principal:

- Eng. Orgel de Oliveira Carvalho Filho;
- Eng. Ricardo de Magalhães Santiago;
- Eng. Luciano Bezerra da Silva;
- Eng. José Carlos Leite Diehl;
- Eng. Wellington Coimbra Lou;
- Eng. José Augusto Jordão Castro;
- Arq. Clarice Debiagi;
- Soc. Roseli Kepeler.

Equipe Complementar:

- Eng. Lawson Beltrame;
- Eng. Lucas Rangel Martins;
- Eng. Thiago Araldi;
- Eng. Luiz Borges Costa;
- Eng. Carlos Wagner da Motta Meirelles;
- Eng. Alexandre Augusto Mees Alves;
- Eng. Joel Avruch Goldenfum;
- Eng. Osmar Wohl Coelho;
- Eng. Elizeu Benetti;
- Eng. Maurício Dambros Melati;
- Eng. Aline de Ávila Ferreira;
- Econ. Clóvis Souza;
- Econ. Otávio Pereira.

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	14
2	INTRODUÇÃO	16
3	PROJETOS DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES	17
3.1	Área de Estudo	17
3.2	Objetivos do Relatório	17
3.3	Planejamento Geral	18
3.3.1	Horizonte de Planejamento	19
3.3.2	Unidades de Análise Espacial	19
3.4	Estudo de Alternativas de Cenários de Intervenção	20
3.4.1	Premissas e Diretrizes	20
3.4.2	Diagnóstico por Unidade de Análise Espacial	25
3.4.3	Composição dos Cenários	31
3.4.4	Identificação de Projetos de Intervenções Existentes na Bacia	34
3.5	Conceitos e Diretrizes do Zoneamento de Áreas Inundáveis	44
3.6	Cenário de Convivência com Cheias e Estiagens (C0)	48
3.6.1	Análise das Cheias - Cenário Futuro de Desenvolvimento Urbano	50
3.6.1	Quantificação de Edificações Atingidas	65
3.6.2	Análise das Estiagens	68
3.7	Cenário de Alternativas 1 (C1)	76
3.7.1	Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais	83
3.7.2	Zoneamento das Áreas Inundáveis - Cenário 1	84
3.7.3	Estimativas dos Custos de Implantação, Operação e Manutenção das Intervenções	91
3.8	Cenário de Alternativas 2 (C2)	97
3.8.1	Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais	105
3.8.2	Zoneamento de Áreas Inundáveis	123
3.8.3	Estimativas dos Custos de Implantação, Operação e Manutenção das Intervenções C2	130
3.9	Estiagens - Alternativa Única - Política de Gestão dos Recursos Hídricos	142
3.9.1	Orçamento para Regularização e Fiscalização de Outorgas	153
3.10	Recuperação de Regiões Degradadas - Banhado Grande - Alternativa Única	153
3.10.1	Contextualização e Justificativa	153
3.10.2	Concepção das Obras	158
3.10.3	Orçamento das Obras para Revitalização das Áreas Degradadas	174
3.11	Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta - Alternativa Única	176
3.11.1	Diagnóstico do Sistema Atual	176
3.11.2	Proposição de Melhorias - Cenários 1 e 2	184
3.11.3	Orçamento das Melhorias no Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta de Cheias	185
3.12	Seguros de Cobertura de Inundações - Alternativa Única	186
3.12.1	Revisão	186
3.12.2	Diagnóstico e Proposições - Cenários 1 e 2	197

4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	198
5	ANEXO	201
5.1	Cenário 0	201
5.1.1	Resultados Hidrológicos para Cenário 0	204
5.1.2	Mapas de Resultados Hidrológicos para o Cenário 0	210
5.1.3	Mapas de Inundação para Cenário 0	233
5.2	Cenário 1	254
5.2.1	Resultados Hidrológicos para Cenário 1 e 2	256
5.2.2	Mapas de Resultados Hidrológicos para o Cenário 1 e 2	259
5.2.3	Mapas de Inundação para o Cenário 1	275
5.2.4	Diferenças de elevação no nível d'água entre os Cenário 0 e 1	293
5.2.5	Zoneamento C1	305
5.3	Cenário 2	317
5.3.1	Mapas de Inundação para o Cenário 2	319
5.3.2	Diferenças de Elevação no Nível D'água entre os Cenário 0 e 2	337
5.3.3	Zoneamento C2	349
5.4	Mapa de Perigo	361
5.5	Anteprojetos	364
5.5.1	Dique Porto Alegre - Elevação Vila Dique	369
5.5.2	Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste	373
5.5.3	Dique Porto Alegre - Sarandi Leste	377
5.5.4	Dique Cachoeirinha	381
5.5.5	Dique Gravataí	385
5.5.6	Banhado Grande	389
5.6	Métodos Comparativos	409
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	418

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Situação e localização da Bacia do Rio Gravataí.....	17
Figura 2 - Bacia do Rio Gravataí - área inundada para TR 100 anos	27
Figura 3 - Baixo Gravataí - Região Inundada de Porto Alegre - área inundada para TR 100 anos	28
Figura 4 - Baixo Gravataí - Região Inundada de Cachoeirinha - área inundada para TR 100 anos.....	29
Figura 5 - Baixo Gravataí - Região Inundada de Gravataí - área inundada para TR 100 anos	30
Figura 6 - Traçado do Dique Principal na Solução Corta Rio	39
Figura 7 - Traçado dos diques na Solução Diques Internos.....	40
Figura 8 - Linha de levantamento geotécnico no possível eixo da obra.....	43
Figura 9 - Planície de Inundação, Zona de Passagem de Cheias e com Restrições de Ocupação	45
Figura 10 - Diagrama do perigo de inundação.....	46
Figura 11 - Cenário Tendencial (C0) - projeção das áreas de expansão urbana.....	51
Figura 12 - Áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial - TR 5	54
Figura 13 - Áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial - TR 10	55
Figura 14 - Áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial - TR 25	56
Figura 15 - Áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial - TR 50	57
Figura 16 - Áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial -TR 100	58
Figura 17 - Níveis d'água nas condições atuais e no cenário tendencial (C0) - TR 5 anos	60
Figura 18 - Níveis d'água nas condições atuais e no cenário tendencial (C0) - TR 10 anos	61
Figura 19 - Níveis d'água nas condições atuais e no cenário tendencial (C0) - TR 25 anos	62
Figura 20 - Níveis d'água nas condições atuais e no cenário tendencial (C0) - TR 50 anos	63
Figura 21 - Níveis d'água nas condições atuais e no cenário tendencial (C0) - TR 100 anos	64
Figura 22 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia.....	74
Figura 23 - Área plantada de arroz x área plantada efetiva média anual na bacia	75
Figura 24 - Baixo Gravataí - Zoneamento ilustrativo no Cenário 1	78
Figura 25 - Zoneamento ilustrativo na região de Porto Alegre no Cenário 1	79
Figura 26 - Zoneamento ilustrativo na região do município de Cachoeirinha no Cenário 1	80
Figura 27 - Zoneamento ilustrativo na região do município de Gravataí no Cenário 1	81
Figura 28 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções	85
Figura 29 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com aterros.....	86
Figura 30 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1	89
Figura 31 - Definição da Zona de Passagem de Cheias - Baixo e Médio Gravataí.....	90
Figura 32 - Mapa geral do Baixo Gravataí com a localização dos eixos dos diques - Cenário 2	100
Figura 33 - Mapa da região de Porto Alegre com a localização dos eixos dos diques - Cenário 2	101
Figura 34 - Mapa da região de Cachoeirinha com a localização dos eixos dos diques - Cenário 2	102
Figura 35 - Mapa da região de Gravataí com a localização dos eixos dos diques - Cenário 2	103
Figura 36 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Gravataí	106
Figura 37 - Localização das intervenções de revitalização das áreas a jusante e no Banhado Grande .	107
Figura 38 - Planta da elevação do dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique.....	108
Figura 39 - Seção-tipo da elevação dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique. ..	109

Figura 40 - Volumes dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique.	110
Figura 41 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.....	111
Figura 42 - Seção-tipo do dique proposto a oeste no Bairro Sarandi em Porto Alegre.....	112
Figura 43 - Volumes do dique proposto a oeste no Bairro Sarandi em Porto Alegre	113
Figura 44 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.....	114
Figura 45 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre.....	115
Figura 46 - Esquema gráfico dos volumes do dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre	116
Figura 47 - Dique proposto em Cachoeirinha e sistema de bombeamento.....	117
Figura 48 - Seção-tipo dique de proteção em Cachoeirinha.....	118
Figura 49 - Esquema gráfico dos volumes do dique de proteção Cachoeirinha	119
Figura 50 - Dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí e sistema de bombeamento.....	120
Figura 51 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí.....	121
Figura 52 - Esquema gráfico dos volumes do dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí.....	122
Figura 53 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções	125
Figura 54 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com diques	125
Figura 55 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2.....	128
Figura 56 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Baixo Gravataí.....	129
Figura 57 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia Cenário 0 e 1	147
Figura 58 - Déficit médio anual percentual nas captações dentro da Bacia, $Q_{90\%}$ Cenário 2	149
Figura 59 - Déficit médio anual volumétrico nas captações dentro da Bacia, $Q_{90\%}$ Cenário 2	149
Figura 60 - Déficit médio anual percentual nas captações dentro da Bacia, $Q_{85\%}$ Cenário 2	150
Figura 61 - Déficit médio anual volumétrico nas captações dentro da Bacia, $Q_{85\%}$ Cenário 2	150
Figura 62 - Déficit médio anual percentual nas captações dentro da Bacia, 50% $Q_{85\%}$ e $Q_{90\%}$	151
Figura 63 - Déficit médio anual volumétrico nas captações dentro da Bacia, 50% $Q_{85\%}$ e $Q_{90\%}$	151
Figura 64. Enquadramento conceitual para o uso racional das zonas húmidas	157
Figura 65 - Perfil longitudinal do fundo do Canal do DNOS.....	159
Figura 66 - Perfil comparativo das cotas de fundo dos meandros e do canal	160
Figura 67 - Perfil atual da linha d'água no canal do DNOS e amplitude de cotas	161
Figura 68 - Perfil longitudinal do Canal do DNOS com asoreamento	163
Figura 69 - Diferentes condições hidráulicas para passagem de fauna.	165
Figura 70 - Localização do Canal do DNOS (em vermelho).....	166
Figura 71 - Localização dos pequenos barramentos galgáveis.....	168
Figura 72 - Seção transversal tipo dos barramentos galgáveis em Gabiões	170
Figura 73 - Planta-baixa tipo dos barramentos galgáveis em gabiões	171
Figura 74 - Seção-tipo longitudinal dos barramentos galgáveis em gabiões.	172
Figura 75 - Estações pluviométricas e fluviométricas da rede de monitoramento - SEMA	177
Figura 76 - Municípios monitorados pelo CEMADEN.	179
Figura 77 - Estações pluviométricas e fluviométricas da rede de monitoramento do CEMADEN	181
Figura 78 - Alertas emitidos pelo CEMADEN.....	182
Figura 79 - Fluxograma de ações.	183
Figura 80 - Número de eventos de inundação registrados	186

Figura 81 - Eventos de inundação por país	187
Figura 82 - Elementos de risco	192
Figura 83 - Análise da Consistência dos Resultados Hidrológicos para o Cenário 0 - TR 5 anos	207
Figura 84 - Análise da Consistência dos Resultados Hidrológicos para o Cenário 0 - TR 10 anos	207
Figura 85 - Análise da Consistência dos Resultados Hidrológicos para o Cenário 0 - TR 25 anos	208
Figura 86 - Análise da Consistência dos Resultados Hidrológicos para o Cenário 0 - TR 50 anos	208
Figura 87 - Análise da Consistência dos Resultados Hidrológicos para o Cenário 0 - TR 100 anos	209
Figura 88 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: bacias - C0, C1 e C2 ..	211
Figura 89 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: trechos - C0, C1 e C2 ..	212
Figura 90 - Cenário 0 - Classificação do coeficiente CN para as sub-bacias do modelo - C0, C1 e C2 ..	213
Figura 91 - Cenário 0 - Percentual de impermeabilização na bacia do Gravataí - C0, C1 e C2	214
Figura 92 - Vazões com TR 5 anos - C0	218
Figura 93 - Vazões com TR 10 anos - C0	219
Figura 94 - Vazões com TR 25 anos - C0	220
Figura 95 - Vazões com TR 50 anos - C0	221
Figura 96 - Vazões com TR 100 anos - C0	222
Figura 97 - Cenário 0 - Vazão Q85%	229
Figura 98 - Cenário 0 - Vazão Q90%	230
Figura 99 - Cenário 0 - Vazão Q95%	231
Figura 100 - Cenário 0 - Vazão Q99%	232
Figura 101 - Escopo da área de modelagem hidrodinâmica - C0, C1 e C2	234
Figura 102 - Dados planialtimétricos utilizados - C0, C1 e C2	235
Figura 103 - Coeficiente de Rugosidade de Manning - C0, C1 e C2	236
Figura 104 - Articulação dos Mapas de Inundação - C0	237
Figura 105 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 5 anos - situação geral - C0	238
Figura 106 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 10 anos - situação geral - C0	239
Figura 107 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 25 anos - situação geral - C0	240
Figura 108 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 50 anos - situação geral - C0	241
Figura 109 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 100 anos - situação geral - C0	242
Figura 110 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 1 - C0	243
Figura 111 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 2 - C0	244
Figura 112 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 3 - C0	245
Figura 113 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 4 - C0	246
Figura 114 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 5 - C0	247
Figura 115 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 6 - C0	248
Figura 116 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 7 - C0	249
Figura 117 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 8 - C0	250
Figura 118 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 9 - C0	251
Figura 119 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 10 - C0	252
Figura 120 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 11 - C0	253
Figura 121 - Cenário 1 e 2 - Vazões com TR 5 anos	260

Figura 122 - Cenário 1 e 2 - Vazões com TR 10 anos	261
Figura 123 - Cenário 1 e 2 - Vazões com TR 25 anos	262
Figura 124 - Cenário 1 e 2 - Vazões com TR 50 anos	263
Figura 125 - Cenário 1 e 2 - Vazões com TR 100 anos	264
Figura 126 - Cenário 1 e 2 - Vazão Q85%	271
Figura 127 - Cenário 1 e 2 - Vazão Q90%	272
Figura 128 - Cenário 1 e 2 - Vazão Q95%	273
Figura 129 - Cenário 1 e 2 - Vazão Q99%	274
Figura 130 - Articulação dos Mapas de Inundação - C1	276
Figura 131 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 5 anos - situação geral C1	277
Figura 132 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 10 anos - situação geral C1	278
Figura 133 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 25 anos - situação geral C1	279
Figura 134 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 50 anos - situação geral C1	280
Figura 135 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 100 anos - situação geral C1	281
Figura 136 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 1 - C1	282
Figura 137 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 2 - C1	283
Figura 138 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 3 - C1	284
Figura 139 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 4 - C1	285
Figura 140 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 5 - C1	286
Figura 141 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 6 - C1	287
Figura 142 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 7 - C1	288
Figura 143 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 8 - C1	289
Figura 144 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 9 - C1	290
Figura 145 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 10 - C1	291
Figura 146 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 11 - C1	292
Figura 147 - Articulação dos Mapas de Diferenças - C1	294
Figura 148 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Gravataí	295
Figura 149 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 1	296
Figura 150 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 2	297
Figura 151 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 3	298
Figura 152 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 4	299
Figura 153 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 5	300
Figura 154 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 6	301
Figura 155 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 7	302
Figura 156 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 8	303
Figura 157 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Detalhe Área 9	304
Figura 158 - Articulação dos Mapas de Zoneamento	306
Figura 159 - Zoneamento - Rio Gravataí - Situação Geral - C1	307
Figura 160 - Zoneamento - Detalhe Área 1 - C1	308
Figura 161 - Zoneamento - Detalhe Área 2 - C1	309
Figura 162 - Zoneamento - Detalhe Área 3 - C1	310

Figura 163 - Zoneamento - Detalhe Área 4 - C1	311
Figura 164 - Zoneamento - Detalhe Área 5 - C1	312
Figura 165 - Zoneamento - Detalhe Área 6 - C1	313
Figura 166 - Zoneamento - Detalhe Área 7 - C1	314
Figura 167 - Zoneamento - Detalhe Área 8 - C1	315
Figura 168 - Zoneamento - Detalhe Área 9 - C1	316
Figura 169 - Articulação dos Mapas de Inundação - C2	320
Figura 170 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 5 anos - situação geral C2	321
Figura 171 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 10 anos - situação geral C2	322
Figura 172 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 25 anos - situação geral C2	323
Figura 173 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 50 anos - situação geral C2	324
Figura 174 - Rio Gravataí - Tempo de Retorno 100 anos - situação geral C2	325
Figura 175 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 1 - C2	326
Figura 176 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 2 - C2	327
Figura 177 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 3 - C2	328
Figura 178 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 4 - C2	329
Figura 179 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 5 - C2	330
Figura 180 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 6 - C2	331
Figura 181 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 7 - C2	332
Figura 182 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 8 - C2	333
Figura 183 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 9 - C2	334
Figura 184 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 10 - C2	335
Figura 185 - Mancha de Inundação - Detalhe Área 11 - C2	336
Figura 186 - Articulação dos Mapas de Diferenças - C2	338
Figura 187 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Gravataí	339
Figura 188 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 1	340
Figura 189 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 2	341
Figura 190 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 3	342
Figura 191 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 4	343
Figura 192 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 5	344
Figura 193 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 6	345
Figura 194 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 7	346
Figura 195 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 8	347
Figura 196 - Diferenças de elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Detalhe Área 9	348
Figura 197 - Articulação dos Mapas de Zoneamento - C2	350
Figura 198 - Zoneamento - Rio Gravataí - Situação Geral - C2	351
Figura 199 - Zoneamento - Detalhe Área 1 - C2	352
Figura 200 - Zoneamento - Detalhe Área 2 - C2	353
Figura 201 - Zoneamento - Detalhe Área 3 - C2	354
Figura 202 - Zoneamento - Detalhe Área 4 - C2	355
Figura 203 - Zoneamento - Detalhe Área 5 - C2	356

Figura 204 - Zoneamento - Detalhe Área 6 - C2.....	357
Figura 205 - Zoneamento - Detalhe Área 7 - C2.....	358
Figura 206 - Zoneamento - Detalhe Área 8 - C2.....	359
Figura 207 - Zoneamento - Detalhe Área 9 - C2.....	360
Figura 208 - Mapa de Perigo.....	363
Figura 209 - Localização das intervenções C2 - Planta Baixa 1/1.....	367
Figura 210 - Área protegida pelos diques - C2	368
Figura 211 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Planta Baixa 1/1	370
Figura 212 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Seção-tipo 1/1	371
Figura 213 - Dique Porto Alegre - Vila Dique - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1	372
Figura 214 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Planta Baixa 1/1.....	374
Figura 215 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Seção-tipo 1/1.....	375
Figura 216 - Dique Porto Alegre - Sarandi Oeste - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1	376
Figura 217 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Planta Baixa 1/1	378
Figura 218 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Seção-tipo 1/1	379
Figura 219 - Dique Porto Alegre - Sarandi Leste - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1	380
Figura 220 - Dique Cachoeirinha - Planta Baixa 1/1	382
Figura 221 - Dique Cachoeirinha - Seção-tipo 1/1.....	383
Figura 222 - Dique Cachoeirinha - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1	384
Figura 223 - Dique Gravataí - Planta Baixa 1/1	386
Figura 224 - Dique Gravataí - Seção-tipo 1/1	387
Figura 225 - Dique Gravataí - Esquema gráfico volumes e áreas 1/1.....	388
Figura 226 - Banhado Grande - Planta Baixa - Localização dos Barramentos Galgáveis 1/2	392
Figura 227 - Banhado Grande - Planta Baixa - Localização dos Barramentos Galgáveis 2/2;	393
Figura 228 - Banhado Grande - Seções Transversais 1/5;.....	394
Figura 229 - Banhado Grande - Seções Transversais 2/5;.....	395
Figura 230 - Banhado Grande - Seções Transversais 3/5;.....	396
Figura 231 - Banhado Grande - Seções Transversais 4/5;.....	397
Figura 232 - Banhado Grande - Seções Transversais 5/5;.....	398
Figura 233 - Banhado Grande - Seção-tipo 1/1.	399
Figura 234 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 1/9.	400
Figura 235 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 2/9.	401
Figura 236 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 3/9.	402
Figura 237 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 4/9.	403
Figura 238 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 5/9.	404
Figura 239 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 6/9.	405
Figura 240 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 7/9.	406
Figura 241 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 8/9.	407
Figura 242 - Banhado Grande - Perfil Longitudinal Rio Gravataí 9/9.	408

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Dados do Contratante	14
Quadro 2 - Dados do Consórcio.....	15
Quadro 3 - Dados do Contrato	15
Quadro 4 - produtos previstos no contrato e status de execução.....	16
Quadro 5 - Alternativas estrutural e não-estrutural para os cenários	34
Quadro 6 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 5.....	66
Quadro 7 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 10.....	66
Quadro 8 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 25.....	66
Quadro 9 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 50.....	67
Quadro 10 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 100.....	67
Quadro 11 - Novas áreas edificadas sujeitas aos eventos de cheias (30 anos)	68
Quadro 12 - Previsão de aumento do PIB e consequente aumento nas demandas.....	69
Quadro 13 - Demandas do abastecimento público e vazões demandadas (m³/s)	69
Quadro 14 - Demanda per capita para criação animal (l/cab/dia)	69
Quadro 15 - Demanda para Criação Animal por Município (l/s)	70
Quadro 16 - Estimativas de demandas de diferentes trabalhos.	70
Quadro 17 - Curva de consumo da demanda de irrigação com vazão base de 1,17 l/s/ha.....	71
Quadro 18 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.	72
Quadro 19 - Déficit de atendimento da demanda para irrigação na bacia para diferentes áreas	73
Quadro 20 - Alternativas para o cenário C1.....	82
Quadro 21 - Segurança das pontes quanto a capacidade hidráulica de escoamento para TR 100 anos .83	
Quadro 22 - Áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias	87
Quadro 23 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições	88
Quadro 24 - Orçamento da desapropriação no Zoneamento do Cenário 1	93
Quadro 25 - Orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas no Cenário 1	93
Quadro 26 - Custos de revitalização de áreas desapropriadas com parques lineares	94
Quadro 27 - Custo Total da Revitalização da Área C1	94
Quadro 28 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no Cenário 1	95
Quadro 29 - Custo Total das Intervenções - C1	96
Quadro 30 - Alternativas para o cenário C2.....	104
Quadro 31 - Obras da elevação do dique de proteção do Aeroporto - Vila Dique.	110
Quadro 32 - Obras do dique proposto a oeste no Bairro Sarandi em Porto Alegre	113
Quadro 33 - Quantitativos das obras do dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre	117
Quadro 34 - Quantitativos das obras do dique de proteção em Cachoeirinha	120
Quadro 35 - Quantitativos das obras do dique de proteção no Bairro Caça e Pesca em Rio Gravataí...123	
Quadro 36 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias.....	126
Quadro 37 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições.	127
Quadro 38 - Desapropriação da zona de passagem de cheias no Zoneamento do Cenário 2	130
Quadro 39 - Orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas no Cenário 2	131

Quadro 40 - Custos de revitalização de áreas desapropriadas com parques lineares	131
Quadro 41 - Custo Total da Revitalização da Área no Cenário 2	132
Quadro 42 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no Cenário 2	132
Quadro 43 - Custo Total da elevação do dique Vila Dique em Porto Alegre - Aeroporto	133
Quadro 44 - Custo Total da Implantação do dique em Porto Alegre - Oeste Sarandi no Cenário 2	134
Quadro 45 - Custo Total da Implantação do dique em Porto Alegre - Sarandi no Cenário 2	136
Quadro 46 - Custo Total da Implantação do dique em Cachoeirinha no Cenário 2	138
Quadro 47 - Custo Total da Implantação do dique em Gravataí no Cenário 2	139
Quadro 48 - Custo Total das Intervenções - C2	141
Quadro 49 - Critérios de vazão máxima outorgável no RS	143
Quadro 50 - Informações sobre os critérios de outorga vigentes para a bacia do Rio Gravataí	144
Quadro 51 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.	146
Quadro 52 - Percentual de atendimento ao abastecimento público - vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$..	148
Quadro 53 - Déficit de atendimento ao abastecimento público - vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$..	148
Quadro 54 - Custos de implantação da estrutura básica para controle do uso da água	153
Quadro 55 - Efeitos Danosos de Intervenções	156
Quadro 56 - Localização e características geométricas dos barramentos galgáveis	167
Quadro 57 - Altura dos barramentos acima do fundo do canal	169
Quadro 58 - Quantitativos dos barramentos galgáveis em gabiões.	173
Quadro 59 - Orçamento dos Mini - barramentos	175
Quadro 60 - Itens relativo ao apoio técnico e valor total das obras dos mini barramentos	175
Quadro 61 - Estações Pluviométricas a serem aparelhadas	184
Quadro 62 - Estações Fluviométricas a serem aparelhadas	184
Quadro 63 - Custos de instalação, operação e manutenção de estações hidrometeorológicas	185
Quadro 64 - Características de seguros contra inundações	188
Quadro 65 - Sumário das configurações dos seguros contra inundação em 25 países.	196
Quadro 66 - Variação dos Parâmetros Hidrológicos SA x C0	205
Quadro 67 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nas sub-bacias: SA x C0	215
Quadro 68 - Vazões de Cheia para TR5, 10, 25, 50 e 100 anos nos trechos: SA x C0	217
Quadro 69 - Percentis de vazão anual para o SA x Cenário 0	223
Quadro 70 - Cenário 0 - Vazão $Q_{90\%}$ Mensal por sub-bacia	225
Quadro 71 - Cenário 0 - Vazão $Q_{85\%}$ Mensal por sub-bacia	227
Quadro 72 - Percentis de vazão anual para o Cenário 1 e 2	257
Quadro 73 - Cenário 1 e 2 - Vazão $Q_{90\%}$ Mensal	265
Quadro 74 - Cenário 1 e 2 - Vazão $Q_{85\%}$ Mensal	268
Quadro 75 - Metodo comparativo - Dados de Imobiliárias	410
Quadro 76 - Metodo comparativo - Município: Alvorada	413
Quadro 77 - Metodo comparativo - Município: Alvorada (Edificação)	413
Quadro 78 - Metodo comparativo - Município: Cachoeirinha	414
Quadro 79 - Metodo comparativo - Município: Cachoeirinha (Edificação)	414
Quadro 80 - Metodo comparativo - Município: Canoas	415

Quadro 81 - Metodo comparativo - Município: Canoas (Edificação)	415
Quadro 82 - Metodo comparativo - Município: Gravataí	416
Quadro 83 - Metodo comparativo - Município: Gravataí (Edificação)	416
Quadro 84 - Metodo comparativo - Município: Porto Alegre.....	417
Quadro 85 - Metodo comparativo - Município: Porto Alegre (Edificação).....	417

1 APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante dos “Estudos de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias e Estiagens na Bacia do Rio Gravataí” e trata do “PRODUTO 12 - PROJETOS DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES”, conforme descrito no Edital CELIC-RS nº 010/14 na modalidade de Regime Diferenciado de Contratação (RDC).

O contrato supracitado é financiado através do Orçamento Geral da União, operacionalizado pelo Ministério das Cidades, no âmbito do Plano de Aceleração do Crescimento-2 (PAC 2) e está inserido no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGR), atendendo aos municípios da bacia hidrográfica do Rio Gravataí, na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul.

Quadro 1 - Dados do Contratante

DADOS DA CONTRATANTE	
Nome	Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN (citada daqui em diante como FISCALIZAÇÃO)
Endereço	Av. Borges de Medeiros, 1501- 4º andar, Centro - Porto Alegre/RS CEP: 90020-020
Responsável pela Instituição	
Nome	Pedro Bisch Neto
Cargo	Diretor-Superintendente
Fiscal do Contrato	
Nome	Eng. ^a Paula Branco Pinto
Telefone	(51) 3288-6000
E-mail	paula-pinto@METROPLAN.rs.gov.br

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 2 - Dados do Consórcio

DADOS DO CONSÓRCIO	
Nome Fantasia	Consórcio METROPLAN Bacia Rio Gravataí
Empresas Componentes	
Razão social	Cohidro Consultoria, Estudos E Projetos Ltda.
Endereço	Rua 96, 585, loja comercial 7, Saquarema/RJ
Responsável	Eng.º Wellington Coimbra Lou
Telefone	(21) 2288-5462
E-mail	cohidro@cohidro.com.br
Razão social	Encop Engenharia Ltda.
Endereço	Av. Coronel Aparício Borges, nº 965 - salas 201, 202 e 203, Porto Alegre/RS
Responsável	Eng.º Luciano Bezerra
	Eng.º Thiago Araldi
Telefone	(51) 3028 4799
E-mail	luciano@encop.com
	thiago@encop.com
Razão social	M.J Engenharia Sis Ltda.
Endereço	Rua Sen. Annibal Di Primio Beck, 400, Boa Vista- Porto Alegre - RS CEP 90480-180
Responsável	Eng.º Orgel Carvalho Filho
	Eng.º Ricardo Santiago
Telefone	(51) 3013 5793
E-mail	orgel.filho@mjenharia.com
	ricardo.santiago@mjenharia.com

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 3 - Dados do Contrato

DADOS DO CONTRATO	
Termo de Compromisso do Estado do RS com União	0402.526-57/2012-RS
Edital CELIC	RDC 010/14
Número do contrato com a METROPLAN	004/2015
Objeto	Elaboração de estudo de alternativas e projetos para a minimização do efeito de cheias e estiagens na Bacia do Rio Gravataí
Ordem de início	16 de junho de 2015
Prazo	12 meses (término estimado em 14/06/2016)
Prazo Prorrogado Cfe. 1º Aditivo Contratual, de 08/06/2016 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3	12 meses a contar de 15 de junho de 2016 (término estimado em 15/06/17)
Prazo Prorrogado Cfe. 2º Aditivo Contratual, de 08 /06/2017 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3;2392-22.64/15-4 e 2391-22.14/15-1	190 dias a contar de 16 de junho de 2016 (término estimado em 23/12/2017)
Prazo Prorrogado Cfe. 3º Aditivo Contratual, de 14/12/2017 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3;2392-22.64/15-4 e 2391-22.14/15-1	90 dias a contar de 24 de dezembro de 2017 (término estimado em 24/03/2018)
Prazo Prorrogado Cfe. 4º Aditivo Contratual, de 23/03/2018 FPE Nº 023001/2014 Exp. Adm.: 689-22.64/14-3;2392-22.64/15-4 e 2391-22.14/15-1	105 dias a contar de 24 de março de 2017 (término estimado em 07/07/2018)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

2 INTRODUÇÃO

Este PRODUTO é a compilação do conteúdo dos RA13 (**Cenário 0**), RA14(**Cenário 1**) e RA15 (**Cenário 2**) respectivamente, já apresentados de forma parcial para as devidas aprovações e descreve a metodologia, as atividades desenvolvidas e os produtos resultantes da elaboração do “PRODUTO 12 - PROJETOS DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES”, referente à Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, localizada no estado do Rio Grande do Sul, conforme solicitado no respectivo Termo de Referência:

PRODUTO 12 - Definição de cenários e Projetos Conceituais das alternativas

As alternativas de projeto deverão compor um cenário, com um conjunto de medidas, em parte estruturais, com projetos de obras de amortecimento cheias, diques, controle de erosão, estabilização de margens, reassentamento, entre outros, e em parte não-estruturais, com soluções de zoneamento, sistema de alerta/plano de contingência, proposição de regulações, entre outros.

Todas as medidas levantadas devem ser caracterizadas em nível de Projeto Conceitual, que permitam a compreensão das principais estruturas e o orçamento individualizado de serviço para cada cenário de intervenção. Será aceita a simplificação e parametrização para a composição de custos, no entanto, todas as intervenções de cada cenário devem ser consideradas para fins de comparação de custos e benefícios. Indicadores de outras obras similares poderão ser utilizados na composição do orçamento.

O Quadro 4 apresenta a relação de produtos previstos no presente projeto e a situação em que se encontrava o desenvolvimento de cada um dos produtos no momento do fechamento da presente edição (REV 01).

Quadro 4 - produtos previstos no contrato e status de execução

Número	Denominação do PRODUTO	Status de Execução
1	Plano de Trabalho Consolidado	Executado
2	Consulta Pública - Relatório do Evento 1 - Plano de Trabalho	Executado
3	Consulta Pública - Relatório do Evento 2 - Diagnóstico	Executado
4	Consulta Pública - Relatório do Evento 3 - Plano de Ação	Executado
5	Base de Dados	Executado
6	Diagnóstico	Executado
7	Levantamento Topobatimétrico	Executado
8	Levantamento Aerofotogramétrico	Executado
9	Cadastro de Redes	Executado
10	Relatório dos Estudos Hidrológicos	Executado
11	Relatório Simulação Hidráulica e Mapa de Inundação	Executado
12	Projetos dos Cenários de Intervenção	Executado
13	Análise de Viabilidade das Alternativas	Executado
14	Consolidação do Conjunto de Intervenções	Executado
15	Plano de capacitação e adequação dos serviços de gestão de águas pluviais	Executado
16	Plano de Ação	Executado
17	Resumo Executivo	Executado
18	Relatório Final	Executado

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3 PROJETOS DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES

3.1 Área de Estudo

A Figura 1 apresenta a situação e localização da área de estudo.

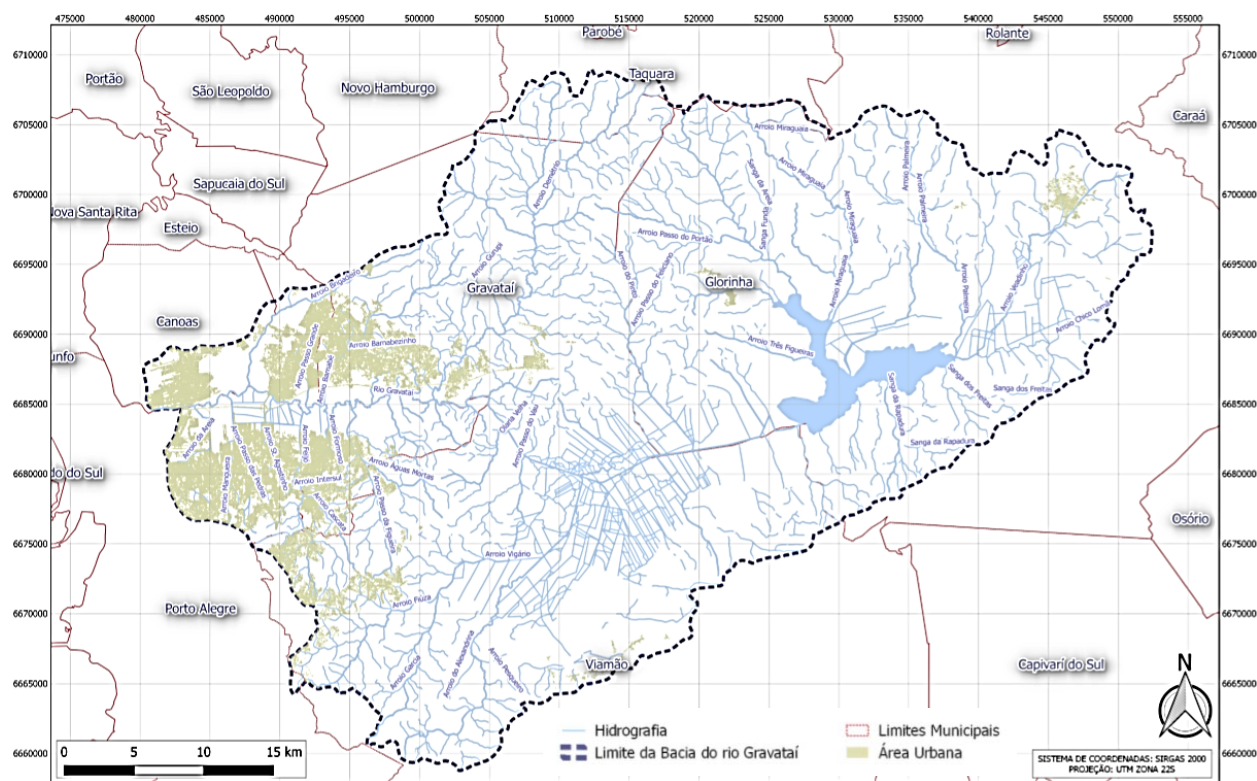


Figura 1 - Situação e localização da Bacia do Rio Gravataí
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.2 Objetivos do Relatório

O PRODUTO 12 - Projetos dos Cenários de Intervenção tem por objetivo geral apresentar o estudo de alternativas de controle dos eventos de cheias e de estiagens que contemplam medidas estruturais e não-estruturais no trecho contemplado da Bacia do Rio Gravataí nos cenários atual e futuro.

Os objetivos específicos do PRODUTO 12 são:

- ✓ **Cenário 0:**
 - Projetar o cenário futuro tendencial de crescimento urbano considerando a expansão territorial e o aumento das demandas hídricas na bacia.
- ✓ **Cenários 1 e 2:**
 - Desenvolver a concepção das alternativas técnicas de intervenção na Bacia para a mitigação dos efeitos de estiagem e efeitos de cheias do Rio Gravataí.
 - Desenvolver a concepção de medidas de recuperação ambiental e controle de erosão do sistema hídrico, com destaque para a lagoa da Anastácia, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS.

- Realizar a análise do uso múltiplo das obras planejadas de forma a atender além do controle de inundações outros usos da água pela regularização de vazão (estiagem).
- Realizar estudo de regularização das outorgas.
- Estimar os custos de implantação das intervenções propostas para servir de subsídio à análise de viabilidade quando serão comparados os custos aos danos evitados.

3.3 Planejamento Geral

Conforme o TR:

PRODUTO 12 - Concepção das soluções e proposição de alternativas de intervenção

.....

Para cada unidade de análise espacial¹ em que for dividida a bacia, deverão ser propostos no mínimo três cenários com diferentes combinações de medidas estruturais e não-estruturais, definidos para um mesmo horizonte de tempo de planejamento. Um dos cenários deverá avaliar os custos e benefícios de não se tomar qualquer ação no horizonte de planejamento definido. Os demais deverão alternar entre ações mais voltadas para medidas não-estruturais, incluindo o reassentamento de populações em risco, e ações tendendo para minimizar riscos e impactos sociais por meio de medidas estruturais.

Em termos gerais, a comparação entre os dois cenários de alternativas no que se refere ao controle de inundações, se diferencia pela implementação de obras de proteção, mais especificamente diques em terra combinados a sistemas de bombeamento.

No **Cenário 2**, onde se constatou que a proteção realizada pelos diques de proteção geraria externalidades a outras regiões da bacia, foi mantida a opção pelo zoneamento com a desapropriação de populações em risco.

As análises dos cenários preveem a implementação de alternativas estruturais combinadas às não-estruturais, sempre buscando evitar a transferência de impactos para jusante ou montante. Quando proposta a inclusão de medidas estruturais, a mesma é realizada se observando uma visão integrada da bacia hidrográfica.

As soluções para a mitigação dos impactos das estiagens se baseiam principalmente na implementação de uma política de gestão dos recursos na bacia de forma eficiente, com o cumprimento das legislações vigentes, que priorizam o abastecimento público e a dessedentação animal e com a otimização das demandas na bacia de acordo com a disponibilidade espaço-temporal.

Além disso, as medidas não-estruturais de gestão são voltadas também para a recuperação dos sistemas de banhado e controle de erosão do sistema hídrico que compõe o médio Gravataí.

¹ As unidades serão definidas com base nas informações levantadas nas etapas de diagnóstico e estudos hidrológicos, levando em consideração critérios que permitam a caracterização de cada intervenção de forma isolada, como município beneficiado, área afetada e população atendida.

São propostas intervenções estruturais para a recuperação ambiental e controle de erosão do sistema hídrico desde o Passo dos Negros e Lagoa da Anastácia até o Banhado Grande, nos trechos das obras de canalização particulares e do DNOS.

A proposta apresentada compõe tanto o **Cenário 1** quanto o **Cenário 2**, sendo uma alternativa única para a região. Imaginou-se como objetivo direto dessas intervenções nas áreas de banhado, a recuperação das áreas degradadas e por consequência uma possível atenuação dos efeitos de cheia e estiagens a jusante da intervenção.

No entanto, conforme observado adiante, constatou-se que tais obras têm muito pouco efeito de regularização nas épocas de estiagem, assim como na atenuação dos picos das cheias.

Com base nas simulações hidrológicas e hidrodinâmicas foram determinadas, levando em consideração os diferentes tempos de retorno (TR), as áreas com riscos de inundações e problemas com estiagens para a região de interesse do estudo.

Em complementaridade aos produtos 10 e 11, onde são apresentadas as simulações hidrológicas e hidrodinâmicas para o cenário atual, foram realizadas novas simulações com base em projeções de expansão urbana prevista nos Planos Diretores dos municípios e nos censos do IBGE, assim como, projeções de aumento das demandas hídricas nos diversos setores.

Além disso, as simulações hidrodinâmicas foram realizadas avaliando a implantação das alternativas propostas quanto a seus benefícios e externalidades. Avaliaram-se as consequências das alternativas e, a partir de uma avaliação criteriosa, limitou-se a utilização das soluções onde fosse necessário.

Quanto às estiagens, a partir das simulações hidrológicas foi avaliado impacto da implantação de mini barramentos nos trechos das obras de canalização do DNOS no aumento da regularização e consequente disponibilidade hídrica aos municípios a jusante.

Foi possível avaliar a evolução dos impactos no horizonte de planejamento dos eventos de cheia e estiagem na bacia, e com base no cenário tendencial e nas novas simulações com cenários alternativos foram desenvolvidas soluções para a mitigação de tais impactos.

3.3.1 Horizonte de Planejamento

As alternativas de projetos compõem cenários num horizonte de planejamento de 30 anos. Nos **Cenário 0**, 1 e 2 foi projetado o cenário futuro tendencial de crescimento urbano considerando a expansão territorial e o aumento das demandas hídricas na bacia dentro desse horizonte e implementadas as intervenções para a análise dos benefícios e posterior análise de viabilidade.

A expansão territorial, além de alterar o comportamento hidrológico da bacia, aumentando a magnitude dos eventos de cheia, também implica em um aumento da população exposta às cheias caso não se tome nenhuma providência para a mitigação dos impactos.

3.3.2 Unidades de Análise Espacial

A Bacia do Rio Gravataí está localizada no nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Os municípios de Alvorada e Glorinha estão completamente inseridos dentro dessa área. Os de Santo Antônio da Patrulha, Gravataí e Cachoeirinha possuem no local a totalidade de seus perímetros urbanos.

A região possui uma topografia plana entre as cidades de Gravataí e o Delta do Jacuí, com uma área de depressão entre o entorno e o leito do rio e seus principais afluentes, o que favorece, juntamente com a grande urbanização e consequente impermeabilização do solo, a formação de manchas de inundação que atingem com regularidade áreas residenciais, comerciais e industriais.

Os municípios afetados com maior frequência e intensidade pelas inundações em áreas urbanas são Gravataí, Alvorada, Cachoeirinha e a zona norte de Porto Alegre.

Estes fatos decorrem da proximidade destes perímetros urbanos com a planície de inundação do Rio Gravataí, da impermeabilização do solo, que amplia a magnitude das áreas de inundação e da falta de planejamento urbano, que propicia a ocupação, muitas vezes irregular, destes locais sem a devida contrapartida em infraestrutura para atendimento.

No aspecto das estiagens, atualmente, os mais afetados pela escassez de água são Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viamão, que estão localizados nos trechos mais a jusante do Rio Gravataí.

Apesar de terem maiores bacias contribuintes que outros municípios a montante e consequentemente maior disponibilidade hídrica, o volume de água que chega aos pontos de captação que abastecem tais municípios é afetada devido à captação indiscriminada de água para a irrigação de áreas de arroz nas épocas mais críticas.

A escassez se deve ao fato das áreas irrigadas se localizarem a montante desses municípios, e os períodos de maiores demandas para a irrigação ocorrerem justamente nas épocas de menor disponibilidade hídrica.

Dessa forma, tais municípios acabam por ter uma menor disponibilidade hídrica, não pela vulnerabilidade hidrológica, mas devido aos conflitos existentes na bacia devido à má gestão do recurso.

Não fazem parte do presente estudo o município de Alvorada, especificamente nas regiões pertencentes às microbacias hidrográficas dos arroios Feijó, Águas Brancas e São João já que as mesmas foram objeto de estudo realizado em 2016 para a METROPLAN, com o objetivo de analisar a viabilidade de intervenções de mitigação dos efeitos das cheias no local.

Tais afluentes não tiveram a hidrologia e hidrodinâmica simuladas, no entanto as obras propostas no estudo já realizado foram inseridas nos cenários de intervenção para a avaliação dos seus impactos no contexto geral da bacia.

Em relação às estiagens, as captações que atendem o município de Alvorada estão contempladas no presente estudo.

3.4 Estudo de Alternativas de Cenários de Intervenção

3.4.1 Premissas e Diretrizes

As inundações são mais antigas que a existência do homem na terra. A formação de assentamentos humanos historicamente privilegiou a ocupação de áreas próximas a cursos d'água, para utilização visando transporte, abastecimento de água e até mesmo disposição de dejetos.

As áreas ribeirinhas, que correspondem ao leito maior dos rios, geralmente são planas, propícias para o assentamento humano, reforçando as motivações para sua ocupação, principalmente quando a frequência de inundação é baixa (Tucci, 2007).

Nas áreas urbanas, os problemas causados pelas cheias naturais do rio são frequentemente ampliados por uma planificação inadequada da Drenagem Urbana. O desenvolvimento urbano tende a aumentar as áreas impermeáveis e aumentar a velocidade do escoamento através de condutos e canais.

Este processo leva a inundações frequentes, aumento de material sólido e deterioração da qualidade da água dos sistemas hídricos urbanos. As cidades têm, na grande maioria dos casos, implementado a sua infraestrutura de drenagem urbana de forma pontual, apenas transferindo os impactos de um lugar para outro dentro da cidade.

Por outro lado, a expansão das cidades sem a planificação devida tem levado à ocupação de áreas de risco nas margens de rios e arroios.

As medidas para o controle das inundações envolvem dois componentes principais: medidas não-estruturais e medidas estruturais.

As medidas não-estruturais buscam reduzir os impactos das cheias sem alterar as características hidrológicas do sistema. Elas envolvem aspectos institucionais que controlam de forma sustentável os novos empreendimentos urbanos, para que a população possa conviver com as cheias com o mínimo de prejuízos.

As medidas estruturais envolvem o controle dos impactos já existentes através de obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de inundações.

Assim, é modificado o sistema natural para proteger contra cheias, sempre buscando uma visão integrada de cada sub-bacia, de forma que não crie novos problemas, nem a montante nem a jusante.

A gestão da inundação é obtida por uma combinação de medidas estruturais e não-estruturais que permita à população ribeirinha minimizar suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio.

As ações incluem medidas de engenharia e de cunho social, econômico e administrativo. A pesquisa para a combinação ótima dessas ações constitui o planejamento da proteção contra a inundação e seus efeitos (Tucci, 2007).

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, o Rio Gravataí possui um regime hidrológico peculiar e complexo, com forte influência antrópica em suas áreas mais baixas. Para efeito de caracterização hidrológica e hidráulica (sistema de drenagem da bacia), o Rio Gravataí foi dividido em quatro unidades de análise espacial distintas, caracterizadas como:

- **macro unidade do Alto Gravataí - Formadores:** possui uma área correspondente a 13% da bacia do Gravataí e consiste de uma região bastante antropizada pelas lavouras de arroz. A urbanização nesta região consiste da área urbana de Santo Antônio da Patrulha, com pequeno impacto na escala global dos processos hidrológicos da bacia;

- **macro unidade do Alto Gravataí - Banhado Grande:** possui uma área correspondente a 26% da bacia do Gravataí e consiste, além do Banhado Grande em si, das sub-bacias dos arroios Grande e Miraguaia e sangas da Rapadura e do Freitas. A área de banhados, originalmente de 450 km², hoje se encontra reduzida a cerca de 60 km², devido principalmente às drenagens artificiais promovidas, pelos arrozeiros;
- **macro unidade do Médio Gravataí:** consiste de 43% da bacia do Rio Gravataí e abrange o exutório do Banhado Grande até à junção do Arroio Demétrio ao Rio Gravataí, compondo uma área de transição entre os ambientes rural e urbano. Praticamente todo curso d'água do rio principal é cercado por atividades agrícolas. O curso d'água é bastante alterado pelas obras do DNOS, realizadas nos anos 70, que retificaram o rio e efetivamente drenaram os banhados/terras úmidas do Banhado Grande até a Lagoa da Anastácia. A região ainda engloba o início da urbanização pertencente ao município de Gravataí;
- **macro unidade do Baixo Gravataí:** consiste de 18% da bacia do Rio Gravataí e abrange as regiões mais urbanizadas dos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Canoas, Alvorada e Porto Alegre, consistindo de área parcialmente ou totalmente impermeabilizada. Este fato, aliado à ocupação de áreas indevidas, expõe uma parcela maior da população da bacia aos efeitos das cheias.

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, além dos fatores naturais e das estruturais que alteram o escoamento do Rio Gravataí outro fator de grande importância são as retiradas de água, tanto para irrigação quanto para abastecimento urbano que, juntamente com os lançamentos de efluentes, são potencializadores dos problemas durante as estiagens, causando desabastecimento e deterioração da qualidade d'água.

Simulações descritas no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos mostram que uma demanda que atenda a manutenção dos ecossistemas que dependem do curso d'água não apresenta garantia suficiente para a produção agrícola atual.

O Plano de Bacia do Gravataí preconizou uma redução de área de plantio de 20% na bacia do Gravataí a partir da área efetiva de 2011, isto é, uma área efetiva de 16.820 ha.

O presente estudo estimou um crescimento na área de arroz inserida na bacia do Gravataí para 23.083 ha (2015-2016), ou seja, uma diferença a mais entre a área-meta de 2011 e a área atual de 37%.

Acredita-se que o Banhado Grande, situado na depressão central da bacia, seja um regulador natural do fluxo do Rio Gravataí, sendo um reservatório natural, responsável por amortecer os picos das cheias provocadas pelas precipitações acumulando água durante as épocas de maiores vazões e a liberando durante os períodos de estiagem.

Originalmente, a área de banhados era de 450 km². Em consequência das drenagens artificiais promovidas pelos arrozeiros, suas áreas, no ano de 1971, achavam-se reduzidas a 138 km² e em 1989 estimava-se que a área dos banhados ocupava cerca de 60 km².

No presente relatório propõe-se três cenários com diferentes combinações entre medidas estruturais e não-estruturais, quais sejam:

- ✓ **Cenário 0 - Convívio com as cheias na bacia**
 - Não está previsto nenhum tipo de medida, tanto estruturais como não estruturais.
- ✓ **Cenário 1 - Implementação de alternativas não-estruturais**
 - Prevê a desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis.
 - Prevê a utilização de medidas estruturais, na região composta pelo Banhado Grande e pelas obras de canalização do DNOS, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão;
 - Prevê para a minimização dos efeitos de estiagens na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga, sendo realizada análise de sensibilidade da variação da vazão máxima outorgável entre 40% e 70% e da vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$ para cada trecho.
 - Prevê o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais para a minimização dos impactos sociais causados pelas cheias.
 - Prevê a implementação de sistemas de seguro de cobertura de inundações.
- ✓ **Cenário 2 - Implementação de alternativas estruturais e não-estruturais**
 - Prevê a implementação de diques de proteção contra cheias nas regiões mais expostas ao risco, e onde constatada a viabilidade técnica.
 - Prevê a desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis.
 - Prevê a utilização de medidas estruturais, na região composta pelo Banhado Grande e pelas obras de canalização do DNOS, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão;
 - Prevê para a minimização dos efeitos de estiagens na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga, sendo realizada análise de sensibilidade da variação da vazão máxima outorgável entre 40 e 70% e da vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$ para cada trecho.
 - Prevê o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais para a minimização dos impactos sociais causados pelas cheias.
 - Prevê a implementação de sistemas de seguro de cobertura de inundações.

Quando da inclusão de medidas estruturais, as mesmas são propostas numa visão integrada da bacia hidrográfica. Busca-se evitar a transferência de impactos para jusante ou montante.

No **Cenário 2**, no que tange a mitigação dos impactos das cheias, onde não é possível a implantação de intervenções estruturais, se manteve a opção pela desapropriação de populações em risco, combinada às propostas para melhoria do Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta dos desastres naturais e uso de sistemas de seguro de cobertura de inundações.

No caso do **Cenário 1**, a opção por privilegiar a escolha de medidas não-estruturais decorre de certas vantagens, em comparação com as medidas estruturais, destacando-se seu menor custo econômico de operação, associado a maiores níveis de garantia.

Desta forma, as medidas não-estruturais podem garantir proteção mais ampla que medidas estruturais.

Há, porém, limitações na aplicação das medidas não-estruturais, principalmente quando elas envolvem transferência, remoção, desapropriação, relocação ou reassentamento de ocupações irregulares, ou mesmo de áreas com ocupação regularizada, já consolidada.

Nestes casos, além dos custos econômicos para efetuar as ações de desapropriação, relocação ou reassentamento, há, ainda necessidade de dar novo uso às terras para evitar reocupação. A ação apropriada é transformar estas áreas em áreas públicas tais como parques, atividades de lazer, entre outras.

O custo, nestes casos, inclui a demolição das construções e o investimento em áreas públicas. Considerando estas características, no **Cenário 2** tentou-se diminuir o número de edificações desapropriadas. Há, também, impactos sociais e políticos decorrentes deste tipo de ação, que devem ser propriamente analisados.

Finalmente, há necessidade de ações de educação, capacitação e conscientização da população, para que se construa uma percepção efetiva do risco associado à ocupação de tais áreas.

Tais limitações podem, em alguns casos, até mesmo inviabilizar o uso de alternativas não-estruturais em alguns locais da bacia. Nestes casos, os custos econômicos e sociais devem ser avaliados e comparados com os custos para implantação de alternativas estruturais.

Já no **Cenário 2**, a diminuição de áreas de risco, reduzindo a necessidade de desapropriação através de sistemas de proteção, constituiu uma solução alternativa de menor impacto social e com impactos mais localizados (no caso das obras em que se constatou que não causariam externalidades às regiões vizinhas).

As alternativas estruturais, não necessariamente, implicam em maiores custos totais considerando a implantação e a operação ao longo do horizonte de projeto.

As soluções não-estruturais implicam na reocupação das áreas desapropriadas pelo poder público através de parques para que não haja novas ocupações irregulares no local, o que reestabeleceria o problema original.

Dar novo uso às áreas desapropriadas também agrega custo aos já elevados custos de desapropriação. Ainda assim, as alternativas estruturais têm efetividade menos ampla, pois garantem a proteção somente até o Tempo de Retorno de projeto e no caso de eventos mais extremos, o dano causado pode ser ainda maior.

Além disso, soluções de engenharia apresentam o risco de falha, mesmo para a proteção planejada e isso deve ser levado em consideração na avaliação e escolha.

Observa-se que **o presente trabalho busca controle de inundações e que o controle de alagamentos não compõe o escopo do estudo.**

Conforme Ministério das Cidades/IPT (2007), as inundações se referem ao transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea, enquanto que os alagamentos correspondem ao acúmulo momentâneo de águas em determinados locais, por deficiência do sistema de drenagem.

Estas definições estão em consonância com o COBRADE (Ministério da Integração Nacional, 2012), onde as inundações e alagamentos são caracterizadas por:

“Inundações: submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície”

“Alagamentos: extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações extremas.

É importante ressaltar que as alternativas estudadas contemplam o Rio Gravataí, bem como os tributários que passem por áreas urbanizadas. Destaca-se que:

- as medidas propostas para controle de inundações do rio Principal (Gravataí) ou que são necessárias devido ao remanso do rio Principal são **detalhadas por comporem o escopo do trabalho em desenvolvimento;**
- as medidas para controle de alagamentos causados por falta de capacidade dos tributários para escoar suas cheias são propostas como diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais, incluindo: limpeza/dragagem de canal, melhoria de travessias (pontes, pontilhões), reservatórios de retenção, zoneamento de áreas inundáveis.

Ressalta-se, ainda, que toda a área ribeirinha sempre foi uma área de inundação e que a ocupação das últimas décadas, sem controle por parte dos municípios, fez com que o risco para população aumentasse.

O presente plano é, também, uma resposta de prevenção e controle a este processo.

3.4.2 Diagnóstico por Unidade de Análise Espacial

✓ Baixo e Médio Gravataí

• Cheias

Para efeito de caracterização hidrológica e hidráulica (sistema de drenagem da bacia), o Rio Gravataí foi dividido em quatro unidades de análise espacial distintas, conforme mencionado anteriormente.

Na macro unidade do Baixo Gravataí, por abranger as regiões mais urbanizadas dos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Canoas, Alvorada e Porto Alegre, consistindo de área parcialmente ou totalmente impermeabilizada foram utilizados os critérios de Zoneamento de Áreas Inundáveis.

Nas demais macrounidades, não foram realizadas propostas de zoneamento por não haver áreas urbanas de maior porte.

Como se pode observar nas Figura 2, Figura 3, Figura 4 e Figura 5 adiante, não há grande ocupação na Zona de Passagem de Cheia do Rio Gravataí.

No entanto, há áreas com urbanização consolidada em Zona de Inundação com TR = 100 anos principalmente nos afluentes, em destaque o arroio Demétrio.

Nos afluentes do Gravataí, que passam pelas zonas urbanas e que compõe a rede de macrodrenagem dessas áreas, é feita entre outras a recomendação para:

- **limpeza e/ou dragagem de canal (visando melhorar as condições de escoamento nos cursos d'água); e**
- **melhoria de travessias, tais como pontes e pontilhões (buscando reduzir as possibilidades de restrições localizadas ao escoamento)".**

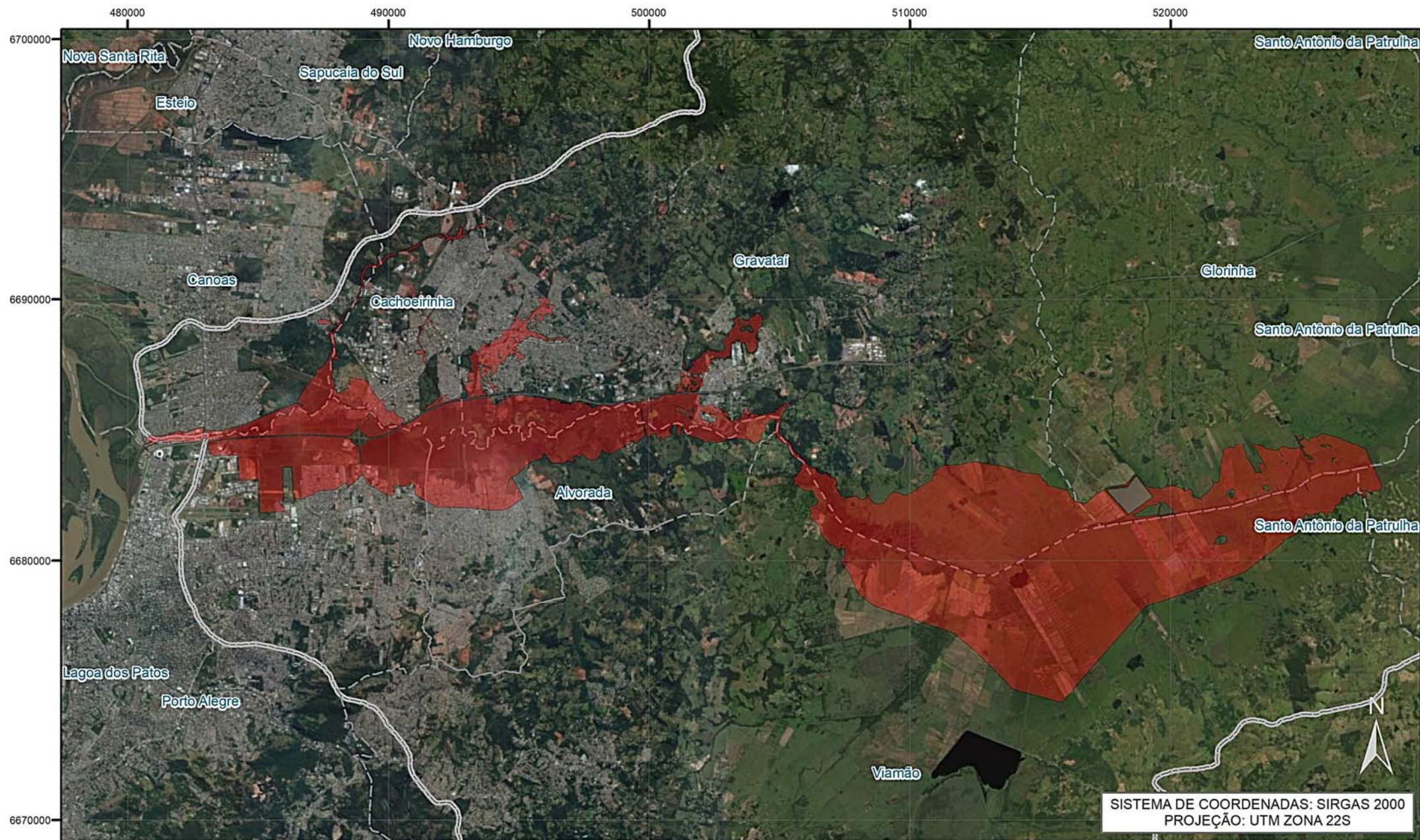
Onde possível, os estudos dos Planos Municipais de Drenagem deverão avaliar a possibilidade de utilizar **reservatórios de retenção (on-line ou off-line)**.

- **Estiagens**

No caso da Bacia do Gravataí, na situação atual observa-se forte impacto das atividades agrícolas sobre a disponibilidade hídrica, com frequente escassez de recursos para abastecimento público.

Tais impactos são causados pela má gestão do recurso na bacia, que apresenta deficiências na fiscalização das captações e no cadastro de outorgas para irrigação de áreas agrícolas.

As regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí, principalmente nos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viamão, são os mais afetados pela escassez de água, devido a conflitos de uso da água existentes na bacia, com captação indiscriminada de água para a irrigação de áreas de arroz a montante.



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S







Legenda

- Mancha TR100
- Limites Municipais
- Bacia do Rio Gravataí

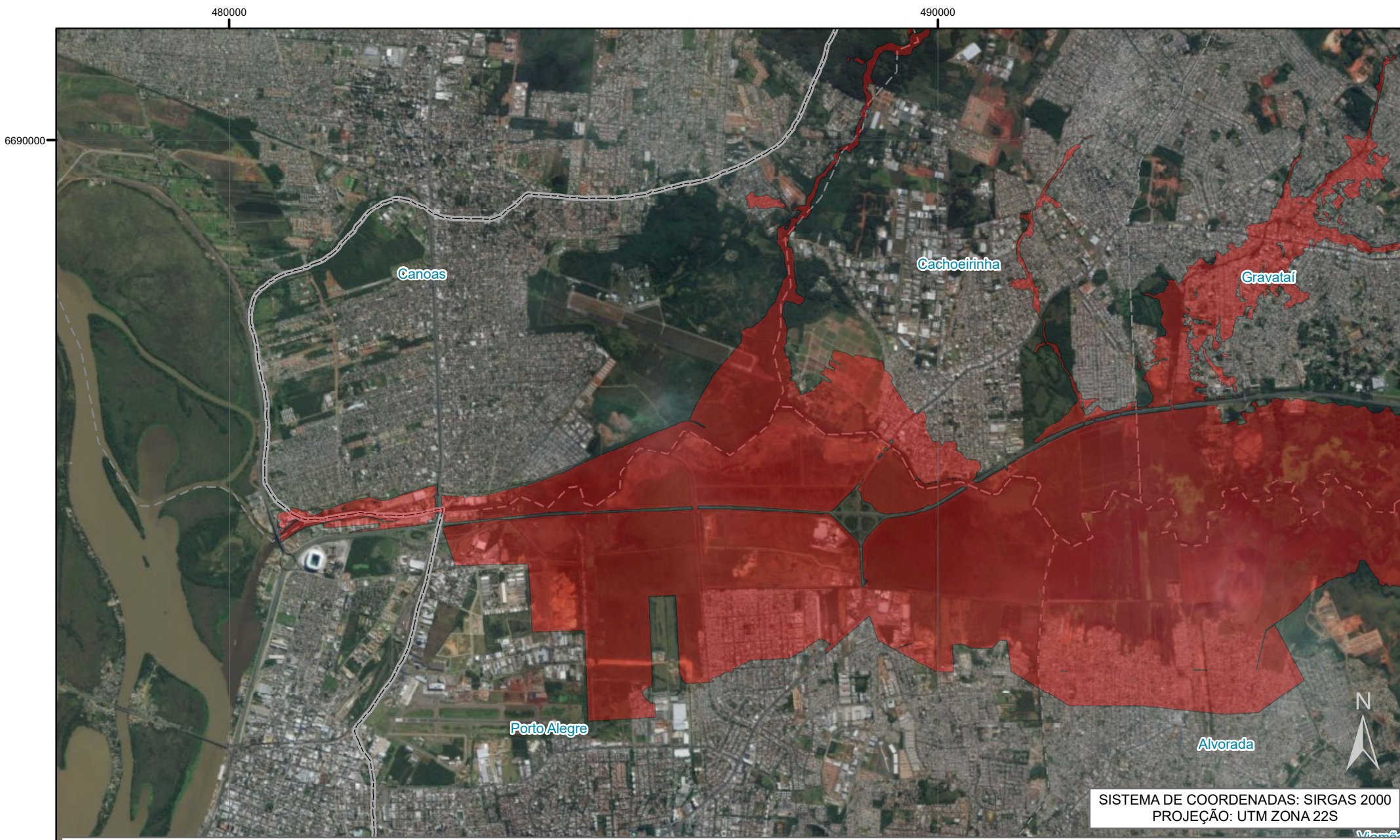


1:191,521

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DO SINHO

Rio Gravataí

Figura 2: Gravataí TR100



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL



COHIDRO
CONSTRUTORA INTEGRADA DE PROJETOS

- Legenda**
-  Mancha TR100
 -  Limites Municipais
 -  Bacia do Rio Gravataí



METROPLAN

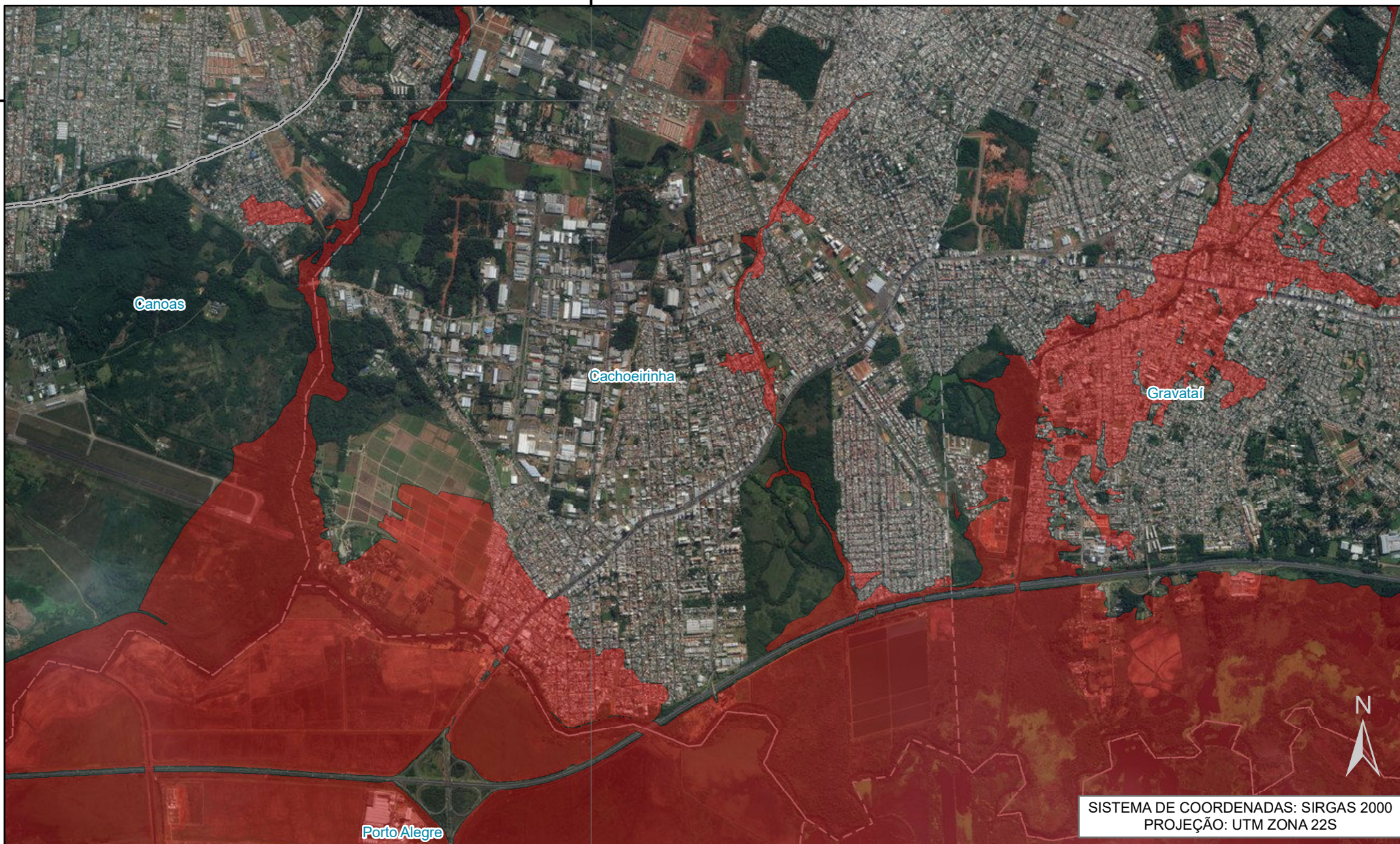
1:70,000

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA
MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO
~~RIO DOS SINOS~~ Rio Gravataí**

Figura 3: Porto Alegre TR100

490000

6690000



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S



Legenda

- Mancha TR100
- Limites Municipais
- Bacia do Rio Gravataí

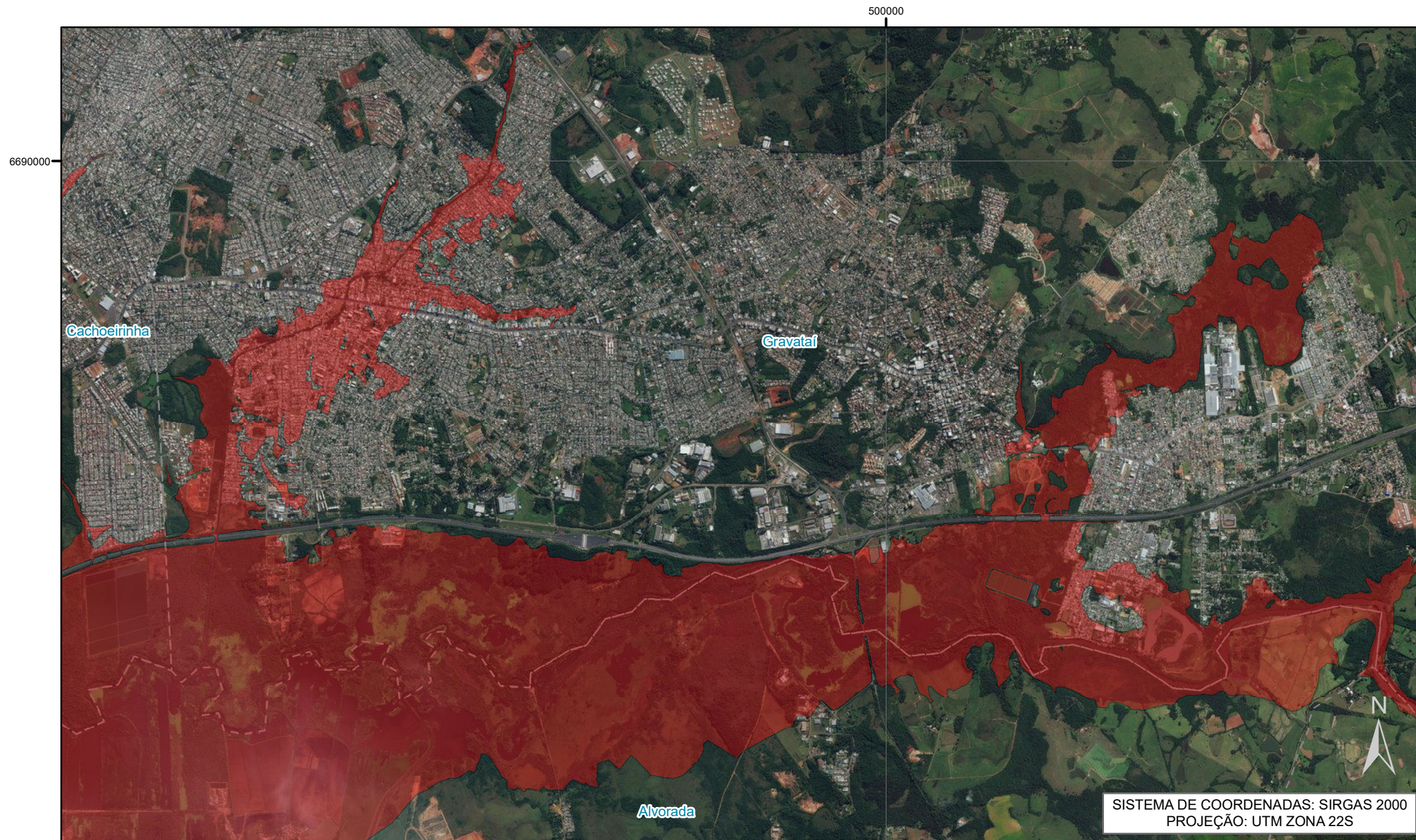


1:40,000

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA
MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO
~~RIO DOS SINOS~~ Rio Gravataí**

Figura 4: Cachoeirinha TR100









Legenda

 Mancha TR100

 Limites Municipais

 Bacia do Rio Gravataí


1:50,000

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA
MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO
~~RIO DO SINO~~ Rio Gravataí**

Figura 5: Gravataí TR100

✓ **Médio Gravataí - Banhado Grande**

• **Cheias**

Na macro unidade do Médio Gravataí, a exemplo do Baixo Gravataí, também foram utilizados os critérios de Zoneamento de Áreas Inundáveis por abranger ainda algumas regiões urbanizadas do município de Gravataí.

• **Estiagens**

Também algumas regiões urbanizadas do Médio Gravataí, são mais afetadas pela escassez de água, devido a conflitos de uso da água existentes na bacia, com captação indiscriminada de água para a irrigação de áreas de arroz a montante.

• **Recuperação de Áreas Degradadas**

As áreas que abrangem desde o Passo dos Negros, passando pela lagoa da Anastácia até o Banhado Grande sofrem com a degradação ambiental que vem ocorrendo desde a década de 60 e 70 devido às drenagens promovidas pelos arrozeiros e implantação do canal do DNOS.

A degradação vem se expandindo, já que além da diminuição das áreas de banhado devido à drenagem, ocorrem processos erosivos regressivos na região do exutório do Banhado Grande.

Devido ao aumento do gradiente hidráulico e consequente aumento das velocidades do fluxo, passa a ocorrer o *piping* no solo, que já não apresenta grande coesão, o desagregando através dos processos erosivos, criando ravinas e voçorocas.

✓ **Alto Gravataí – Formadores**

No Alto Gravataí - Formadores não foram constatados problemas referentes a cheias e estiagens. Dessa forma, não foram propostas medidas para a região.

3.4.3 Composição dos Cenários

As diferentes soluções que compõe os cenários são introduzidas e brevemente descritas abaixo:

✓ **Obras de proteção**

No **Cenário 2** são propostas obras de proteção essencialmente com a mesma conceituação em todos os locais de intervenção.

Nas áreas com cotas mais baixas, em que se constatou o risco de inundações através dos estudos hidrodinâmicos das ondas de cheia, propôs-se a criação de polderes que são estruturas hidráulicas artificiais de proteção.

Estes sistemas são compostos por diques de terra ou muros de concreto, dependendo da disponibilidade de área para a implantação da obra, por reservatórios de acumulação de água e por casas de bombas.

Os sistemas funcionam da seguinte maneira: quando os eventos críticos ocorrem nas áreas ribeirinhas, elevando os níveis d'água na planície de inundação, os diques realizam o isolamento da área protegida, evitando que a água adentre o sistema.

Enquanto isso, o volume escoado dentro dos polderes, captado e conduzido pela macrodrenagem local, é armazenado nos reservatórios e então lançado através das bombas de volta ao rio após o período de pico da vazão do rio principal.

Os sistemas devem ter aptidão para funcionar por gravidade durante o restante do tempo, sem que seja acionado o sistema de bombas.

✓ **Zoneamento**

A solução composta pelas diferentes intervenções propostas nos Cenários prevê o ordenamento do uso do solo, através da proposta de Zoneamento de Áreas Inundáveis onde são definidas duas formas de uso:

- Áreas com possível urbanização - correspondendo à Zona com Restrições de Ocupação, onde serão estabelecidas condições para o uso destas áreas, conforme proposta de Zoneamento de Áreas Inundáveis;
- Áreas com uso compatível com inundações - correspondendo à Zona de Passagem de Cheia, com função de amortecer inundações causadas pela ocupação das áreas urbanizáveis.

✓ **Sistema de Monitoramento Previsão e Alerta**

Já se encontra em atividade no Estado a Sala de Situação do Departamento de Recursos Hídricos da SEMA.

A Sala de Situação é resultado de um Acordo de Cooperação Técnica, firmado entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e a SEMA, no dia 18 de janeiro de 2013.

O objetivo da Sala de Situação é monitorar os eventos hidrológicos extremos, principalmente as inundações, enxurradas e as estiagens, contribuindo, assim, para a gestão de riscos de desastres, por meio de alertas.

No momento, a Sala de Situação é operada pela empresa SOMAR Meteorologia, no esquema 7 dias por semana, 24 h por dia. Os alertas da Sala de Situação são enviados para a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC), ligada à Casa Militar e órgão central do Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil - SIEPDEC (Decreto nº 51.547, de 3 de junho de 2014).

A CEPDEC por sua vez integra o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), conforme o Decreto nº 7.257, de 04/08/2010, e atua nas fases de prevenção, mitigação, preparação, resposta e reconstrução de cenários, nos desastres naturais ou provocados pelo homem. Em conjunto com a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, a CEPDEC é responsável por coordenar as ações realizadas pela Defesa Civil dos municípios.

Esse centro de monitoramento é alimentado por uma rede de monitoramento fluviométrico e pluviométrico, a nível horário, além da previsão meteorológica obtida a partir do modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*).

No entanto, apesar de já monitoradas, nota-se a concentração de postos nas regiões mais densamente urbanizadas a jusante e carência a montante. Portanto, propõe-se instalar/aprimorar estações pluviométricas e fluviométricas na bacia.

✓ **Seguros de Cobertura de Inundações**

No presente estudo são apresentadas informações que tratam dos seguros de cobertura de inundações em diferentes países, abordando suas peculiaridades e diferentes formatações. Levando em consideração as características locais, é sugerido o formato de seguros de cobertura de inundações que mais se encaixa no contexto geopolítico e econômico da Bacia do Rio Gravataí.

Foram abordados os seguintes aspectos a serem levados em consideração na formatação do arranjo institucional para implementação dos seguros:

- Público/Privado.
- Voluntário/Obrigatório.
- Agrupado/Individual.
- Subsidiado/Baseado em Risco.
- Incentivos Econômicos.
- Assistência Federal a Desastres.

✓ **Minimização dos efeitos de estiagens**

As regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí, principalmente nos municípios de Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viamão, são os mais afetados pela escassez de água, devido, principalmente, a conflitos de uso da água existentes na bacia, com captação indiscriminada de água para a irrigação de áreas de arroz a montante, resultante de gestão inadequada do recurso.

Para minimização dos efeitos de estiagens nestas áreas, visando o aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, os Cenários 1 e 2 propõe a alternativa não-estrutural de **implementação de uma Política de Gestão dos Recursos Hídricos** da bacia visando garantir o limite de outorga para cada sub-bacia estudada.

✓ **Resumo**

Os cenários desenvolvidos podem ser compostos da seguinte forma:

- **Cenário 0:** não está previsto nenhum tipo de medida, tanto estruturais como não-estruturais.
- **Cenário 1:** (a) desapropriação de populações; (b) o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais; (c) sistemas de seguro de cobertura de inundações; (d) obras para recuperação de áreas degradadas; e (e) política de gestão de recursos hídricos.
- **Cenário 2:** (a) diques de proteção contra cheias; (b) a desapropriação de populações; (c) o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais; (d) sistemas de seguro de cobertura de inundações; (e) obras para recuperação de áreas degradadas; e (f) política de gestão de recursos hídricos.

O Quadro 5 apresenta a composição de cada cenário, com as soluções propostas e sua descrição.

Quadro 5 - Alternativas estrutural e não-estrutural para os cenários

Solução	Descrição	C0	C1	C2
Mitigação dos efeitos das cheias (soluções estruturais e não estruturais)				
Diques de proteção com sistemas de bombeamento	Implantação de diques de proteção combinados a sistemas de bombeamento em diversas regiões da bacia para a diminuição da vulnerabilidade das populações expostas ao risco de cheias.			X
Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta	Manutenção do sistema existente e melhorias da rede de monitoramento		X	X
Zoneamento de Áreas Inundáveis	Zona de Passagem de Cheias - Usos compatíveis com inundação (parques, esportes, estacionamento). - Se necessário e quando possível: relocação/reassentamento de ocupações irregulares		X	X
	Zona de Uso Restrito - Se necessário e quando possível: Relocação ou adaptação de prédios públicos		X	X
	Zona de Baixo Risco - Podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações		X	X
Seguros de Cobertura de Inundações	Sugestões do modelo de seguros de cobertura de enchentes de acordo com o contexto geopolítico da região.		X	X
Mitigação dos efeitos das estiagens (soluções não estruturais)				
Proposta de regularização das outorgas	Ferramenta de gestão, realizando a análise de sensibilidade do percentual outorgável da vazão de referência para cada trecho.		X	X
Recuperação de áreas degradadas (soluções estruturais)				
Implantação de minibarramentos	Minibarramentos de gabião tipo caixa na calha do canal do DNOS com o objetivo de elevar os níveis d'água no canal e consequentemente do freático nas regiões de planície adjacentes ao canal. Diminuindo as velocidades do fluxo, visa-se a diminuição dos processos erosivos por <i>piping</i> .		X	X

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os capítulos de Zoneamento (3.5), Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta (3.11), e Seguros de Cobertura de Inundações (3.12) são descritos separadamente dos cenários por serem soluções inerentes a ambos (C1 e C2).

3.4.4 Identificação de Projetos de Intervenções Existentes na Bacia

✓ Identificação das Alternativas Possíveis e Prováveis para Regularização das Vazões

• Alternativas de Regularização de Vazão

Em estudo realizado pelas instituições IPH e CPRM em 2002, foram identificadas algumas alternativas estruturais para a regularização de vazão na bacia do Rio Gravataí. Entre elas foram analisadas diversas soluções, conforme a seguir:

- o Três locais de barramento no eixo do Rio Gravataí (Passo dos Negros, Olaria Velha e Passo do Vau);
- o Dois locais de barramento no eixo do Arroio Demétrio;
- o Um local de barramento no eixo do Arroio Passo Grande;
- o Utilização do Banhado Grande como regulador natural;
- o Diminuição das áreas de lavoura de arroz;
- o Combinação da diminuição das áreas de lavoura e construção de pequenas estruturas hidráulicas no Banhado Grande.

- **Barramentos no Eixo do Rio Gravataí**

Os três pontos de barramento identificados são muito próximos um do outro. Todos estão em um curto trecho entre a Lagoa da Anastácia e o Passo dos Negros. O Passo dos Negros está localizado a cerca de 5 km a montante da confluência do Rio Gravataí com o arroio Demétrio.

O local conhecido como Olaria Velha está localizado 2 km a montante do Passo dos Negros e a Lagoa da Anastácia está localizada, aproximadamente, 3 km a montante da Olaria Velha.

Por se ter curvas de nível muito semelhantes entre as três alternativas, analisou-se apenas a alternativa Passo do Vau, e considerando válida para os outros dois locais.

A alternativa de barramento do Rio Gravataí no Passo do Vau, ou Lagoa da Anastácia, está localizada, aproximadamente, nas coordenadas UTM 507 e 6.682 km.

A vazão regularizada pela barragem do Rio Gravataí localizada junto à Lagoa da Anastácia variou de 1,0 m³/s, para a cota 8,4 m, a 8,0 m³/s, para a cota 13,0 m.

Para gerar uma vazão regularizada de 5 m³/s com 100% de garantia (atendimento em 100% dos meses do período histórico), o reservatório deveria ter 90 hm³, inundando uma área de 70 km², ou seja, 7.000 ha.

Nesta situação a cota do nível da água normal no reservatório seria de 10,8 m e a profundidade média será de 1,3 m.

- **Barramentos no Eixo do Arroio Demétrio**

Foram identificados dois locais de possível barramento do arroio Demétrio.

O local “A”, localizado mais a montante, drena uma área de 147 km² e permitiria a formação de um reservatório de pouco mais de 30 hm³. O local “B” está localizado mais a jusante, drenando uma área de 188 km², e permitiria a formação de um reservatório menor, atingindo no máximo 13,3 hm³.

A máxima vazão regularizável é de 0,8 m³/s, o que poderia ser atingido com um reservatório de 25 hm³ no ponto A.

- **Barramentos no Eixo do Arroio Passo Grande**

Foi identificado um ponto de possível barramento do arroio Passo Grande, no município de Glorinha, onde a área da bacia hidrográfica é de 97 km². A máxima vazão regularizável seria de 0,6 m³/s.

Esta vazão estaria disponível junto à barragem, localizada a montante do Banhado Grande.

No entanto, cabe destacar que a vazão regularizável por esta barragem, seria totalmente perdida ao longo da passagem pelo Banhado Grande, onde a drenagem é dispersa e deficiente, a água não escoar de forma concentrada e a evaporação tende a ser maior.

- **Banhado Grande como regulador natural**

Identificou-se nesse estudo que o Banhado Grande apesar de ser um regulador natural de vazões, é "ineficiente". O objetivo da regularização de vazões, seja de forma natural (banhado, pântanos) ou artificial (reservatório, barragens), é o de armazenar água durante os períodos onde ocorrem excessos hídricos (cheias) a fim de utilizá-los na época de déficits (estiagens).

No entanto, o Banhado Grande não consegue armazenar naturalmente os volumes excedentes até o período de estiagens e estes são perdidos livremente pelo seu exutório no Guará.

Desta forma, com a chegada dos meses de verão quando são requeridos volumes maiores de água para satisfazer as principais demandas da região (irrigação de lavouras, abastecimento doméstico e industrial) a oferta é insuficiente.

As mesmas conclusões foram alcançadas no presente estudo, onde se constatou que o Banhado Grande, nas condições atuais, ou até mesmo com as obras propostas para a recuperação das áreas degradadas, não têm grande impacto na regularização de vazões nas épocas de estiagem.

- **Regularização de vazões mediante alternativas não-estruturais para a melhoria da capacidade de regularização do Banhado Grande**

A determinação de medidas não-estruturais como uma alternativa viável para melhorar a capacidade de regularização do Banhado Grande foi focada, principalmente, na avaliação da resposta do sistema (banhado) sob influência de diferentes hipóteses de áreas destinadas à cultura do arroz e que utilizam água do banhado para irrigação das lavouras.

O estudo demonstrou que a aplicação isolada de uma política operacional baseada no controle das áreas de lavoura do arroz que utilizam água do banhado para irrigação, não resultaria no incremento, de forma significativa, do armazenamento de água no banhado.

No entanto, o estudo considerou como área de lavoura máxima 6.000 ha diminuindo gradualmente até a área de plantio zero. **Nota-se nos dias de hoje, que a área de plantio irrigada é pelo menos três vezes maior que a máxima considerada no estudo, portanto tal análise se baseia num cenário desatualizado.**

- **Outras alternativas de regularização**

O estudo indica que a alternativa analisada anteriormente (medida não-estrutural), poderia ser complementada com a possível construção de uma estrutura hidráulica de pequenas dimensões, por exemplo, um barramento com comportas e vertedouro (medidas estruturais) na saída do Banhado Grande que permitisse ter um absoluto controle das descargas que são liberadas ao Rio Gravataí.

Embora esta alternativa seja tecnicamente viável o estudo reitera que **não foram considerados os possíveis impactos ambientais.**

Podendo tal obra acabar com a grande e variada comunidade de animais e vegetais do ecossistema ali presente.

Além disso, o estudo indica a necessidade de se conhecer os limites máximos e mínimos entre os quais pode oscilar o nível de água do banhado.

A despeito da aparente simplicidade de tal estudo, sua definição é bastante complexa, porque na sua determinação influem fatores hidrológicos e ambientais que definem o hidro período do banhado, além de interesses de ordem econômica, social e política.

Portanto, a delimitação destes níveis requer o envolvimento de pessoas e organismos multidisciplinares visando resolver um problema relacionado com a gestão de recursos hídricos.

O estudo também indica que entre as tarefas do tipo hidrológico necessárias para definir o hidro período do Banhado Grande, é necessária a complementação da rede hidrometeorológica e hidrométrica existente, com a instalação de novas estações hidrométricas nos principais afluentes do Banhado Grande.

Uma vez iniciado o funcionamento da rede hidrometeorológica e hidrométrica complementares na bacia hidrográfica do Banhado Grande, poderá ser definido, juntamente, com a equipe de monitoramento ambiental, o primeiro esboço dos limites operacionais do banhado, por exemplo: as cotas máximas e mínimas de oscilação dos níveis.

- **Análise crítica dos estudos realizados pelo IPH/CPRM (2002)**

Diante do exposto anteriormente, conclui-se que determinados aspectos considerados no estudo corroboram para o atual estudo ou, em desacordo, são aqui desencorajados. São eles:

- o Dado que os valores de vazão regularizável na maioria das alternativas estruturais elencadas com menor impacto ao seu entorno são pequenos em comparação às demandas de agricultura irrigada na bacia, entende-se que apesar de tais obras, os problemas de déficit nas épocas de estiagem continuariam existindo.

Nas alternativas de maior regularização, por serem também de maior porte, como é o caso do barramento no eixo do arroio Demétrio, a área alagada é significativa, chegando a impactar áreas urbanas já consolidadas. Portanto, a construção de barragens para a regularização de vazões é desencorajada no presente estudo.

- o Entende-se que a construção de qualquer obra de maior porte na região do Passo dos Negros até a Lagoa da Anastácia geraria impactos indesejáveis com a inundação de áreas que já fizeram parte do banhado e que hoje em grande parte são áreas agrícolas.

Além disso, o presente estudo, em oposição a tal alternativa, propõe a recuperação de tais áreas com a construção de mini barramentos para a recuperação do antigo leito do rio, em situação anterior ao canal do DNOS.

- o O presente estudo concluiu de forma análoga ao estudo IPH/CPRM que a capacidade de regularização do Banhado Grande atual não é suficiente para o atendimento das demandas hídricas na bacia nas épocas de estiagem.
- o Os estudos realizados pelo IPH/CPRM, afirmam que uma política operacional baseada no controle das áreas de lavoura do arroz *não resultaria no incremento, de forma significativa, do armazenamento de água no banhado.*

Mesmo que tal afirmação seja verdadeira, as simulações de balanço hídrico realizadas no presente estudo identificam que tal política teria efeitos benéficos diretos na diminuição dos déficits das demandas prioritárias na bacia.

- o Reitera-se que qualquer que seja a obra proposta no Banhado Grande para o controle das vazões afluentes, poderá provocar impactos não conhecidos na fauna e flora de tal ecossistema, assim como conclui os estudos do IPH/CPRM.

Portanto, na contramão da obra que atualmente está sendo estudada pelo DRH/SEMA, entende-se que para que qualquer obra seja idealizada naquela região, deve-se realizar extenso estudo de seus impactos ambientais.

- o Além disso, o presente estudo também se deparou com as mesmas limitações do estudo anteriormente realizado, uma vez que não se têm bem definidos os limites máximos e mínimos entre os quais o nível de água do banhado deva oscilar.

Da mesma forma, não se tem definido o hidro período do banhado. Sem tais definições, qualquer obra de caráter ambiental na região deixa de ter propósito claramente definido, por não haver o conhecimento exato das consequências que intervenções na região possam trazer.

Por isso as intervenções propostas nas regiões de banhado no presente estudo, são as de menor porte possível, haja vista a necessidade de desenvolvimento de estudos ambientais prévios às fases de projeto básico e executivo. Reitera-se também a necessidade de um monitoramento hidro-ambiental contínuo nos afluentes do banhado e a jusante durante as fases de construção e operação das obras para eventuais correções.

- o Assim como o IPH/CPRM concluiu anteriormente, o presente estudo também entende que há necessidade de complementação da rede hidrometeorológica e hidrométrica existente nos afluentes do Banhado Grande para que se possa definir o hidro período atual.

Além disso, o presente estudo concluiu que mesmo com o monitoramento futuro das variáveis hidrológicas da região, há que se compreender melhor o hidro período anterior às obras de canalização e drenagem para que se possa definir de forma objetiva o cenário retrógrado almejado e então se proponham quaisquer intervenções.

- o Conforme já definido no estudo do IPH/CPRM destaca-se a necessidade, uma vez implementada a rede no entorno do Banhado Grande, de definir juntamente à equipe de monitoramento ambiental os limites operacionais do banhado.

✓ **Estudos da METROPLAN para Mitigação dos Efeitos de Cheia em Alvorada (2016)**

Conforme estudo realizado em 2016 para a METROPLAN (STE, 2017), foram propostas intervenções de mitigação dos efeitos das cheias no município de Alvorada, especificamente nas regiões pertencentes às microbacias hidrográficas dos arroios Feijó, Águas Brancas e São João.

Neste estudo, além das alternativas de convivência com as cheias e de reassentar toda a população afetada pelas enchentes, são propostos dois cenários de intervenções estruturais: Sistema Corta Rio e Solução Diques Internos.

• **Sistema Corta Rio**

O Sistema Corta Rio propõe a criação de um polder único protegido somente pelo dique principal localizado às margens do Rio Gravataí, conforme apresentado na Figura 6.

Essa alternativa teve como propósito central minimizar processos de realocação de famílias na área em estudo.

Nesta alternativa haverá em cada saída dos arroios, junto ao dique principal, comportas que interromperão os fluxos dos arroios no momento da elevação perigosa do N.A. do Rio Gravataí fora da calha.

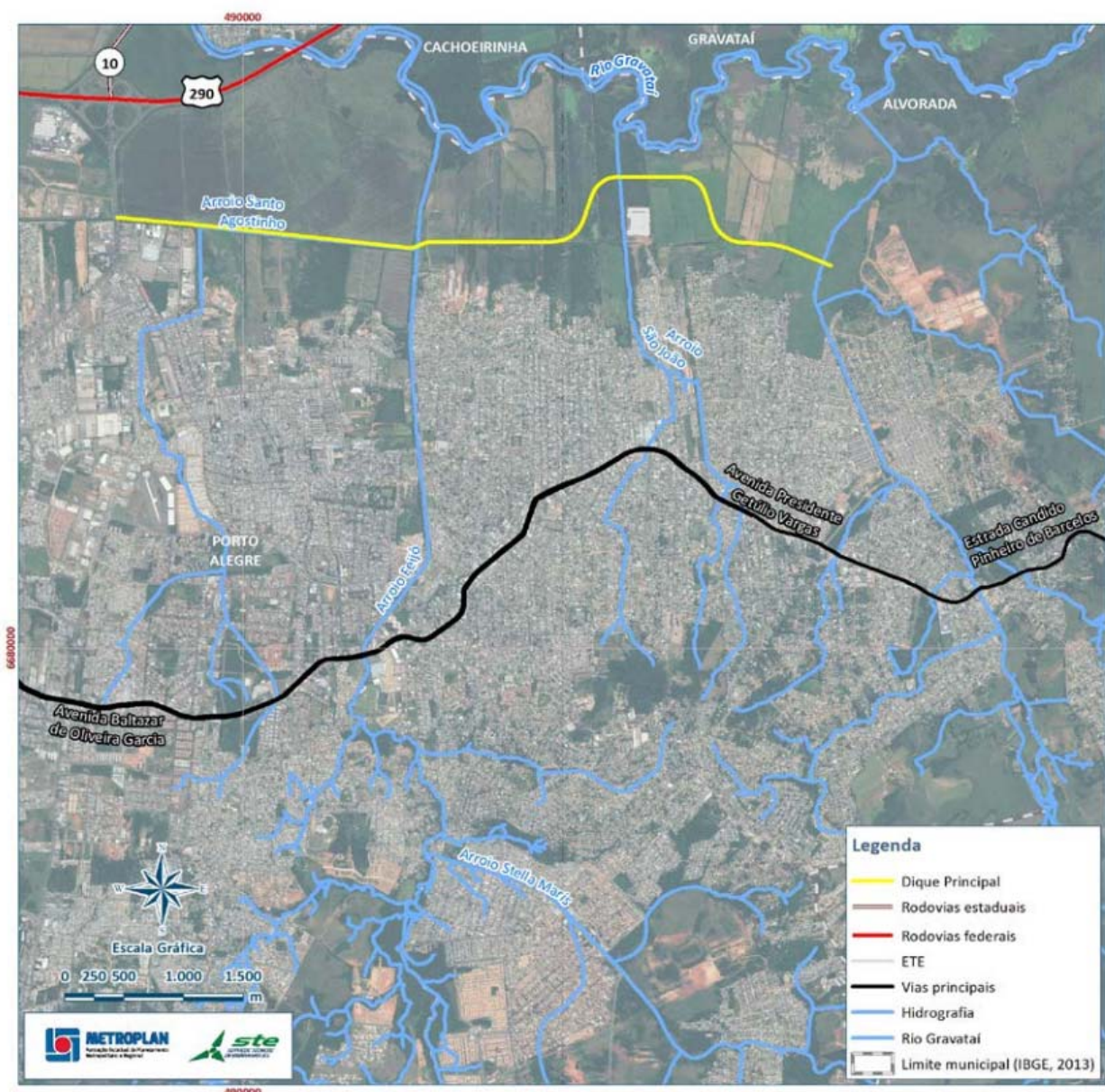


Figura 6 - Traçado do Dique Principal na Solução Corta Rio
Fonte: Metroplan, 2017

Para evitar os diques internos e acomodar as cheias com TR 25 anos foi necessário propor a implantação de reservatórios de retenção de cheias e dragagem nos arroios Santo Agostinho, Feijó, São João e Águas Belas, além de seus afluentes.

Alguns reservatórios serão off-line, isto é, entrarão em funcionamento no momento das cheias, onde estarão acopladas a casas de bombas, e outros serão in-line, ou seja, conectados diretamente no alinhamento do curso de água. Todos os reservatórios poderão ser esgotados por gravidade.

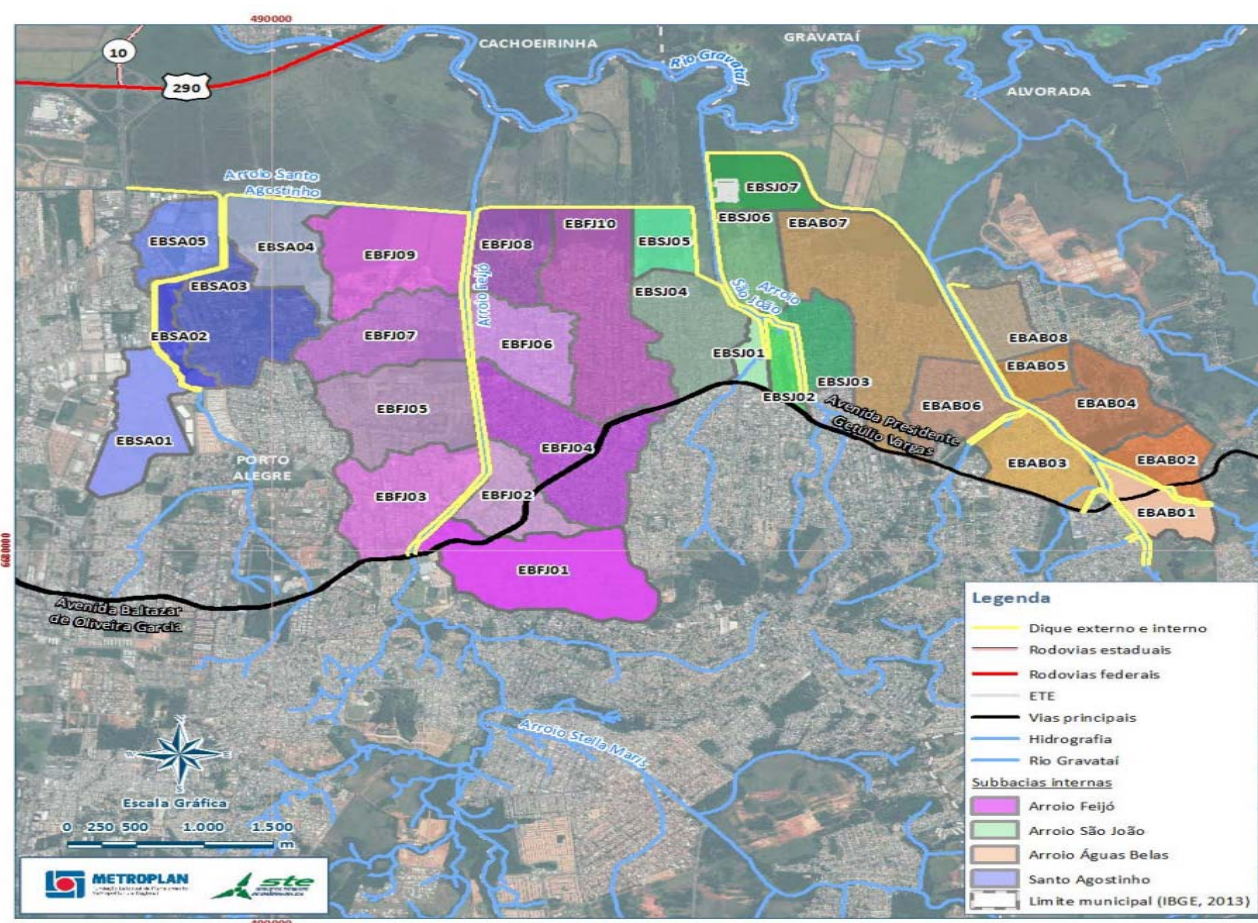
Devido ao elevado nível do lençol freático na região, faz-se necessário o esvaziamento dos reservatórios off-line nos momentos de eventos pluviométricos. Portanto, as casas de bombas deverão ser ligadas previamente para manter os reservatórios vazios no início das chuvas.

Essa solução, evidentemente, exige uma operacionalidade do sistema e o constante monitoramento das chuvas para a viabilidade do sistema de proteção das cheias.

- **Solução Diques Internos**

A Solução Diques Internos propõe a criação de um sistema de diques que avança do dique principal para montante dos arroios Santo Agostinho, Feijó, São João e Águas Belas, conforme apresentado na Figura 7.

Essa alternativa prioriza o escoamento das cheias dos arroios, e minimiza as vazões a serem bombeadas nos polders.



*Figura 7 - Traçado dos diques na Solução Diques Internos
Fonte: Metroplan, 2017*

Os diques internos partem do dique principal (Figura 7) e avançam pelas margens dos arroios Santo Agostinho, Feijó, São João e Águas Belas. Os diques se limitaram na região entre o Rio Gravataí e a Av. Presidente Getúlio Vargas, onde os N.A. são fortemente influenciados pelo remanso das cheias no Rio Gravataí

A montante da Av. Presidente Getúlio Vargas, os alagamentos são decorrentes as cheias internas e podem ser resolvidos através de medidas estruturais ou não estruturais locais ou regionais e não interferências das obras aqui projetadas.

Em função da implantação dos diques, serão criados polders que deverão ser drenados por estações de bombeamento com as áreas de atuação apresentadas na Figura 7.

Para cada área existirá uma casa de bombas, com vazões que variam de 3,3 m³/s a 24 m³/s, totalizando 64,4 m³/s na Bacia do arroio Águas Belas e 132,8 m³/s na Bacia do arroio Feijó.

Na análise de viabilidade das duas soluções, foi constatado que a solução *Diques Internos* era mais vantajosa em termos de custo-benefício, e por isso, se optou pela consolidação de tal alternativa.

Tais diques foram inseridos nas simulações hidrodinâmicas do **Cenário 2** em que constam os sistemas de proteção estruturais.

✓ **Implantação da APA Banhado Grande - SEMA/DRH**

Em paralelo ao presente estudo existem, sob a coordenação da SEMA/DRH, em concordância às exigências do Ministério Público, ações para a implantação de uma unidade de conservação complementar a APA do Banhado Grande.

Para tanto, em complemento, está se propondo uma obra de contenção junto ao canal retificado do Rio Gravataí, no exutório do Banhado Grande.

O objetivo dessa intervenção, conforme o Termo de Referência elaborado pela SEMA/DRH para **Análise de Viabilidade de Implantação de uma Unidade de Conservação na Bacia do Rio Gravataí**, é:

A criação de uma unidade vinculada ao Banhado Grande sob a ótica da conservação da biodiversidade: a restauração e manutenção dos ecossistemas e de seus serviços ambientais que estão ameaçados pelo processo erosivo decorrentes da ação humana. Um propósito complementar, sob a ótica dos recursos hídricos, é a preservação e o resgate dos serviços ecossistêmicos do banhado no que toca à prevenção dos eventos extremos de estiagem e de enchentes no Rio Gravataí.

Essa intervenção está em fase de estudos topográficos e geotécnicos para definição do eixo da obra de contenção, assim como, para o conhecimento das características geotécnicas da fundação da obra.

O perfeito entendimento do impacto dessa obra somente será possível a partir da realização, não só dos estudos topográficos e geotécnicos, mas também de simulações hidrológicas e hidrodinâmicas, avaliando a mudança da dinâmica do escoamento ocasionada pela obra.

No entanto, pela fase que se encontra tal estudo, não foi possível incluir e avaliar tal alternativa nos cenários propostos no presente trabalho.

Além disso, entende-se que a solução proposta nesse relatório, para a restauração das áreas degradadas, não só no Banhado Grande, mas também as áreas a jusante passando pela Lagoa da Anastácia até o Passo dos Negros, atende os objetivos pretendidos pela SEMA/DRH.

Além da solução proposta no presente estudo ser mais abrangente (área beneficiada mais extensa), também se espera que gere menos externalidades por serem obras localizadas na calha principal do rio e, portanto, menos extensivas.

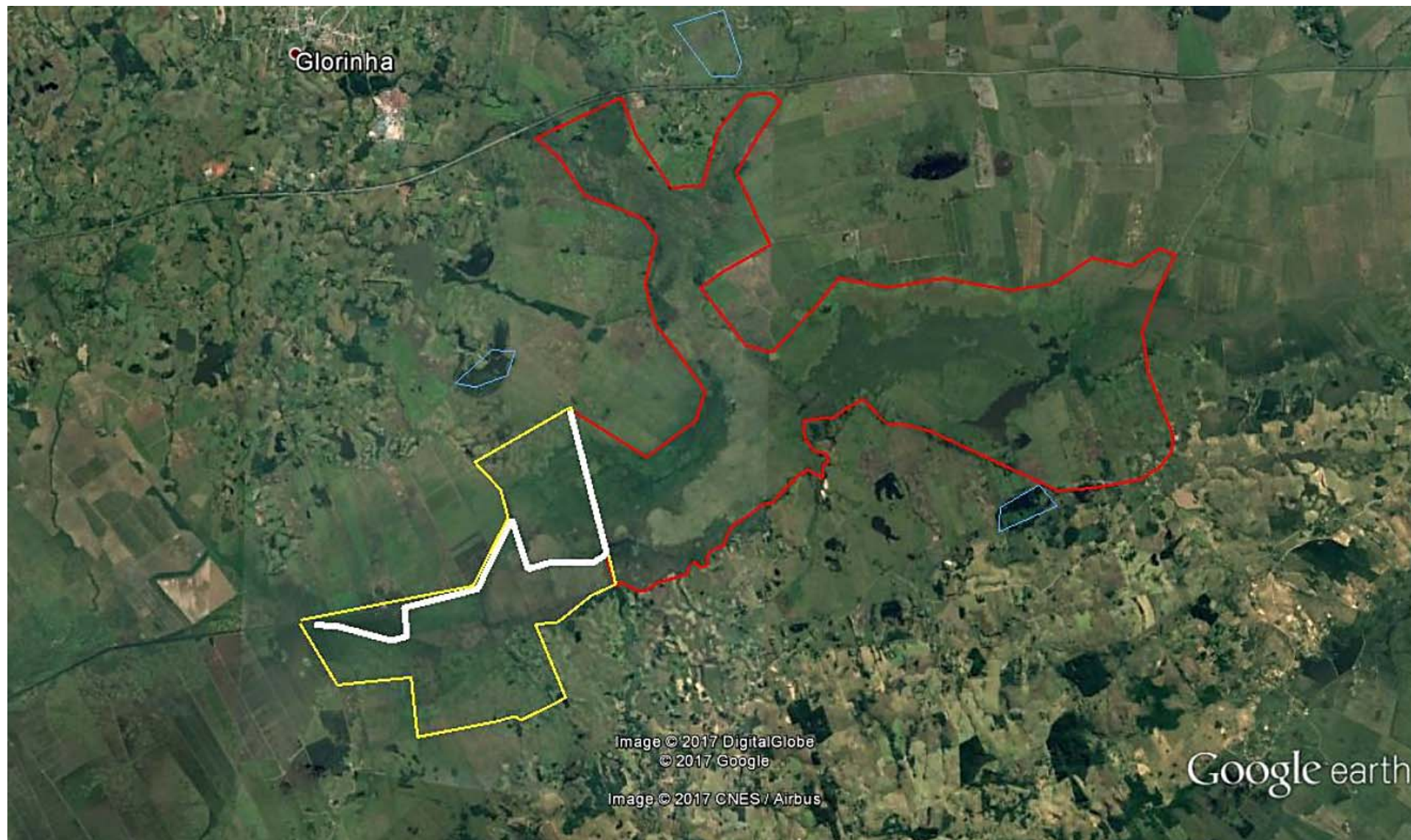
Em contraponto, a obra proposta pela SEMA/DRH tem uma extensão aproximada de 9 km.

Sugere-se que nos estudos futuros seja avaliada a interação entre as duas alternativas, de forma a adaptá-las para que não haja interferências entre elas e consequente não obtenção dos benefícios almejados.

Além disso, devem-se avaliar, a partir de modelagem numérica hidráulica, os efeitos que tal proposta irá gerar no sistema hídrico e no ecossistema.

A Figura 8 apresenta o eixo **em branco** que está em fase de estudo pela SEMA/DRH para a implantação da obra.

Pretende-se realizar o desvio das águas advindas do Banhado Grande para uma área agrícola que antigamente fazia parte do ambiente de banhado, localizada na margem esquerda do canal do Gravataí.



*Figura 8 - Linha de levantamento geotécnico no possível eixo da obra
Fonte: SEMA/RS, 2017*

3.5 Conceitos e Diretrizes do Zoneamento de Áreas Inundáveis

O **Zoneamento de Áreas Inundáveis** é a definição de um conjunto de regras para a ocupação de áreas de risco de inundação, visando à minimização de perdas materiais e humanas decorrentes de inundações e fornecendo condições para o desenvolvimento racional das áreas ribeirinhas. O objetivo do zoneamento é o de disciplinar a ocupação do solo visando minimizar o impacto devido às inundações.

A metodologia consiste em definir faixas onde são estabelecidas condicionantes desta ocupação. Os critérios de ocupação são introduzidos no Plano Diretor urbano da cidade, sendo que o zoneamento deve ser complementado por um sistema de alerta.

O Zoneamento deve ser baseado em uma avaliação objetiva da adequação do uso do solo, risco de cheias, aspectos ambientais, sociais, econômicas e administrativas. Para tanto, são definidos os seguintes elementos:

- **Planície de Inundação**, que compõe a área onde serão estabelecidas regras para ocupação;
- **Zona de Passagem de Cheias**, que deve ser mantida desobstruída;
- **Zona com Restrições de Ocupação**, onde é permitida ocupação regulamentada para conviver com inundações de pequenas profundidades e baixas velocidades;
- **Zona de Baixo Risco**, com pequena probabilidade de inundações, restrita a eventos excepcionais de grandes cheias².

✓ **Delimitação da Planície de Inundação:**

A determinação da *planície de inundação para efeitos de zoneamento* é efetuada em função do risco de ocorrência de inundações. Tradicionalmente, a planície de inundação, à qual serão estabelecidas as regras de ocupação referentes ao zoneamento, é associada à área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos. Embora seja possível utilizar níveis de risco maiores (por exemplo, TR = 500 anos), estas condições só devem ser adotadas onde possa ser claramente demonstrado que a situação é excepcional (FEMA, 1992; FEMA, 2004; DIPNR, 2005).

O Zoneamento de Inundações contempla a elaboração do mapeamento de inundações, efetuados a partir da delimitação da **Planície de Inundação** (estabelecida, para efeito de zoneamento, como sendo a área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos), geralmente com a definição de três zonas de risco:

- **Zona de Passagem de Cheias, que deve ser mantida desobstruída:** corresponde ao canal do rio e às áreas adjacentes que devem permanecer livres de obstrução para que a inundação de TR = 100 anos possa ser transportada para jusante (DNR, 2014). Esta faixa funciona hidráulicamente permitindo o escoamento da cheia de TR = 100 anos, de forma que não crie novos problemas, nem a montante nem a jusante. Esta faixa deve ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos;

² Com a implantação de diques, zonas que antes eram de passagem de cheias ou com restrição de ocupação passam a ser de baixo risco.

- **Zona com Restrições de Ocupação, onde é permitida ocupação regulamentada para conviver com inundações de pequenas profundidades e baixas velocidades:** A Zona com Restrições de Ocupação corresponde à porção da planície de inundação que não faz parte da Zona de Passagem de Cheias.

Esta zona fica inundada, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribui muito para a drenagem da enchente. A ocupação desta área é permitida, mas deve ocorrer com restrições para garantir danos mínimos, e um plano de contingência deve ser elaborado para atender às áreas já consolidadas;

- **Zona de Baixo Risco, com pequena probabilidade de inundações, restrita a eventos excepcionais de grandes cheias:** A Zona de Baixo Risco corresponde às áreas urbanas externas à da planície de inundação associada à cheia com TR = 100 anos. Nesta área, delimitada por cheias de baixa frequência, podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações.

Destaca-se, porém, que é necessário orientar a população para a eventual possibilidade de inundações e dos meios para proteger-se das perdas decorrentes, recomendando o uso de instalações com pelo menos dois pisos, onde os andares mais elevados podem ser utilizados em períodos críticos. Outras medidas podem ser incluídas em um plano de contingência.

A Figura 9 mostra um exemplo de Planície de Inundação (*Floodplain*), destacando a Zona de Passagem de Cheias (*Floodway*) e a Zona com Restrições de Ocupação (*Flood Fringe - FF*).

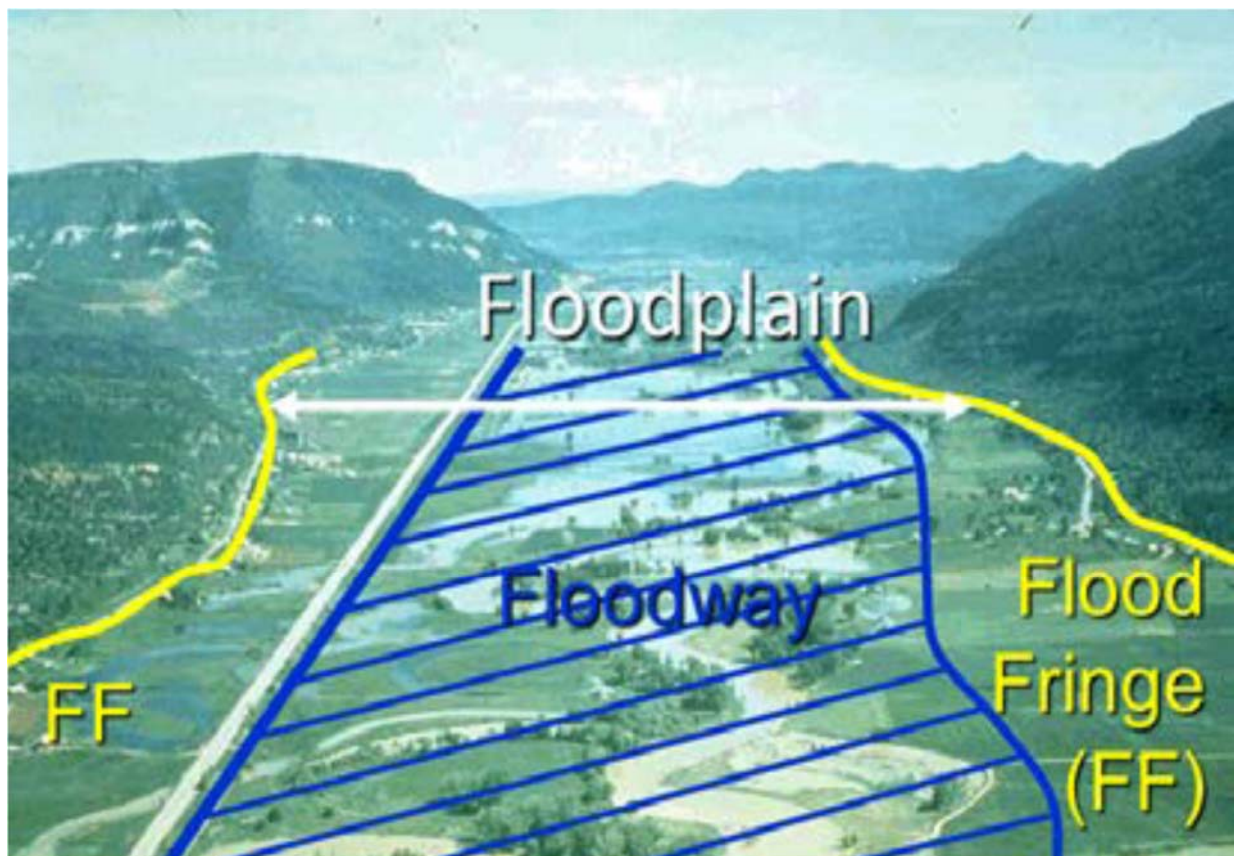


Figura 9 - Planície de Inundação, Zona de Passagem de Cheias e com Restrições de Ocupação
Fonte: DNR, 2014

✓ **Possíveis Usos e Formas de Ocupação:**

• **Zona de Passagem de Cheia**

Esta faixa permite o escoamento da cheia de TR = 100 anos, estando sujeita a escoamentos com alta energia, a partir de combinações de velocidades e profundidades capazes de causar danos a propriedades, perigo a pessoas, danos estruturais e erosão, conforme ilustrado na Figura 10.

Em consequência, esta faixa deve ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos. A área pode ser utilizada desde que não obstrua o escoamento e que, ao inundar, não sofra prejuízos humanos e materiais significativos.

Não deve ser permitida nenhuma nova construção e o Poder Público poderá, paulatinamente, relocar as habitações existentes.

Na construção de obras como rodovias e pontes, deve ser verificado se as mesmas produzem obstruções ao escoamento. Naquelas já existentes, deve-se calcular o efeito da obstrução e verificar medidas para correção, quando for o caso.

Usos potenciais: agrícola, parques, estacionamentos, banhados e áreas ambientais, serviços.

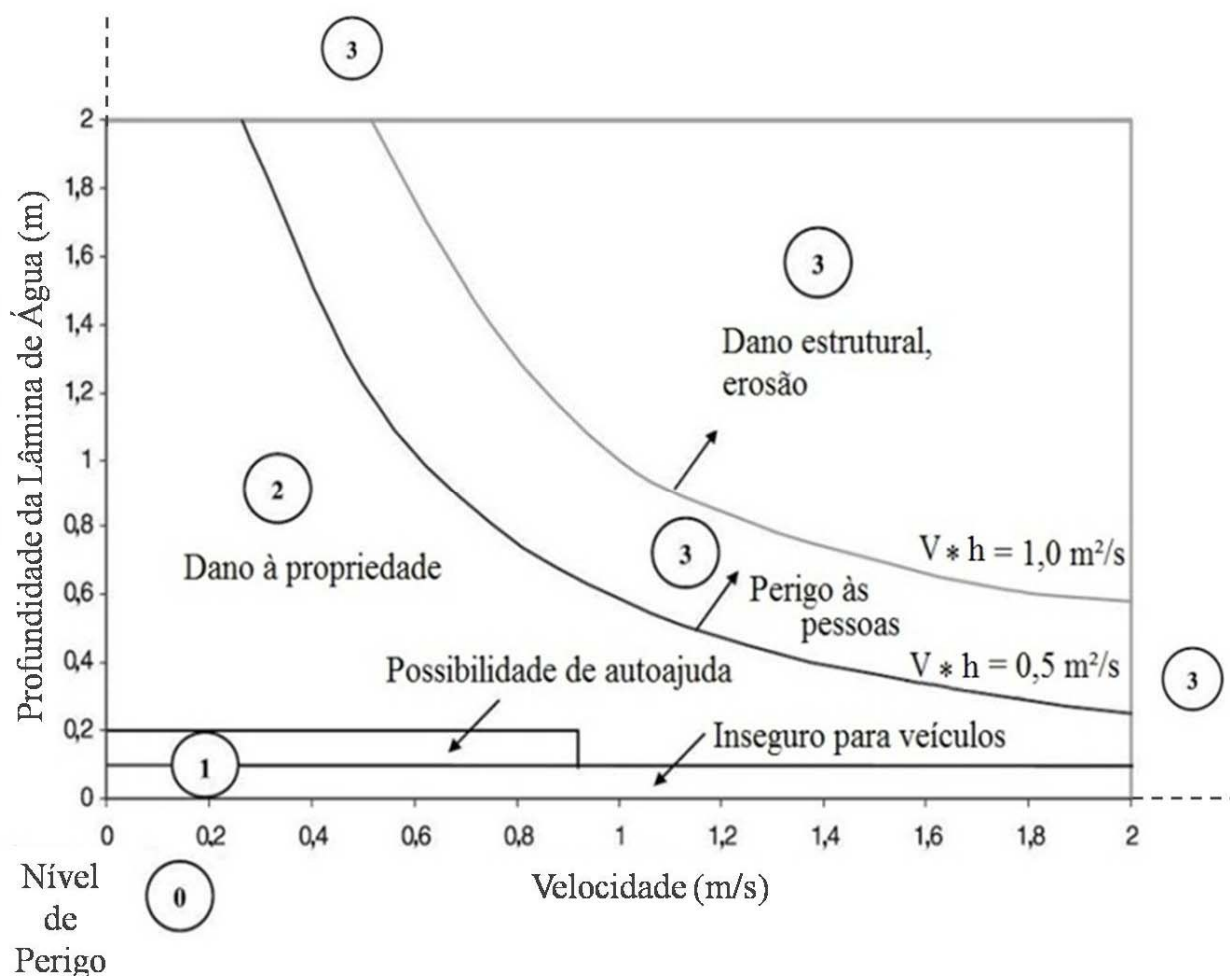


Figura 10 - Diagrama do perigo de inundação
Fonte: Adaptado e modificado de Stephenson 2002

- **Zona com Restrições de Ocupação**

A Zona com Restrições de Ocupação é a parcela remanescente da planície de inundação (DNR, 2014). Ou seja, corresponde à porção da planície de inundação que não faz parte da Zona de Passagem de Cheias. Esta zona fica inundada, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribui muito para a drenagem da enchente.

A ocupação desta área é permitida, mas deve ocorrer com restrições para garantir danos mínimos, e um plano de contingência deve ser elaborado para atender às áreas já consolidadas.

Esta zona pode ser dividida em subáreas, sendo que os usos preferenciais podem ser:

- o parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo;
- o uso agrícola;
- o habitações com mais de um piso, estruturalmente protegidas contra cheias, sendo que o piso superior ficará situado acima do nível limite da cheia;
- o industrial/comercial, com áreas de carregamento, estacionamento e armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removíveis ou não sujeitos a danos de cheias;
- o serviços básicos, tais como linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetados.

As permissões quanto ao tipo de ocupação nas zonas com restrição têm o objetivo de minimizar os prejuízos às edificações que já estão consolidadas ou que venham a ser construídas. Portanto o viés das recomendações de ocupação nessas áreas é voltado para o aumento da resiliência dessas ocupações às inundações. **Ainda devem ser observadas as demais regulamentações dos próprios municípios, assim como, as legislações que regulamentam Áreas de Preservação Permanente (APP's), Áreas de Proteção Ambiental (APA's), entre outras.**

Na avaliação das áreas de expansão urbana previstas pelos municípios que se encontram nas zonas com Restrições de Ocupação, além de quantificar o impacto às regiões vizinhas quanto ao aumento da lâmina d'água, também foi avaliada a cota de segurança para se ocupar tais áreas. **As cotas de segurança caso sejam ocupadas as Zonas com Restrições de Ocupação são apresentadas nos mapas de zoneamento do Cenário 1.**

Essas cotas de segurança servem como orientação às novas ocupações, para que se protejam abaixo de tal limiar. As soluções podem ser as mais diversas, conforme citado anteriormente, desde aterros, diques de proteção, casas sobre pilotis, edificações com garagens nos primeiros pisos, entre outros.

- **Zona de Baixo Risco**

A Zona de Baixo Risco corresponde às áreas urbanas associadas a cheias superiores ao TR = 100 anos. Consequentemente, é formada pelas áreas externas à da planície de inundação associada à cheia com TR = 100 anos. Sendo adicionadas no **Cenário 2**, as áreas protegidas pelos diques.

Nesta área, delimitada por cheias de baixa frequência, podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações.

Destaca-se, porém, que é necessário orientar a população para a eventual possibilidade de inundações e dos meios para proteger-se das perdas decorrentes, recomendando o uso de instalações com pelo menos dois pisos, onde os andares mais elevados podem ser utilizados em períodos críticos.

Outras medidas podem ser incluídas em um plano de contingência.

- **Ocupações existentes nas áreas de inundação**

Quanto às construções já existentes na Zona com Restrição de Ocupação, deverá ser realizado um **cadastramento completo das mesmas e estabelecido um plano para reduzir as perdas no local**, bem como àquelas provocadas pelo remanso, resultante da obstrução do escoamento.

Já as construções existentes na Zona de Passagem de Cheias, conforme mencionado anteriormente, devem ser paulatinamente desapropriadas e relocadas.

No caso de obras públicas como escolas, hospitais, e prédios administrativos deve-se verificar a viabilidade de protegê-los ou removê-los para áreas seguras, em médio prazo.

As sub habitações como favelas e habitações de população de baixa renda, devem ter sua transferência negociada para áreas mais seguras.

No caso de áreas industriais e comerciais **pode-se incentivar as medidas de proteção** às construções e, se for o caso, de toda a área, a expensas dos beneficiados.

3.6 Cenário de Convivência com Cheias e Estiagens (C0)

O crescimento populacional, principalmente nas áreas urbanas, e o consequente crescimento das cidades geram muitos impactos sobre o meio ambiente.

Fatores como um aumento expressivo e contínuo da população urbana após 1970 até os dias atuais (IBGE, 2010), falta de uma política nacional de desastres naturais até meados de 2012 (BRASIL, 2012), a ineficiência da aplicação ou a má formulação de planos que envolvam proteção a inundações, contribuem para um panorama em que as inundações estão causando danos econômicos e sociais em escala crescente. No que se referem aos recursos hídricos, problemas de abastecimento urbano, poluição e enchentes são cada vez mais frequentes.

A impermeabilização de um ambiente antes rural direciona maior parcela de água pluvial a um escoamento superficial, dada à redução da interceptação, infiltração e evaporação, além de provocar uma aceleração do movimento da água dentro da bacia, por reduzir o amortecimento e canalizar o escoamento.

Como resultado, tem-se mais volume de água em menor tempo, levando à ocorrência de cheias com magnitudes variáveis (Lindsey, 1990). A qualidade dos corpos d'água em meios urbanizados também é alterada, visto que a maioria dos dejetos da cidade é direcionada para estes (Hall, 1986).

O crescimento de um ambiente urbanizado implica em alterações na cobertura e configuração do solo natural, pois pressupõe a delimitação de unidades de ocupação com implantação de diferentes estruturas de conforto, como casas, prédios, calçadas e ruas pavimentadas.

Esse desenvolvimento urbano, com a impermeabilização de grandes áreas, modifica a ocorrência natural do ciclo hidrológico, através de alterações nas quantidades de água envolvidas nos processos constituintes do ciclo.

Com a urbanização, ocorre a impermeabilização e uma parcela de água que infiltrava no solo passa a compor o escoamento superficial, com aumento dos volumes escoados e das vazões de pico, ao mesmo tempo em que o tempo de concentração se reduz, o que faz com que os hidrogramas de cheias se tornem mais críticos.

Estas alterações provocam um aumento na frequência e gravidade das inundações, o que pode ser visto, todo ano, nos principais jornais do país, que relatam alagamentos provocados pelas águas das chuvas no meio urbano.

A atuação da sociedade em resposta a estas consequências tem se dado, geralmente, através de obras que atuam no efeito, e que na maioria das vezes tornam-se ineficientes dada a variabilidade das respostas destas áreas de acordo com a evolução do ambiente urbano (Genz, 1994).

Outro aspecto inerente às soluções hoje implementadas é a sua capacidade de transferência do problema para regiões a jusante, como se percebe na construção de grandes canais.

Observa-se, também, a carência de ferramentas que auxiliem na tomada de decisão quanto ao risco, perigo e vulnerabilidade dos sistemas.

Pode-se definir risco de forma simples como uma função de perigo versus vulnerabilidade, em que cada uma dessas variáveis necessita ser analisada separadamente, porém possuem inter-relação.

O perigo se apresenta como um fenômeno físico e suas probabilidades, enquanto a vulnerabilidade compõe a suscetibilidade de uma comunidade ou ecossistema a um dano advindo do perigo e o poder de resiliência a esse dano, o que torna boa parte dos desastres naturais consequência das relações sociais.

Já a exposição demonstra o grau que uma comunidade ou sistema está propenso a sofrer com o perigo, sendo uma condição necessária para haver vulnerabilidade.

Nessas condições, o risco possui um processo desigual de acordo com as classes sociais, o que explica a necessidade de um enfoque de maior precisão para obtenção desse desequilíbrio e como o setor público contribui na gestão para diminuir ou aumentar essa vulnerabilidade.

O enfoque principal da vulnerabilidade precisa passar por uma ação integrada entre o setor público, privado e sociedade civil alinhada a técnicas de gestão de desastres naturais (prevenção/mitigação, prevenção, preparação, resposta e recuperação).

Uma sociedade adaptada aos efeitos de um perigo torna-se menos vulnerável e diminui a sua exposição, permitindo, assim, criação de condições necessárias para o desenvolvimento um estado de melhor bem-estar social.

Para análise dos impactos causados pela evolução da ocupação na bacia, foi necessário projetar o cenário futuro tendencial (**Cenário 0**) de crescimento urbano considerando a expansão territorial e o aumento das demandas hídricas na bacia.

Para estimar o **Cenário 0**, foi considerado que a projeção de crescimento da área urbana é o uso preponderante que irá ser modificado no futuro.

Para tanto, foram utilizadas informações das macrozonas dos Planos Diretores dos municípios que fazem parte da Bacia, identificando as áreas de expansão urbana, em combinação com as informações de área e população urbana dos Setores Censitários do IBGE.

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, além dos fatores naturais e dos estruturais que alteram o escoamento do Rio Gravataí outro fator de grande importância são as retiradas de água, tanto para irrigação quanto para abastecimento urbano que, juntamente com os lançamentos de efluentes, são potencializadores dos problemas durante as estiagens, causando desabastecimento e deterioração da qualidade d'água.

Em consequência, fez-se necessário avaliar os impactos causados pelas atividades agrícolas na bacia.

Esta avaliação foi efetuada a partir de uma simulação do funcionamento do sistema para diferentes áreas de exploração agrícola (basicamente irrigação do arroz), visando avaliar as falhas de atendimento considerando demandas de abastecimento público, criação animal, e usos industriais, além de propiciar garantia de vazão mínima remanescente para manutenção da qualidade d'água e ecossistemas dependentes do curso d'água.

3.6.1 Análise das Cheias - Cenário Futuro de Desenvolvimento Urbano

O cenário futuro de desenvolvimento urbano busca representar o escoamento das cheias para a situação de ocupação futura.

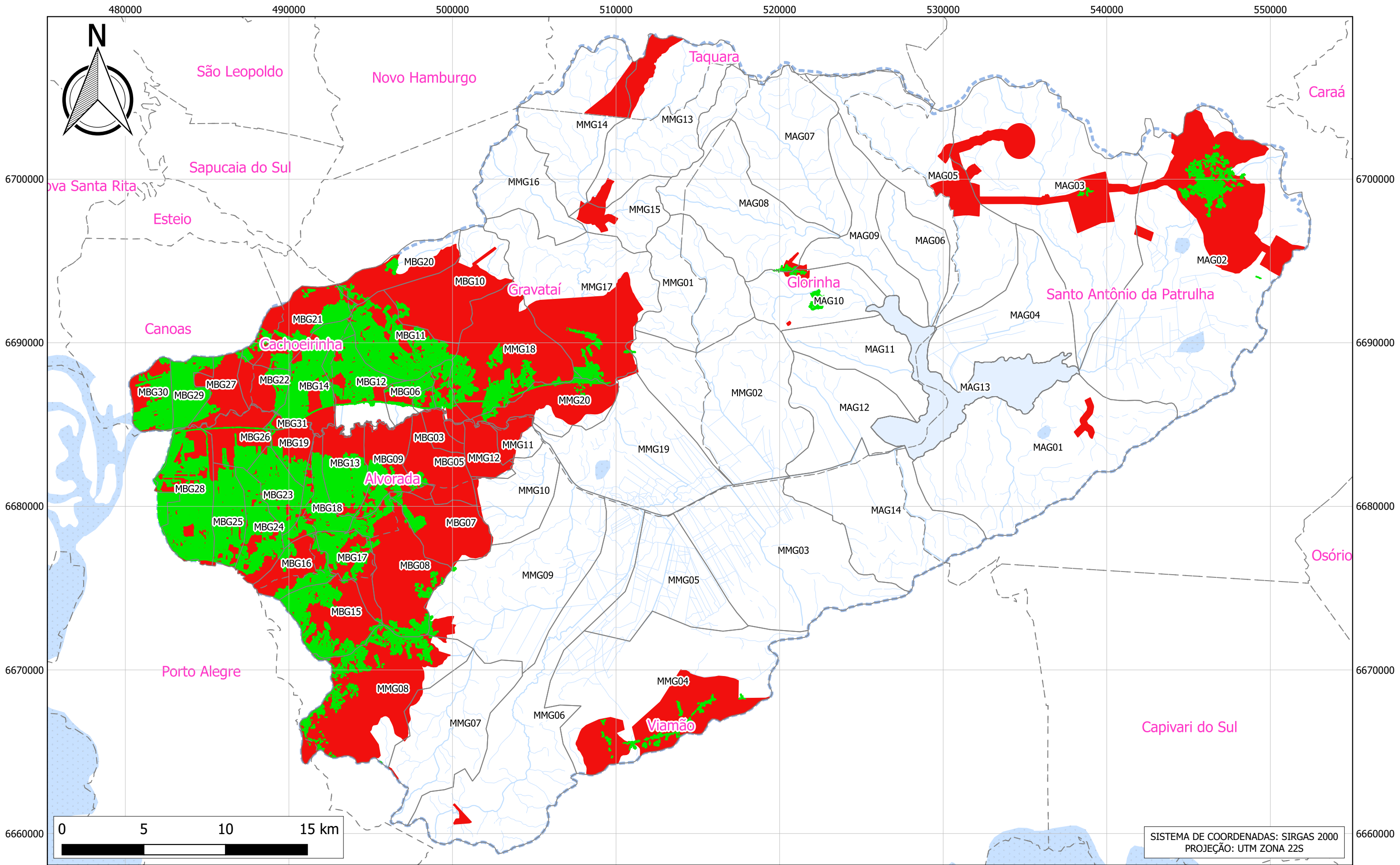
Para tanto, é utilizado um modelo de transformação chuva-vazão, onde são determinadas as vazões resultantes de chuvas associadas a diversas probabilidades de ocorrência (diferentes tempos de retorno).

Desta forma, a metodologia adotada simula a vazão a partir da precipitação, representando o hidrograma para condições atuais e futuras.

Este processo foi efetuado por meio da técnica do hidrograma unitário, utilizando o método SCS-CN, onde o parâmetro CN representa a potencialidade do solo para gerar o escoamento decorrente de uma precipitação, levando em conta o estado de umidade do solo, uso do solo e seu grau de impermeabilização.

Assim, diferentes condições de ocupação são representadas por diferentes valores do parâmetro CN, permitindo a estimativa da vazão em função das alterações urbanísticas decorrentes do crescimento populacional.

No presente estudo, o cenário futuro tendencial (**Cenário 0**) de crescimento urbano foi estimado a partir da identificação das áreas de expansão urbana conforme os Planos Diretores dos municípios que fazem parte da Bacia, em combinação com as informações de área e população urbana dos Setores Censitários do IBGE, conforme apresentado na Figura 11.







 Limite da Bacia

 Limites Municipais

 Hidrografia

 Subbacias do Modelo

 Área Urbana Atual

 Ocupação Urbana Tendencial



METROPLAN

Escala:

GRÁFICA

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS E ESTIAGEM NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ

Figura 11: Cenário Tendencial de Ocupação Urbana

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, a plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), foi utilizada para simulação do comportamento da bacia quando sujeita a eventos de cheias devido a chuvas de diferentes tempos de retorno, adotando o módulo hidrológico HEC-HMS em conjunto com o modelo com o módulo hidráulico HEC-RAS.

Para tanto, foram definidas 64 sub-bacias dentro do modelo hidrológico:

- 13 sub-bacias no Alto Gravataí;
- 20 sub-bacias no Médio Gravataí;
- 31 sub-bacias no Baixo Gravataí.

Conforme já referido, o processo de transformação chuva-vazão foi efetuado por meio da técnica do hidrograma unitário, utilizando o método SCS-CN.

Assim, para retratar a modificação no uso do solo e no grau de impermeabilidade do solo causado devido à expansão da área urbana, foi necessário atribuir valores para o coeficiente CN de cada uma das 64 sub-bacias adotadas no modelo hidrológico.

Os anexos, exibidos no capítulo 5, apresentam os resultados das simulações hidrológicas e hidrodinâmicas.

O anexo 5.1.1 apresenta os resultados em formato tabular e gráfico da hidrologia, o anexo 5.1.2 apresenta os mapas resultantes da hidrologia e o anexo 5.1.3 apresenta os mapas resultantes das simulações hidrodinâmicas.

Foram elaborados novos mapas com o coeficiente CN e com a impermeabilização com base nas projeções de expansão urbana dos municípios sendo apresentados nos anexos.

As vazões para cada tempo de retorno, a análise da consistência dos resultados em relação aos incrementos de CN e coeficiente de impermeabilização e mapas com os resultados das vazões de cheia também são apresentados nos anexos e serviram de subsídio para as simulações hidrodinâmicas.

Portanto, a partir destas parametrizações, foi possível estimar as áreas inundadas para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial.

Conforme detalhado no item 3.4.1, **o presente trabalho busca controle de inundações, mas o controle de alagamentos não compõe o escopo do estudo.**

As simulações efetuadas contemplam o Rio Gravataí, o principal formador, bem como os tributários que passem por áreas urbanizadas.

O principal efeito de inundação é devido a inundações do Rio Gravataí, mas podem ocorrer inundações isoladas ou combinadas com alagamentos devido à drenagem urbana.

O presente estudo contempla ambas situações, da seguinte forma:

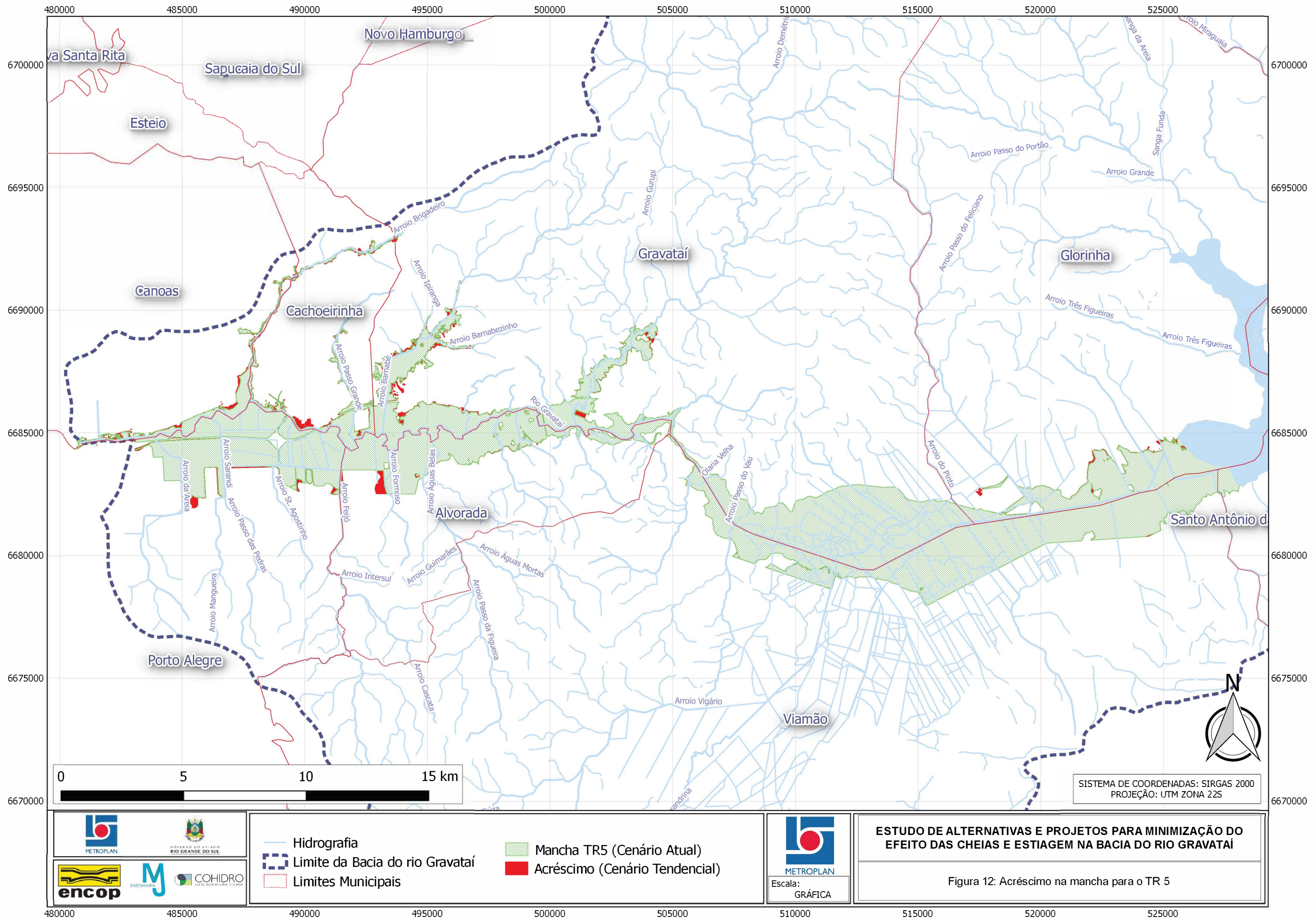
- as medidas propostas para controle de inundações do rio Principal (Gravataí) ou que são necessárias devido ao remanso do rio Principal são **detalhadas por comporem o escopo do trabalho em desenvolvimento;**

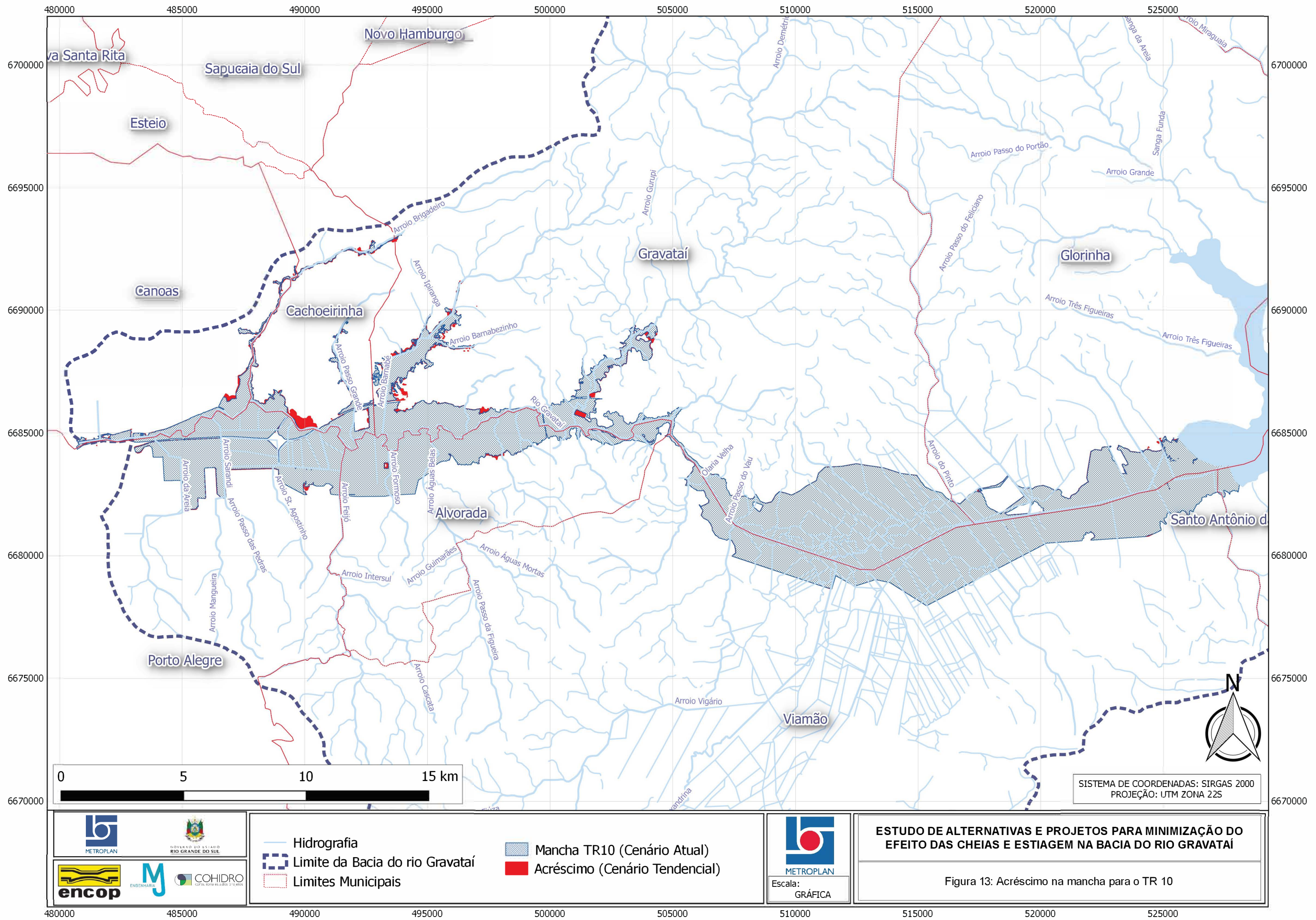
- as medidas para controle de alagamentos causados pela drenagem urbana, por falta de capacidade dos tributários para escoar suas cheias, são propostas como **diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais**, incluindo: limpeza/dragagem de canal, melhoria de travessias (pontes, pontilhões), reservatórios de retenção, zoneamento de áreas inundáveis.

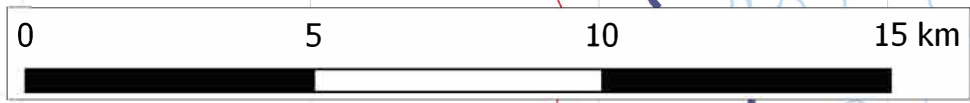
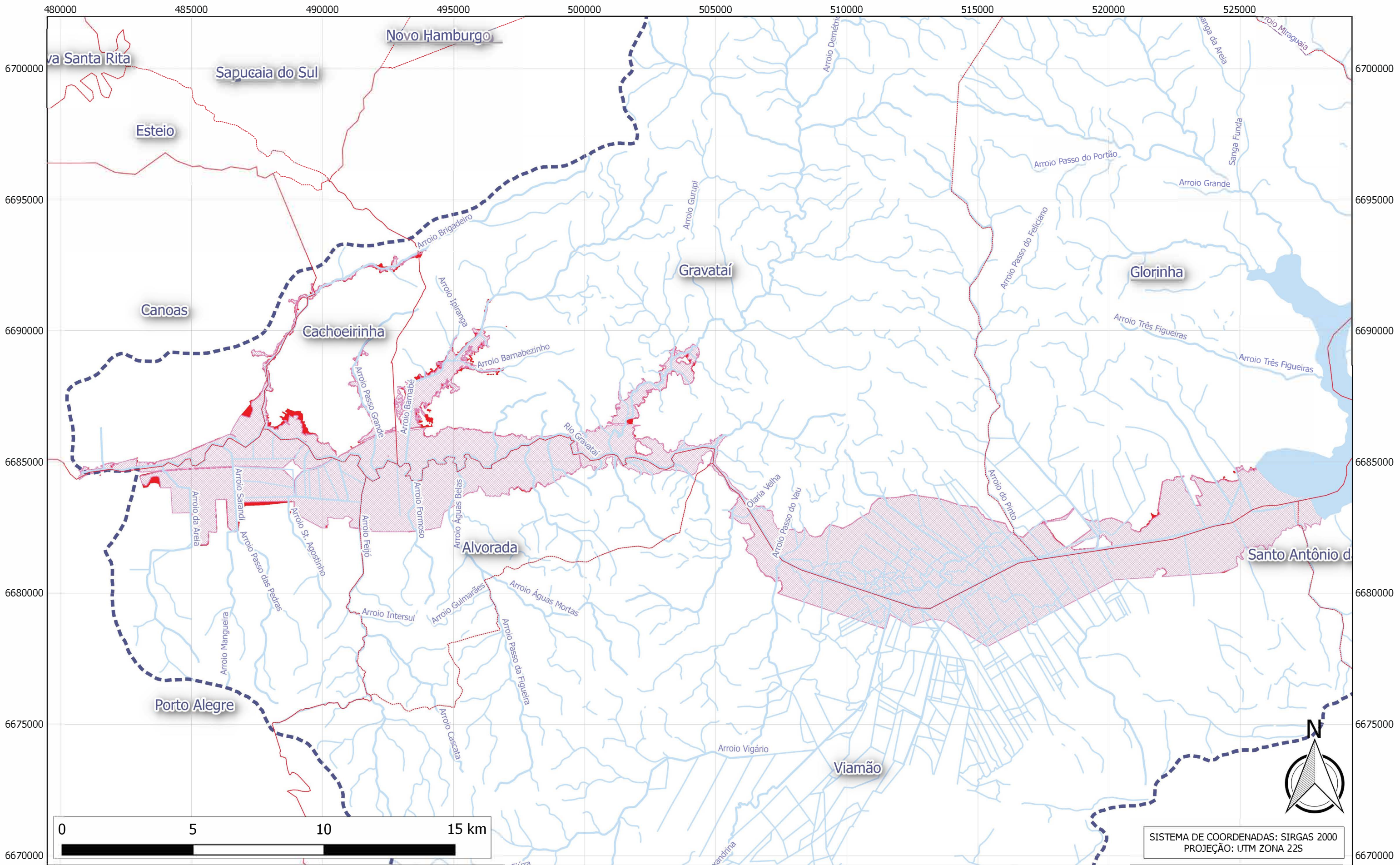
O impacto da expansão urbana pôde ser avaliado a partir da comparação das estimativas de áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial, para cada um dos períodos de retorno simulados.

Da Figura 12 à Figura 16 são apresentadas as diferenças, em planta, das estimativas de áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial, para os diversos períodos de retorno simulados.

Pode-se observar que o acréscimo de área inundada não é grande, mas que os impactos são muito importantes, em função de que o montante de área urbanizada atingida é significativo.







SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S

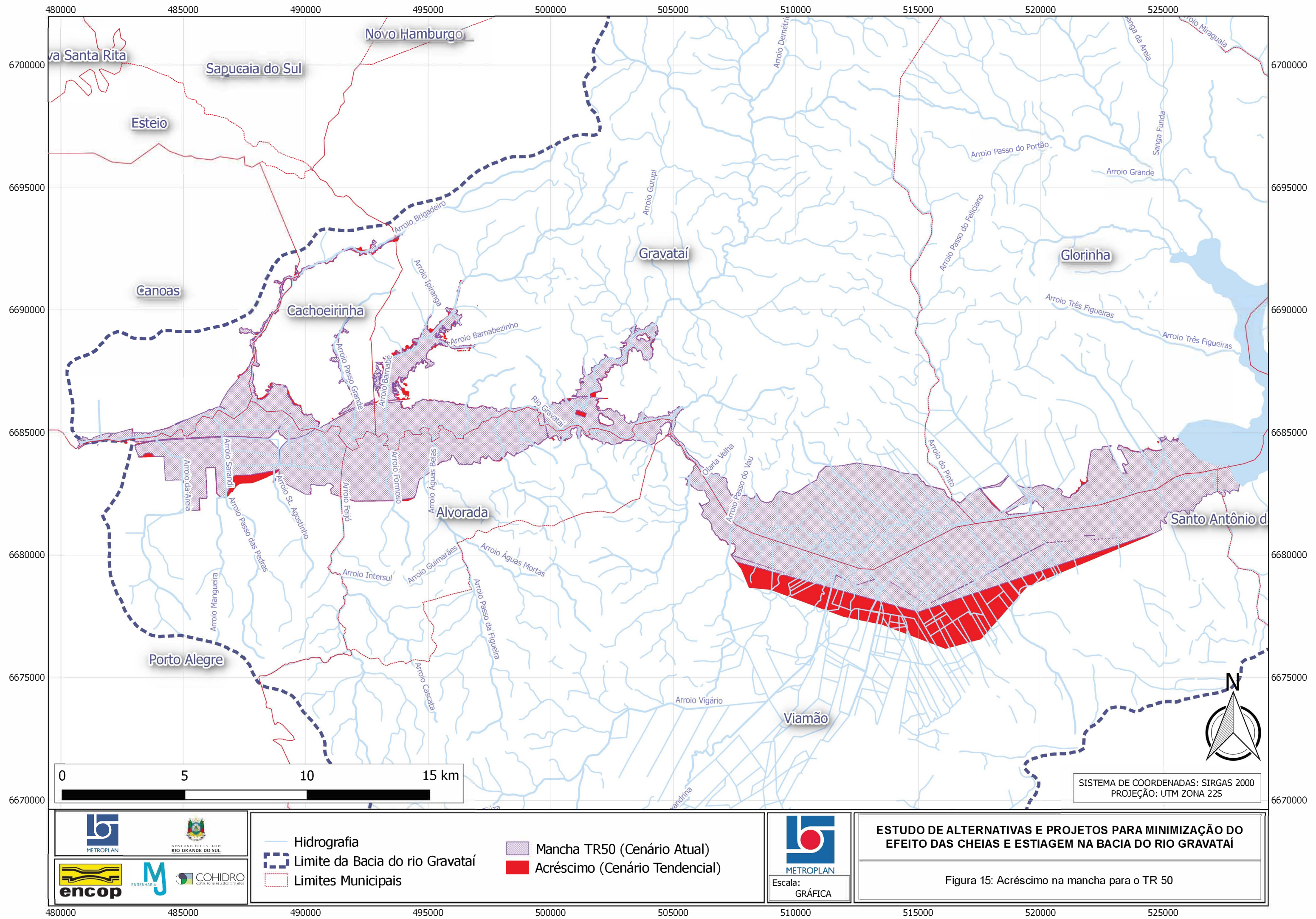


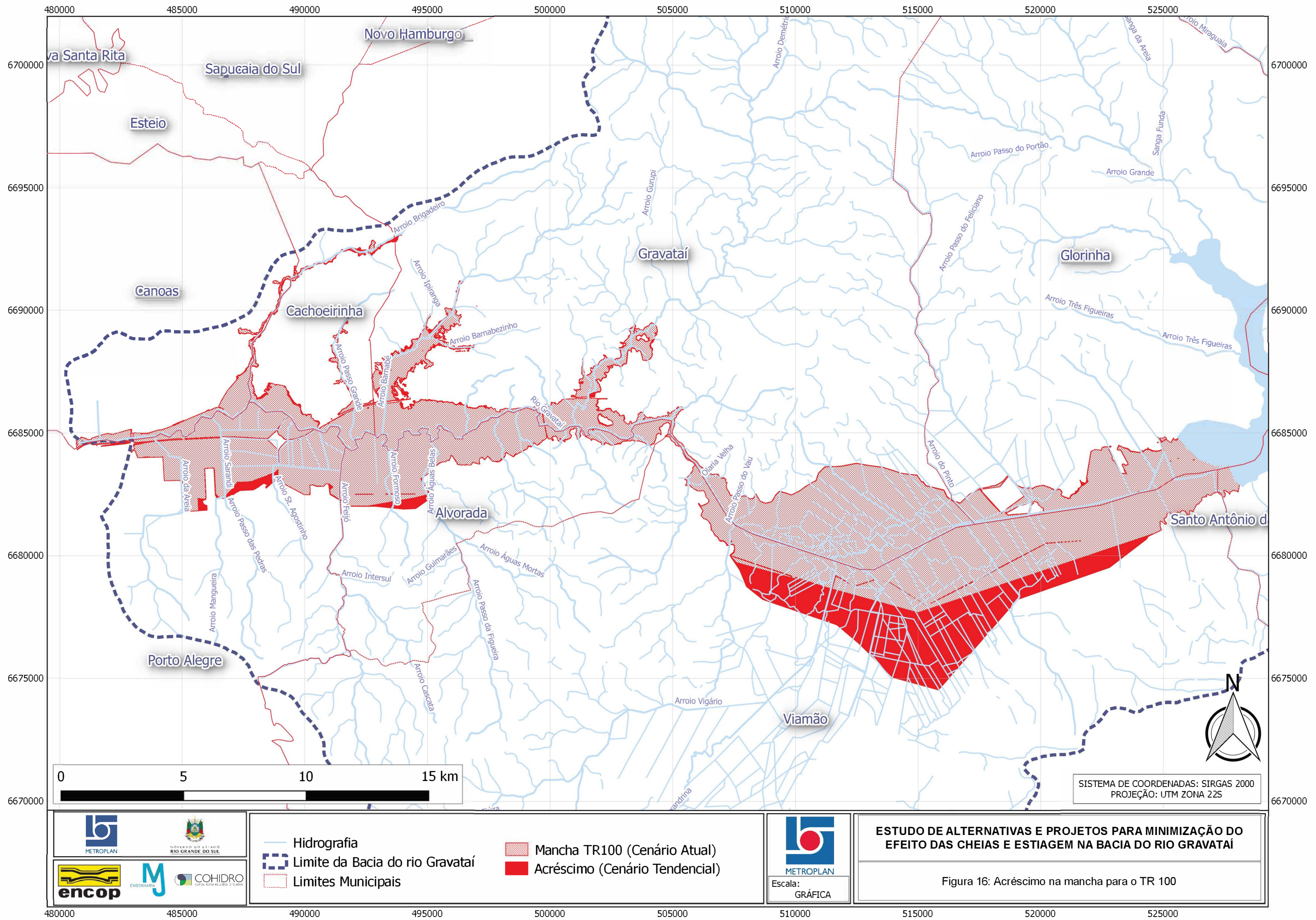
- Hidrografia
- Limite da Bacia do rio Gravataí
- - - Limites Municipais
- Mancha TR25 (Cenário Atual)
- Acréscimo (Cenário Tendencial)



ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS E ESTIAGEM NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ

Figura 14: Acréscimo na mancha para o TR 25



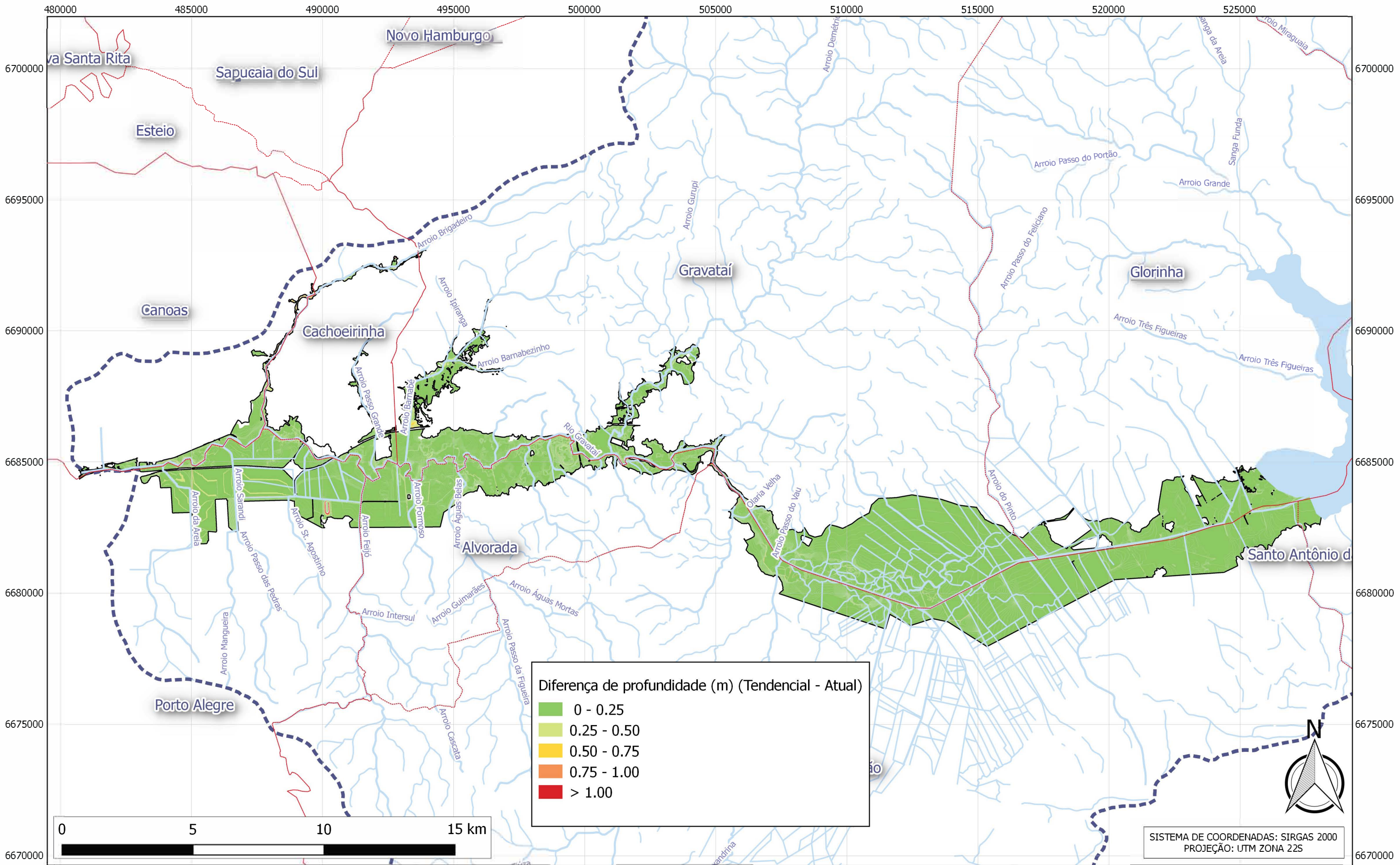


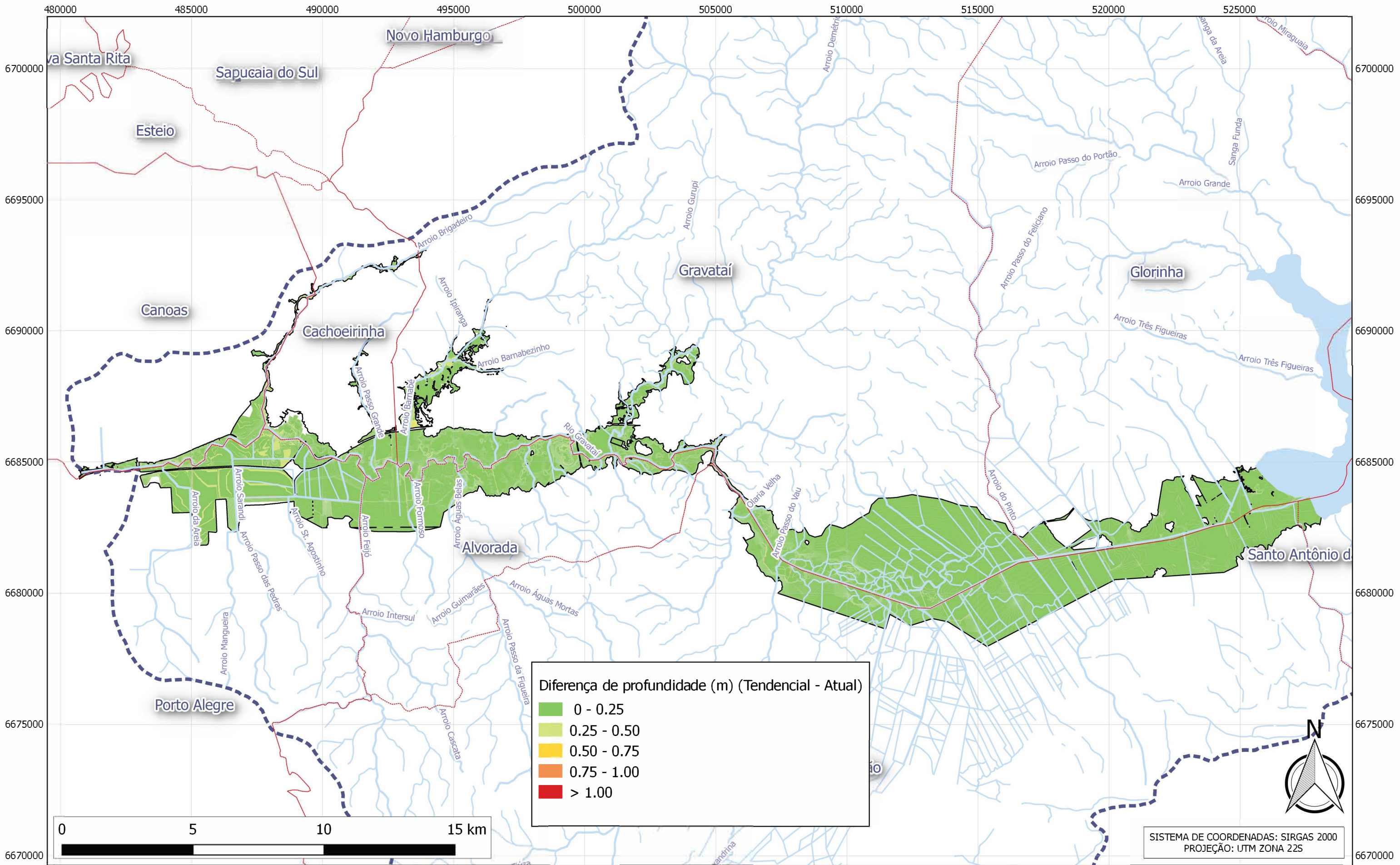
Da Figura 17 à Figura 21 são apresentadas as diferenças nos níveis d'água das áreas inundadas nas condições atuais de ocupação e no cenário tendencial, para os períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Observa-se que os acréscimos nos níveis d'água são significativos, ultrapassando os 25 cm em grande parte das áreas inundáveis e em pontos localizados, mais de 50 cm.

Os resultados mostram que há impactos importantes provocados pela ocupação prevista no Cenário C0. Em consequência, há necessidade de adotar medidas para reduzir este impacto.

As medidas em questão podem ser estruturais, com obras de proteção, ou não estruturais, incluindo zoneamento, limitação de taxa de impermeabilização do solo, sistemas de monitoramento, previsão e alerta.









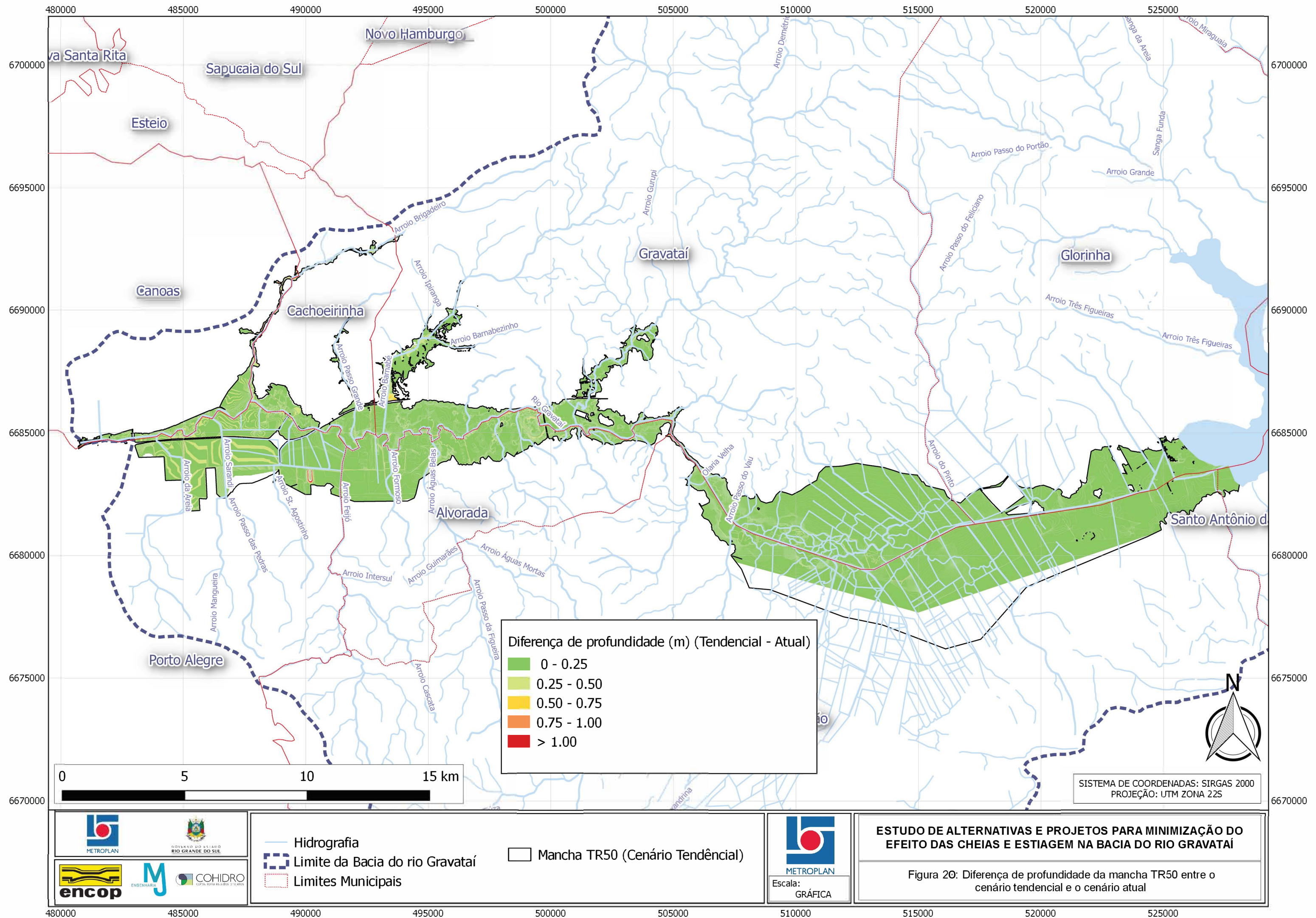
HidrografiaLimite da Bacia do rio GravataíLimites MunicipaisMancha TR25 (Cenário Tendencial)



Escala:
GRÁFICA

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS E ESTIAGEM NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ

Figura 19: Diferença de profundidade da mancha TR25 entre o cenário tendencial e o cenário atual



3.6.1 Quantificação de Edificações Atingidas

Para a quantificação do número de edificações atingidas nos diversos Tempos de Recorrência na Situação Atual, foram utilizadas as imagens aerofotogramétricas obtidas e tratadas.

Com a demarcação de todas as edificações em formato *Esri Shapefile* (.shp), procedeu-se à verificação das unidades atingidas conforme o Tempo de Recorrência, com o auxílio do software de geoprocessamento *Maptitude*, da desenvolvedora *Caliper*.

A seguir estão apresentados os resultados obtidos por Tempo de Recorrência em cada município na Situação Atual. Sendo considerada a estabilização populacional e da urbanização nas áreas atingidas.

A quantificação do prejuízo anualizado e do seu valor presente no horizonte de projeto é apresentada no PRODUTO 13, em que são contabilizados todos os prejuízos relacionados às inundações ribeirinhas, desde prejuízos diretos às edificações, a prejuízos industriais, de limpeza de edificações e prejuízos públicos.

A quantificação em termos de edificação atingida, estão apresentados para cada TR no Quadro 6 ao Quadro 10, adiante.

Quadro 6 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 5

Classe 1 - Até 1 metro			Classe 2 - De 1 m a 2,5 m		Classe 3 - De 2,5 m a 3 m		Classe 4 - Maior que 3 m		Total por município	
Município	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações
Alvorada	18.804	24	1.162	7	737	8	1.101	3	21.804	42
Cachoeirinha	1.287	11	40	1	0	0	0	0	1.327	12
Gravataí	27.751	247	3.891	48	27	1	0	0	31.669	296
Porto Alegre	2.397	14	1.185	14	0	0	1.189	25	4.771	53
Total Geral	50.239	296	6.278	70	764	9	2.290	28	59.571	403

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 7 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 10

Classe 1 - Até 1 metro			Classe 2 - De 1 m a 2,5 m		Classe 3 - De 2,5 m a 3 m		Classe 4 - Maior que 3 m		Total por município	
Município	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações
Alvorada	20.239	35	2.115	15	262	1	1.983	13	24.599	64
Cachoeirinha	16.507	145	491	3	40	1	0	0	17.038	149
Gravataí	58.857	441	10.604	112	441	13	27	1	69.929	567
Porto Alegre	28.624	204	3.536	25	9	1	65.924	152	98.093	382
Total Geral	124.227	825	16.746	155	752	16	67.934	166	209.659	1.162

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 8 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 25

Classe 1 - Até 1 metro			Classe 2 - De 1 m a 2,5 m		Classe 3 - De 2,5 m a 3 m		Classe 4 - Maior que 3 m		Total por município	
Município	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações
Alvorada	6.182	22	18.499	30	39	1	1.983	13	26.703	66
Cachoeirinha	176.287	1404	66.165	608	2456	35	40	1	244.948	2048
Gravataí	97.538	726	19.434	189	1079	21	141	6	118.192	942
Porto Alegre	44.349	376	6.765	75	787	9	70.378	229	122.279	689
Total Geral	324.356	2.528	110.863	902	4.361	66	72.542	249	512.122	3.745

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 9 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 50

Classe 1 - Até 1 m			Classe 2 - De 1 m a 2,5 m		Classe 3 - De 2,5 m a 3 m		Classe 4 - Maior que 3 m		Total por município	
Município	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações
Alvorada	5.482	17	19.199	35	39	1	1.983	13	26.703	66
Cachoeirinha	190.485	1490	124.238	1104	4667	47	663	13	320.053	2654
Gravataí	105.543	830	28.452	246	1134	16	382	13	135.511	1105
Porto Alegre	362.634	2.952	20.741	199	27	1	71.083	239	454.485	3.391
Total Geral	664.144	5.289	192.630	1.584	5.867	65	74.111	278	936.752	7.216

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 10 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação da Situação Atual com TR 100

Classe 1 - Até 1 metro			Classe 2 - De 1 m a 2,5 m		Classe 3 - De 2,5 m a 3 m		Classe 4 - Maior que 3 m		Total por município	
Município	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações	Soma de Área (m²)	Soma de Edificações
Alvorada	4.652	16	20.062	40	239	2	1983	13	26.936	71
Cachoeirinha	197.425	1.587	129.473	1.092	19.290	193	2.496	36	348.684	2.908
Gravataí	121.610	887	33.945	289	1613	12	887	22	158.055	1.210
Porto Alegre	718.594	4.301	46.761	346	137	2	71.406	241	836.898	4.890
Total Geral	1.042.281	6.791	230.241	1.767	21.279	209	76.772	312	1.370.573	9.079

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

No Cenário tendencial (C0) é estimado o crescimento total das cidades da bacia no final do horizonte de estudo, de 30 anos, levando-se em consideração os planos diretores dos municípios, a expectativa na alteração do uso do solo nos próximos anos e o padrão da densidade de edificações por km².

No Quadro 11 a seguir estão as áreas adicionais, em m², atingidas pelas manchas de inundação considerando o crescimento das cidades (C0):

Quadro 11 - Novas áreas edificadas sujeitas aos eventos de cheias (30 anos)

TR	Classe	Alvorada (Edificação Industrial)	Cachoeirinha	Canoas	Gravataí	Porto Alegre
TR05	Classe 1	31.291	0	105.614	72.116	65.665
	Classe 2	182.520	0	0	190.833	0
	Classe 3	0	0	0	0	0
	Classe 4	0	0	4.151	0	0
TR10	Classe 1	31.291	38.045	49.729	100.284	0
	Classe 2	96.530	0	61.941	190.833	65.665
	Classe 3	85.990	0	0	0	0
	Classe 4	0	0	4.151	0	0
TR25	Classe 1	27.630	38.045	35.506	147.714	4.942
	Classe 2	88.063	0	31.778	58.696	36.153
	Classe 3	36.823	0	44.385	132.137	29.513
	Classe 4	85.990	0	4.151	0	0
TR50	Classe 1	27.630	0	35.506	147.714	33.211
	Classe 2	44.469	38.045	14.222	58.696	0
	Classe 3	43.594	0	61.941	132.137	36.153
	Classe 4	122.813	0	4.151	0	29.513
TR100	Classe 1	34.480	0	35.506	147.714	29.354
	Classe 2	28.356	38.045	14.222	58.696	4.942
	Classe 3	59.707	0	0	132.137	22.064
	Classe 4	122.813	0	66.092	0	43.601

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.6.2 Análise das Estiagens

A análise de estiagens no **Cenário 0** analisou a partir da projeção das demandas futuras, o déficit hídrico sob a ótica do abastecimento público e das demandas para irrigação na bacia.

Diferentemente, do que será apresentado no capítulo 3.9 referente à Política de Gestão de Recursos Hídricos proposta no **Cenário 1** e no **Cenário 2**, em que se realizou uma análise de sensibilidade variando o percentual outorgável e a vazão de referência com a implantação das obras nas regiões de Banhado, no **Cenário 0** foi feita a análise do déficit hídrico **sem obras** e utilizando como vazão máxima outorgável **50% da Q_{90%}**. A metodologia de cálculo das simulações foi feita de forma análoga a descrita no capítulo 3.9.

✓ Estimativas de Demanda

A estimativa de demandas atuais e futuras foi efetuada a partir das informações apresentadas no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, levando em consideração projeções de demandas para irrigação, abastecimento público, criação animal, usos industriais, vazão de retorno.

✓ **Projeção de aumento**

Foram aplicados os seguintes percentuais de aumento por quinquênio nas demandas com base na previsão de aumento do PIB da EPE (Empresa de Pesquisa Energética: Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026). Rio de Janeiro. 2017).

Quadro 12 - Previsão de aumento do PIB e consequente aumento nas demandas.

Quinquênio	Aumento PIB	Fonte
2013-2016	2,00%	Estimado
2017-2021	2,00%	Fonte: EPE (projeções)
2022-2026	2,90%	
2027-2031	2,50%	Estimado
2032-2036	2,50%	Estimado
2037-2041	2,50%	Estimado
2042-2047	2,50%	Estimado

Fonte: Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética

✓ **Abastecimento Público**

Levando em consideração a priorização do abastecimento público pela legislação vigente, inicialmente foram analisadas a demandas para tal setor e, após as demandas totais.

O Quadro 13 apresenta as vazões demandadas para o sistema de abastecimento atual e as projeções futuras. Os valores das demandas são apresentados no ponto de captação.

Quadro 13 - Demandas do abastecimento público e vazões demandadas (m³/s)

PONTO DE CONTROLE	Demanda Pontual Atual	Demanda Pontual Projeção Futura
Captação ETA Glorinha	0,012	0,014
Captação ETA Passo dos Negros	0,343	0,405
Captação ETA Viamão	0,096	0,113
Captação ETA Alvorada	1,113	1,315

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Criação Animal**

O consumo de água para a criação animal está diretamente associado ao efetivo dos rebanhos existentes na Bacia, representando o consumo propriamente dito dos animais e também toda a demanda de água associada ao seu manejo.

As demandas para a criação animal foram estimadas sobre o consumo per capita para cada tipo de rebanho, considerando dessedentação e manejo dos animais, conforme Quadro 14.

Os rebanhos por tipo e município estão indicados no Quadro 15 a partir de informações do IBGE para o ano de 2015, com informações proporcionais à área do município pertencente à bacia.

Quadro 14 - Demanda per capita para criação animal (l/cab/dia)

Bovinos	Suínos	Aves
40	100	0,4

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 15 - Demanda para Criação Animal por Município (l/s)

Município	BOVINOS	SUÍNOS	AVES	Demanda Total Atual [l/s]	Demanda Total Projeção Futura [l/s]
Alvorada	1482	238	130	0,96	1,13
Cachoeirinha	330	123	336	0,30	0,35
Canoas	2	2	2	0,00	-
Glorinha	25929	718	8700	12,88	15,22
Gravataí	16677	3485	29750	11,89	14,05
Porto Alegre	1119	543	1594	1,15	1,36
Santo Antônio da Patrulha	21515	585	8481	10,68	12,62
Taquara	1694	83	1163	0,89	1,05
Viamão	26766	857	85434	13,78	16,28

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Usos Industriais

A demanda industrial é a mais difícil de ser obtida pela falta de informações adequadas que permitam relacionar parâmetros como tipologia da indústria, produção industrial e consumo de água para cada localidade.

O problema é minimizado porque, em média, a demanda industrial não se constitui na parcela mais significativa do consumo de água no País, a qual corresponde a 18% da demanda total.

A estimativa de demandas realizadas em diferentes trabalhos está apresentada no Quadro 16.

A demanda adotada foi a estimada a partir da metodologia relatada no presente trabalho (PRODUTO 10), totalizando Q = 350 l/s, respectivamente, para a totalidade da bacia do Gravataí. A projeção futura estimada de tal demanda é de 414 l/s.

Quadro 16 - Estimativas de demandas de diferentes trabalhos.

Demanda	Ano	Demanda [l/s]	Projeção Futura [l/s]
Plano de Bacia do Gravataí	2011	253	-
Plano Estadual de Recursos Hídricos	2007	400	-
SIOUT	2017	2	-
SNIRH	2017	Sem registro	-
Estimativa do presente trabalho (PRODUTO 10)	2017	350	414

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Resultados das simulações

As séries hidrológicas obtidas no modelo foram estendidas a partir de um método de reamostragem (*bootstrapping*) de 50 anos para 300 anos, observando-se a distribuição estatística mensal.

Para todos os trechos analisados no modelo hidrológico a relação demandas x vazão disponível foi analisada considerando-se:

- Prioridade 1: manutenção da vazão remanescente mínima, estipulada em 50% x Q_{90%};
- Prioridade 2: abastecimento público e dessedentação animal;
- Prioridade 3: demais demandas (basicamente irrigação do arroz)

A vazão remanescente mínima foi determinada a partir das vazões de referência mensais e não anuais, dada a variabilidade intra-anual das vazões de permanência.

A demanda de abastecimento público foi considerada fixa. Já a demanda de irrigação foi contabilizada a partir de uma curva de consumo. A vazão base considerada foi de 1,17 l/s/ha com coeficientes de consumo entre 16% e 100% no período da safra de arroz (Quadro 17). A partir destes valores o consumo por safra totaliza 10.000 m³/ha.

Os açudes particulares foram considerados como cheios (100% da capacidade) no início de cada safra.

Quadro 17 - Curva de consumo da demanda de irrigação com vazão base de 1,17 l/s/ha.

COEFICIENTES		c
JAN	1	0,66
FEV	2	0,33
MAR	3	0,16
ABR	4	0,05
MAI	5	0,05
JUN	6	0,05
JUL	7	0,05
AGO	8	0,05
SET	9	0,16
OUT	10	0,33
NOV	11	1,00
DEZ	12	0,66

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

A partir dos dados diários foi analisado o atendimento do abastecimento público (prioritário) e de irrigação.

As falhas de atendimento para abastecimento público ocorrem quando:

- $Q(t) - Q_{eco}(t) < Q_{demAP}(t)$

Considera-se assim um sistema em que a gestão permita a priorização efetiva das demandas de abastecimento público (um sistema real provavelmente não operará desta forma).

As falhas de abastecimento para a irrigação devem levar em conta a capacidade estimada dos açudes, ou seja, uma vazão diária menor que a demanda não representa uma falha. De tal forma foi realizado um balanço dos volumes de açudes por trecho quando era necessária sua utilização.

Se:

- $Q(t) - Q_{eco}(t) - Q_{demAP}(t) < Q_{demAgr}(t) \rightarrow$ a vazão do curso d'água não atende, é necessária utilização de açudes.

Então:

- $V_{res}(t) = V_{res}(t-1) - Q_{demAgr}(t) \cdot \Delta t \rightarrow$ estimativa de volumes remanescentes nos reservatórios para cada período analisado ($\Delta t = 24$ hrs).

Se em qualquer momento $V_{res}(t) = 0$ existe falha no atendimento para irrigação.

Todo o volume demandado após isto é uma falha de atendimento. Desta forma, no final de cada safra foi avaliado o volume deficitário considerando-se que puderam ser realizadas retiradas além do $V_{res}(t) = 0$ (apenas um artifício numérico, sem sentido físico).

A área de arroz não atendida é função do volume-déficit e do consumo por safra estimado (10.000 m³/ha), assim:

- Área de irrigação não atendida por safra (ha) = V_{res} (final da safra) / 10.000 m³

Onde:

$Q(t)$ = vazão no trecho x do curso d'água, no período t.

$Q_{ref}(t)$ = vazão de referência no período t, em determinado trecho.

$Q_{max}(t)$ = vazão máxima outorgável no período t, em determinado trecho.

$Q_{eco}(t)$ = vazão mínima remanescente para manutenção da qualidade d'água e ecossistemas dependentes do curso d'água, no período t, em determinado trecho.

$Q_{demAgr}(t)$ = vazão de demanda agrícola, no período t, no trecho.

$Q_{demAP}(t)$ = vazão de abastecimento público, no período t, no trecho.

$V_{resTotal}$ = volume total de todos açudes particulares no trecho e a montante.

$V_{res}(t)$ = volume atual dos açudes em determinado período.

Foi considerada uma relação linear e independente do período de ocorrência entre o volume déficit e a perda na safra de arroz.

No Quadro 52 é apresentado um resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público e no Quadro 19 são apresentados os déficits observados e a área efetiva para diferentes valores de área total com plantio de arroz.

Quadro 18 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.

Captação	Déficit	Vazão captada (m ³ /s)	Déficit Volume (m ³ /ano)
Captação ETA Glorinha	3,14%	0,01	14.051,53
Captação ETA Viamão	2,54%	0,41	324.657,64
Captação ETA Passo dos Negros	1,24%	0,11	44.303,45
Captação ETA Alvorada	2,25%	1,32	933.516,95

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As Figura 22 e Figura 23 mostram as falhas de Atendimento ao Abastecimento Público e a relação entre Área Irrigada e Área Efetiva respectivamente.

Quadro 19 - Déficit de atendimento da demanda para irrigação na bacia para diferentes áreas

Área Irrigada Total da Bacia (ha)		5.000		6.000		8.000		10.000		12.000		14.000		23.000	
Município	% Plantio na Bacia	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)	Déficit	Área Efetiva (ha)
	100%	2,15%	4.893	7,16%	5.570	16,44%	6.685	29,13%	7.087	39,80%	7.224	47,81%	7.307	68,24%	7.305
ALVORADA	0,53%	0,00%	26,50	0,00%	31,80	0,00%	42,40	0,00%	53,00	0,00%	63,60	0,06%	65,80	0,21%	73,60
GLORINHA	7,33%	0,00%	366,50	0,00%	439,80	0,61%	537,60	1,88%	545,00	2,75%	549,60	3,37%	554,40	4,95%	547,40
GRAVATAÍ	2,79%	0,00%	139,50	0,00%	167,40	0,03%	220,80	0,30%	249,00	0,64%	258,00	0,91%	263,20	1,59%	276,00
PORTO ALEGRE	1,83%	0,00%	91,50	0,00%	109,80	0,00%	146,40	0,00%	183,00	0,00%	219,60	0,12%	239,40	0,65%	271,40
SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	48,14%	2,15%	2299,50	7,16%	2458,80	14,06%	2726,40	19,80%	2834,00	24,48%	2839,20	27,87%	2837,80	36,29%	2725,50
VIAMÃO	39,38%	0,00%	1969,00	0,00%	2362,80	1,74%	3011,20	7,15%	3223,00	11,93%	3294,00	15,49%	3344,60	24,55%	3410,90

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na Figura 22 é apresentado o “déficit” médio anual nas captações dentro da bacia considerando um aumento nas demandas de abastecimento público no horizonte de projeto.

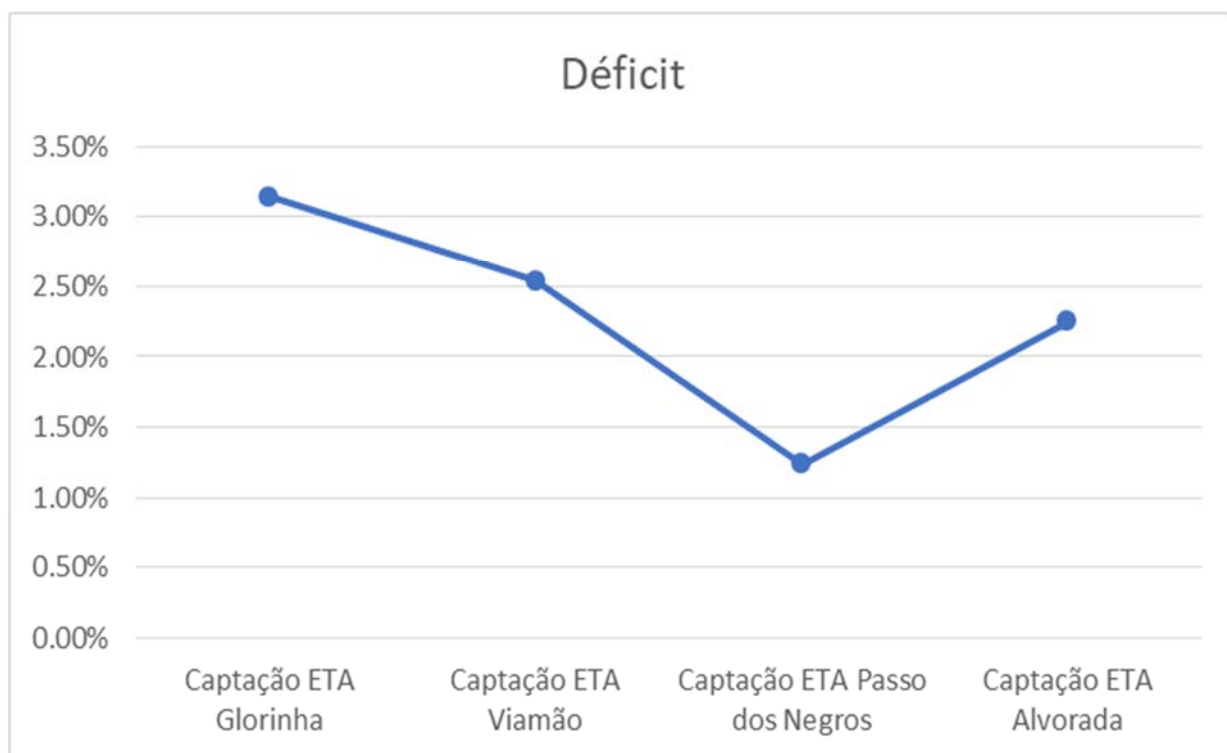


Figura 22 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os déficits constatados do abastecimento público podem ser considerados relativamente baixos uma vez que tal déficit independe dos conflitos existentes na bacia, sendo simulada como uma demanda prioritária.

Na captação da ETA Glorinha, onde houve o maior déficit, pode-se reinterpretar o déficit médio anual de 3,14% do tempo como 11,5 dias do ano em que a demanda de abastecimento não é **plenamente** atendida. Esse valor é um valor médio anual, portanto, ocorrem situações em que a escassez é mais crítica.

Na Figura 23 é apresentada a relação entre a área plantada de arroz x área plantada efetiva (considera uma perda de área plantada de forma linear ao déficit de volume para irrigação) média anual na bacia do Rio Gravataí considerando um aumento nas demandas de abastecimento público no horizonte de projeto e a falha de atendimento para a produção irrigada.

A relação considera uma relação linear entre o déficit hídrico médio anual e a perda de área de plantada.

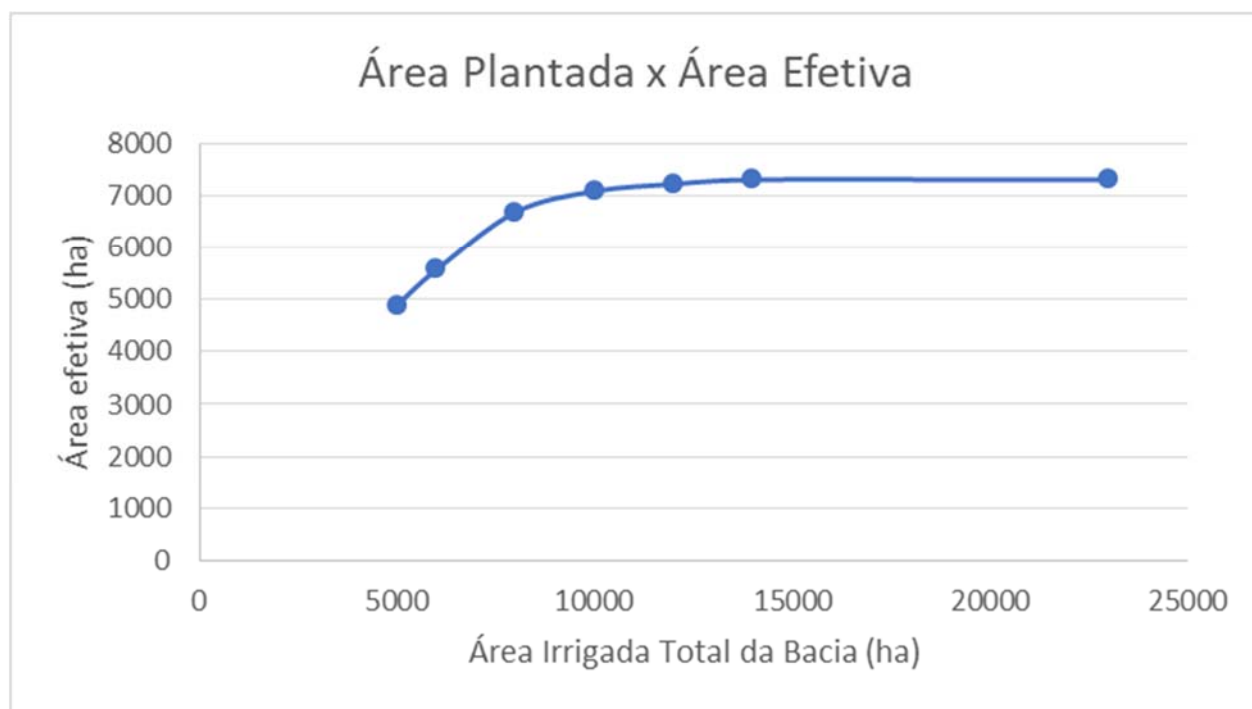


Figura 23 - Área plantada de arroz x área plantada efetiva média anual na bacia
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Por outro lado, constatou-se que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia.

Uma vez atendidas as demandas ambientais, de abastecimento público e dessedentação animal, constata-se que, dadas as vazões naturais disponíveis na bacia, com pouca regularização, a real capacidade da bacia para o cultivo de arroz é muito menor do que a existente.

Também se observou que, para que haja um atendimento aceitável, com poucas perdas, a área total irrigada da bacia deve ser em torno de 5.000 ha, com uma perda média anual de 2,15% da produção.

Com o acréscimo das áreas totais irrigadas, observa-se um crescimento da área efetiva até se chegar a um patamar de aproximadamente 7.000 ha. Portanto, em termos hidrológicos e dadas as simplificações realizadas, a capacidade produtiva da bacia gira em torno de tal patamar.

No entanto, esse valor não implica que em termos econômicos o mesmo seja considerado como um indicador de otimização do retorno do investimento dos agricultores.

Para uma melhor conclusão deve ser feita uma análise econômica e de risco quanto ao percentual de perda aceito nesse ramo para que se tenha a área de rentabilidade econômica ótima.

3.7 Cenário de Alternativas 1 (C1)

A presente proposição apresenta três componentes bem definidas e relacionadas com os objetivos do estudo:

- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de cheias** na Bacia do Rio Gravataí, contemplando a possibilidade de utilização de medidas não-estruturais;
- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano;
- Avaliação de medidas de **recuperação ambiental do sistema hídrico**, com destaque para a lagoa da Anastácia, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS.

Destaca-se que o **Cenário 1** prioriza a implementação de alternativas preferencialmente não-estruturais, o que não implica que não haja intervenções estruturais.

Nas áreas urbanas, o Cenário C1 busca propor soluções que incluem a desapropriação de populações em risco a partir do **Zoneamento de Áreas Inundáveis**, propostas para melhoria do **Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta dos desastres naturais**, elementos para a minimização dos impactos sociais causados pelas cheias e uma proposta de inclusão de um **Sistema de Cobertura de Inundações**.

O cenário contempla, ainda, avaliação de medidas de **recuperação ambiental do sistema hídrico**, com destaque para a lagoa da Anastácia, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS, cuja solução é exposta no capítulo 3.10.

Também se busca a proposição de alternativas para minimização dos efeitos de estiagens na Bacia do Rio Gravataí, visando o **aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano**, cuja descrição é exposta no capítulo 3.9.

De uma forma geral, o Cenário C1 propõe:

- **nas regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí**, a alternativa não-estrutural de Zoneamento de Áreas Inundáveis combinada com o uso de Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta e incluindo, ainda a proposta de um sistema de Seguro de Cobertura de Inundações. As alternativas estudadas contemplam o Rio Gravataí e os tributários que passem por áreas urbanizadas. Destaca-se que:
 - o as medidas que atuam sobre o Rio Gravataí ou que são necessárias devido a remanso do Rio Gravataí são **detalhadas por comporem o escopo do trabalho em desenvolvimento**;
 - o as medidas para controle de inundações causadas por falta de capacidade dos tributários para escoar suas cheias são propostas como **diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais**, incluindo: Limpeza/dragagem de canal, melhoria de travessias (pontes, pontilhões), reservatórios de retenção.
- **Na região composta pelo Banhado Grande (macro unidade do Alto Gravataí - Banhado Grande) e pelas obras de canalização do DNOS (macro unidade do Médio Gravataí)**, são propostas medidas estruturais, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão do sistema hídrico;

- As **alternativas para minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, são compostas por propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga na bacia. Para tanto, foi realizada a análise de sensibilidade do percentual outorgado da vazão de referência $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$, em combinação com as medidas estruturais propostas para o Banhado Grande e Canal do DNOS.

✓ **Baixo e Médio Gravataí - Cenário C1**

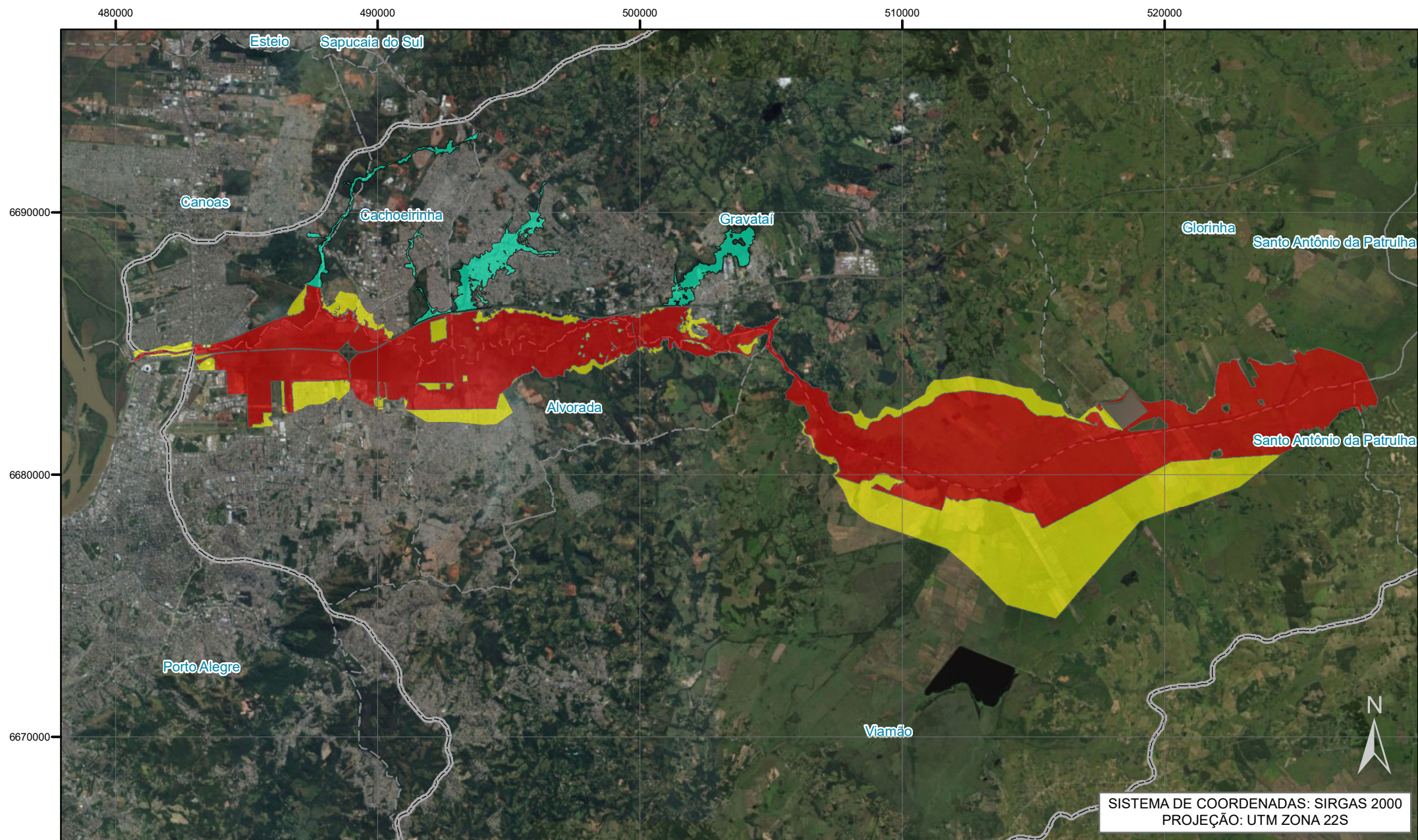
A Figura 24 apresenta a Zona de Inundação com TR = 100 anos e o seu zoneamento interno proposto no **Cenário 1** de acordo com as definições apresentadas no capítulo 3.5. Como se pode observar na Figura 24 não há grande ocupação na Zona de Passagem de Cheia, porém, há áreas com urbanização consolidada na Zona de Inundação com TR = 100 anos.

A solução proposta no Cenário C1 Baixo Gravataí é o Zoneamento de Áreas Inundáveis combinado com o uso de Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta.

Observam-se impactos significativos na região de Porto Alegre, Cachoeirinha e Gravataí conforme exposto na Figura 25, Figura 26 e Figura 27, onde pode ser visto com maior detalhe a solução por zoneamento nessas regiões atingidas.

Nos demais afluentes do Gravataí, que passam pelas áreas urbanas e que compõe a rede de macrodrenagem dessas áreas, é feita a **recomendação para limpeza e/ou dragagem de canal (visando melhorar as condições de escoamento nos cursos d'água), melhoria de travessias, tais como pontes e pontilhões (buscando reduzir as possibilidades de restrições localizadas ao escoamento) e zoneamento de áreas inundáveis (para regular a ocupação do solo, visando estabelecer usos compatíveis com os riscos de inundação de cada área).**

Onde possível, os estudos dos Planos Municipais deverão avaliar a possibilidade de utilizar **reservatórios de retenção (on-line ou off-line).**



Legenda

- Zona com Restrição de Ocupação
- Zona de Passagem de Cheia
- Afluentes (Sem Zoneamento)
- Limites Municipais
- Bacia do Rio Gravataí



1:190.000

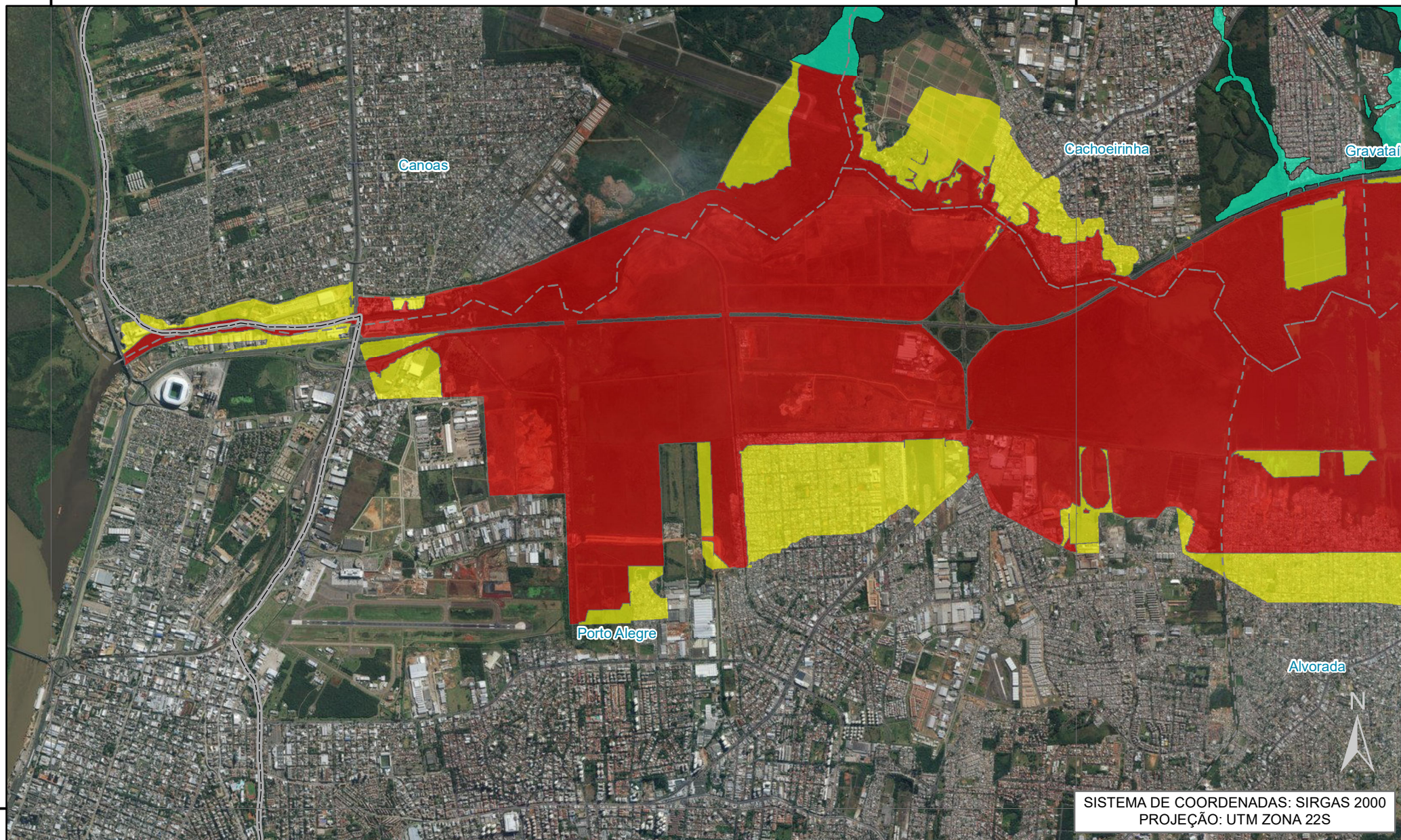
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS x Rio Gravataí

Figura 24 – Baixo Gravataí – Zoneamento ilustrativo no Cenário 1

480000

490000

6680000



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S



METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

encop



COHIDRO



COHIDRO

Legenda

-  Limites Municipais
-  Bacia do Rio Gravataí
-  Zona com Restrição de Ocupação
-  Zona de Passagem de Cheia
-  Afluentes (Sem Zoneamento)



METROPLAN

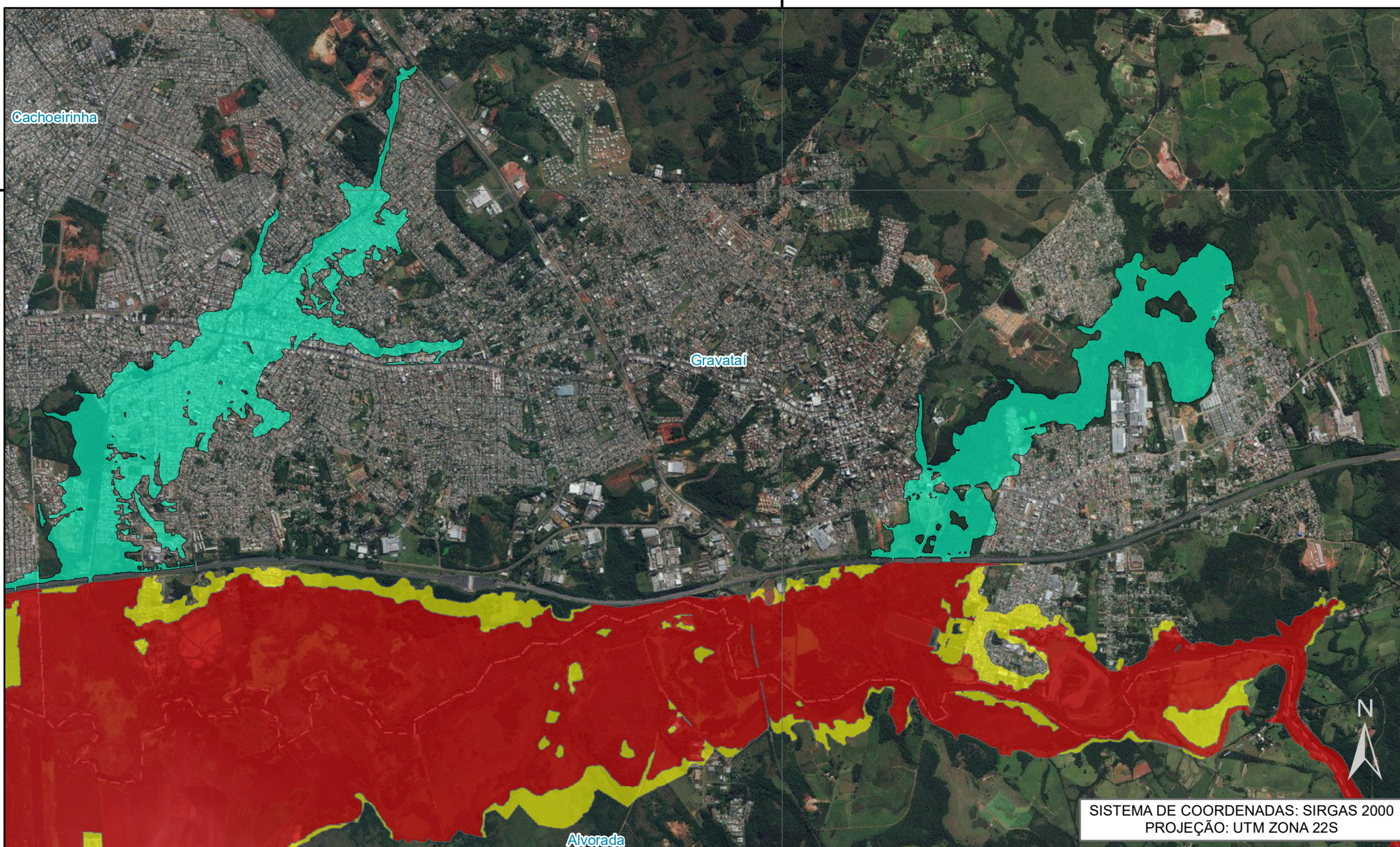
1:50.000

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DO SINO Rio Gravataí

Figura 25: Porto Alegre – Zoneamento ilustrativo no Cenário 1

500000

6690000



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S



METROPLAN



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL



encop



Gravataí



COHIDRO



COHIDRO

Legenda

- Zona com Restrição de Ocupação
- Zona de Passagem de Cheia
- Afluentes (Sem Zoneamento)
- Limites Municipais
- Bacia do Rio Gravataí



METROPLAN

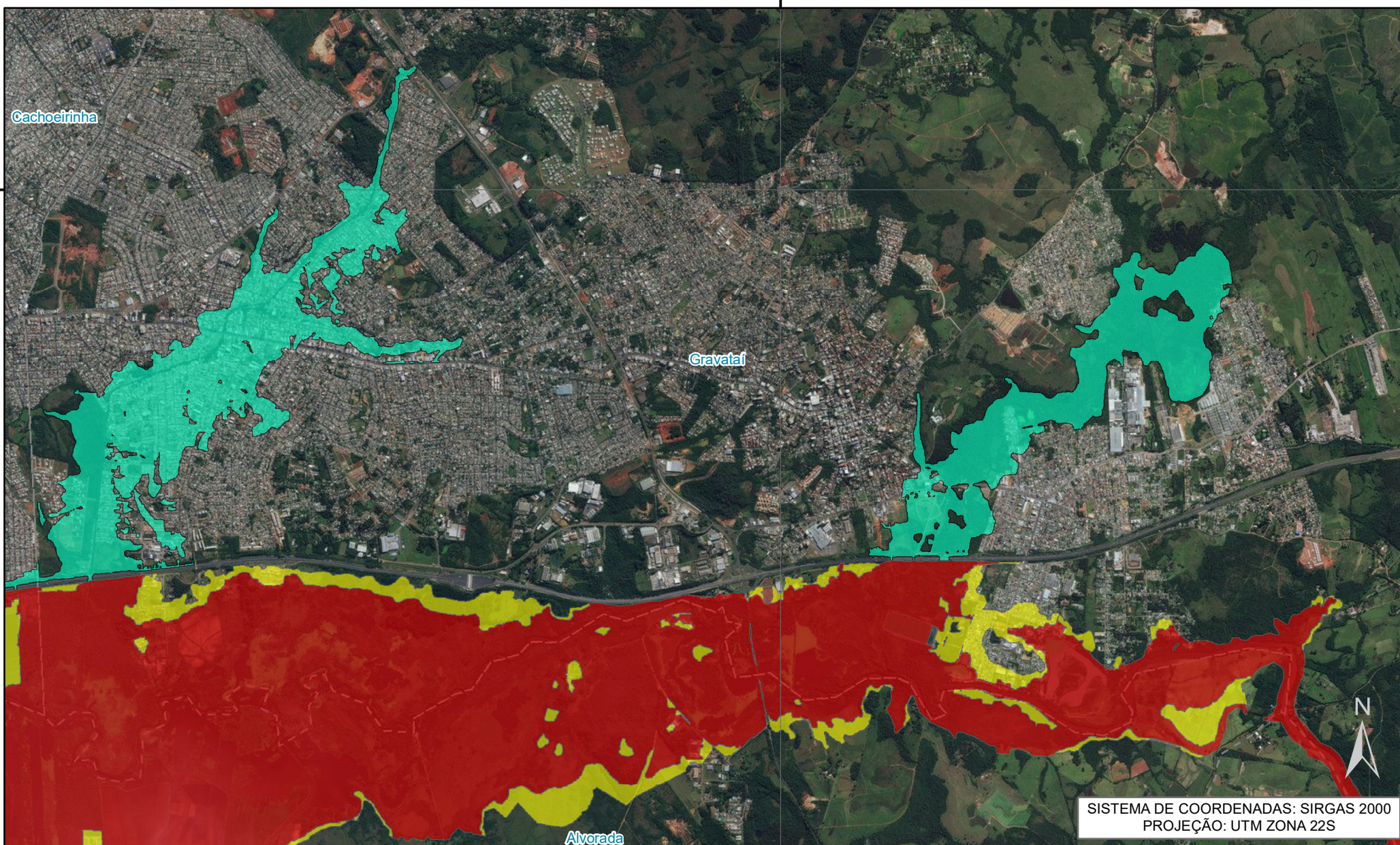
1:50.000

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO ~~RIO DOS SINOS~~ Rio Gravataí

Figura 26: Gravataí – Zoneamento ilustrativo no Cenário 1

500000

6690000



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S



Legenda

- Zona com Restrição de Ocupação
- Zona de Passagem de Cheia
- Afluentes (Sem Zoneamento)
- Limites Municipais
- Bacia do Rio Gravataí



1:50.000

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA
MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO
RIO DOS SINOS Rio Gravataí**

Figura 27: Gravataí – Zoneamento ilustrativo no Cenário 1

✓ **Médio e Alto Gravataí - Banhado Grande - Cenário 1**

Na região composta pelo Banhado Grande (macro unidade do *Alto Gravataí - Banhado Grande*) e pelas obras de canalização do DNOS (macro unidade do *Médio Gravataí*), são propostas medidas estruturais, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão.

Estas medidas estruturais são compostas por uma sequência de pequenos barramentos que visam permitir:

- Restauração das características ecológicas próximas às existentes no Banhado Grande até o trecho da Lagoa da Anastácia/Passo dos Negros através da criação de um ecossistema contínuo em todo o trecho;

Os Projetos detalhados destas estruturas, com sua localização e dimensões, são apresentados no item 3.10.2.

✓ **Resumo**

O Quadro 20 resume as soluções propostas na Alternativa C1 para a Bacia do Rio Gravataí (Cenário C1-BG/MG/AGF/AGBG).

Quadro 20 - Alternativas para o cenário C1

Mitigação dos efeitos das cheias (soluções não estruturais)	
Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta	Manutenção do que já existe e melhorias da rede de monitoramento
Zoneamento	Zona de Passagem de Cheias - Usos compatíveis com inundação (parques, esportes, estacionamento). - Se necessário e quando possível: relocação/reassentamento de ocupações irregulares
	Zona de Uso Restrito - Se necessário e quando possível: Relocação ou adaptação de prédios públicos
	Zona de Baixo Risco - Podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações
Seguros de Cobertura de Inundações	Sugestões do modelo de seguros contra enchentes de acordo com o contexto geopolítico da região.
Mitigação dos efeitos das estiagens (soluções não estruturais)	
Proposta de regularização das outorgas	Ferramenta de gestão, realizando a análise de sensibilidade do percentual outorgável da vazão de referência para cada trecho.
Recuperação de áreas degradadas (soluções estruturais)	
Implantação de minibarramentos	Minibarramentos de gabião tipo caixa na calha do canal do DNOS com o objetivo de elevar os níveis d'água no canal e conseqüentemente do freático nas regiões de planície adjacentes ao canal. Diminuindo as velocidades do fluxo, visa-se a diminuição dos processos erosivos por <i>piping</i> .

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

O capítulo 3.10 consolida os produtos das intervenções estruturais, compostas pela implantação de minibarramentos para a recuperação das áreas degradadas e o capítulo 3.7.2 a seguir consolida os produtos das intervenções não estruturais.

Na alternativa referente ao zoneamento se aplicam as metodologias propostas para a delimitação de cada área, sendo indicados os possíveis usos e formas de ocupação e são apresentados os mapas com os resultados obtidos.

Além disso, são apresentadas em detalhes as propostas de melhoria do sistema de monitoramento previsão e alerta e as sugestões do modelo de seguros contra enchente na bacia nos capítulos 3.11 e 3.12 respectivamente.

3.7.1 Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais

✓ Avaliação da construção do escoamento na calha do Rio Gravataí

No **Cenário 1** não foram propostas alternativas que contemplam intervenções estruturais no que tange as cheias, sendo priorizadas as intervenções não estruturais com o zoneamento das áreas inundáveis de acordo com as constrições hoje existentes na calha do Rio Gravataí.

No entanto, cabe destacar a avaliação realizada quanto à folga dos tabuleiros das pontes que atravessam o Rio Gravataí.

O Quadro 21 apresenta a situação de segurança das pontes quanto à capacidade hidráulica de escoamento da cheia de TR 100 anos.

Quadro 21 - Segurança das pontes quanto a capacidade hidráulica de escoamento para TR 100 anos

Ponte	Localidade	Cota TR100	TR100+ 1,0 m (DNIT)	Cota Inferior Superestrutura	Folga	Observação
BR 116 - Ernesto Neugebeur	Porto Alegre	4,63	5,63	6,46	1,83	OK
BR 116 - Linha Férrea	Porto Alegre	4,63	5,63	4,19	-0,44	Bloqueio
BR 116 - Trensurb	Porto Alegre	4,63	5,40	5,38	0,75	Insuficiente
BR 116 - Ponte 1	Porto Alegre	4,63	5,63	5,34	0,71	Insuficiente
BR 116 - Ponte 2	Porto Alegre	4,63	5,63	5,95	1,32	OK
BR 116 - Ponte 3	Porto Alegre	4,63	5,63	5,42	0,79	Insuficiente
BR 290	Cachoeirinha	5,81	6,81	6,87	1,06	OK
Av. Gal. Flores Da Cunha	Cachoeirinha	6,05	7,05	7,00	0,95	Insuficiente
RS 118	Alvorada	6,27	7,01	8,54	2,27	OK

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Parte das pontes da BR-116 não atendem os requisitos mínimos de segurança quanto à capacidade hidráulica de escoamento de uma cheia de TR 100 anos. O DNIT considera como adequada uma folga de pelo menos 1,0 m entre a cota da geratriz inferior do tabuleiro da ponte e o evento de projeto.

A situação mais crítica é a da BR-116 - Linha Férrea que represa parte do escoamento, uma vez que a cota inferior da superestrutura está abaixo da cota da enchente analisada. Como as velocidades também são altas é necessário avaliar a segurança das pontes quanto à erosão de sua estrutura, considerando que esta é uma importante causa de colapso das pontes.

Indica-se que sejam realizados estudos para a readequação das estruturas das pontes onde foram observadas situações fora das condições aceitáveis de segurança. Além disso, indica-se um levantamento detalhado das condições dos processos erosivos nessas estruturas de passagem sobre o Rio Gravataí ocasionados devido à correnteza do canal fluvial.

3.7.2 Zoneamento das Áreas Inundáveis - Cenário 1

Conforme descrito no item 3.5, o **Zoneamento de Áreas Inundáveis** é a definição de um conjunto de regras para a ocupação de áreas de risco de inundação, visando à minimização de perdas materiais e humanas decorrentes de inundações.

O Zoneamento deve ser baseado em uma avaliação objetiva da adequação do uso do solo, risco de cheias, aspectos ambientais, sociais, econômicas e administrativas.

✓ **Delimitação da Planície de Inundação:**

A determinação da *planície de inundação para efeitos de zoneamento* é efetuada em função do risco de ocorrência de inundações.

Conforme já mencionado anteriormente, a planície de inundação, à qual serão estabelecidas as regras de ocupação referentes ao zoneamento, é associada à área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos.

A partir da delimitação da **Planície de Inundação**, o Zoneamento de Inundações contempla a elaboração do mapeamento de inundações, com definição das três zonas de risco já apresentadas (Zona de Passagem de Cheias, Zona com Restrições de Ocupação e Zona de Baixo Risco).

✓ **Metodologia para definição das 3 (três) Zonas de Risco:**

Conforme as definições apresentadas, a **Zona de Passagem de Cheias** deve ser capaz de conduzir o escoamento da cheia de TR = 100 anos, de forma a não provocar impactos significativos, nem a montante nem a jusante.

Em consequência, a **Zona com Restrições de Ocupação** (ou seja, o restante da Planície de Inundação) não deve prover contribuições importantes ao escoamento.

A **Zona de Baixo Risco** será composta pelas áreas urbanas externas à da planície de inundação.

Para delimitar estas áreas, busca-se definir a **Zona de Passagem de Cheias** de forma a garantir que a elevação do seu nível d'água esteja dentro de valores aceitáveis mesmo se houver ocupação da **Zona com Restrições**.

Nos Estados Unidos (FEMA, 1992; FEMA, 2004), a máxima elevação permitida no nível d'água é de 1 pé (30,45 cm).

No presente estudo, define-se a máxima elevação no nível d'água como sendo 30 cm. Visando avaliar o efeito da ocupação da **Zona com Restrições no Cenário 1**, segue-se o seguinte procedimento:

- a) efetua-se simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, considerando a condição atual da **Planície de Inundação** e determina-se o nível d'água e velocidades;

- b) efetua-se uma delimitação preliminar da **Zona de Passagem de Cheias**. Os critérios para esta delimitação preliminar podem variar.

No presente estudo, a primeira estimativa da Zona de Passagem de Cheias inclui as áreas inundadas para a cheia de TR = 5 anos, acrescida das áreas atingidas pela cheia de TR = 10 anos onde:

- a profundidade da lâmina d'água supera 50 cm ($h > 50$ cm); ou
 - a profundidade da lâmina d'água está entre 25 cm e 50 cm e a velocidade de escoamento é maior que 1,0 m/s ($25 \text{ cm} \leq h \leq 50 \text{ cm}$ e $v > 1,0 \text{ m/s}$); ou
- c) supõe-se a execução de aterros em todas áreas previstas para expansão urbana dentro da **Zona com Restrições de Ocupação**, restringindo o escoamento apenas à **Zona de Passagem de Cheias**;
- d) efetua-se nova simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, determinando-se o novo nível d'água na **Zona de Passagem de Cheias**;
- e) a delimitação efetuada para a **Zona de Passagem de Cheias** será adotada se a elevação no nível d'água for igual ou inferior a 30 cm e se não houver impacto importante em áreas com ocupação já consolidada.

Em caso contrário, o processo deve ser repetido com novas delimitações, até serem cumpridas todas as condições.

A Figura 28 mostra a seção transversal do curso d'água sem obstruções.

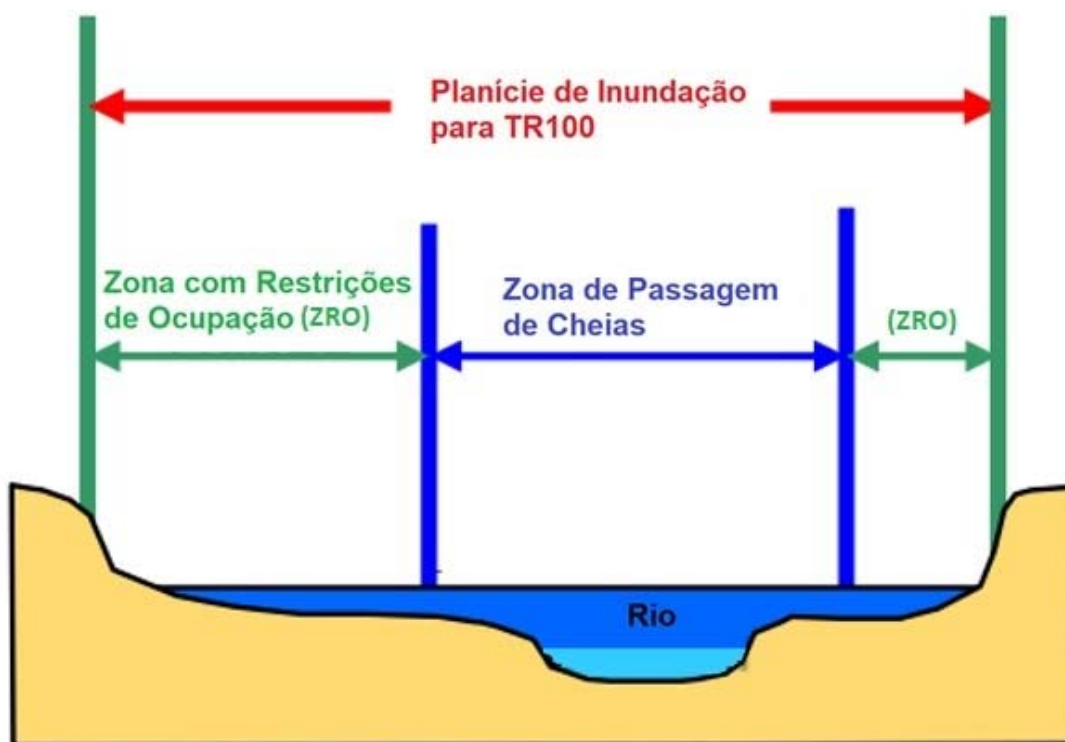


Figura 28 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções
Fonte: DNR, 2014

A Figura 29 mostra a seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação (*Floodplain*) e aterros na Zona com Restrições de Ocupação (*Flood Fringe* - FF), bem como o consequente acréscimo no nível d'água na Zona de Passagem de Cheias (*Floodway*).

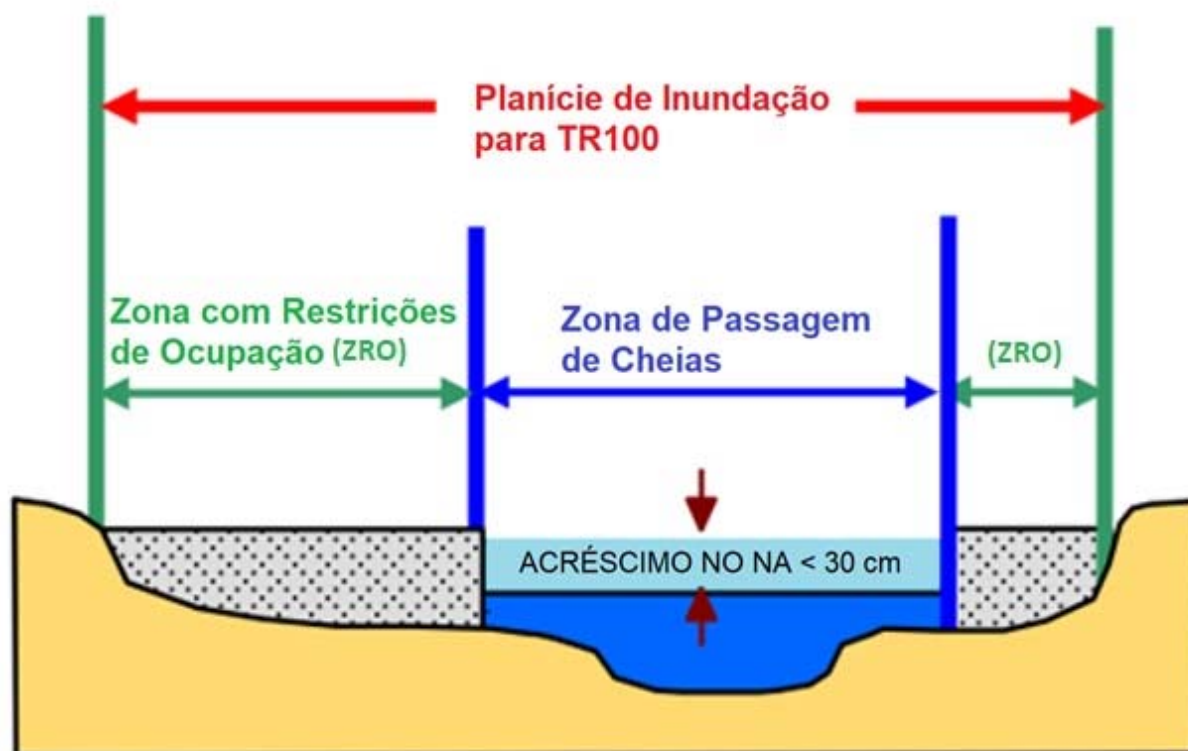


Figura 29 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com aterros
Fonte: DNR, 2014

As áreas de expansão urbana utilizadas no **Cenário 1** foram definidas com base nos planos diretores de todos os municípios inseridos na bacia do Rio Gravataí. Os Planos Diretores utilizados, em sua versão e ano de publicação, são os apresentados no levantamento da base de dados realizado nesse estudo (PRODUTO 5).

O **Cenário 1** contemplou todas as áreas de expansão localizadas dentro da mancha TR 100 do **Cenário 0**, nesses locais se supôs a execução de aterros.

Nem todos os municípios apresentaram áreas de expansão dentro da mancha do **Cenário 0**. Os municípios que apresentaram áreas de expansão dentro do TR 100 foram: Porto Alegre, Cachoeirinha e Gravataí.

Cabe ressaltar que tal simulação não indica ou autoriza a realização dos aterros, sendo apenas um artifício usado para se verificar o pior cenário para estabelecimento da Zona de Passagem de Cheias e para a verificação de possíveis impactos nas regiões vizinhas levando em consideração todos os aterros simulados.

Nas regiões definidas como Zona com Restrição de Ocupação (que não provê contribuições importantes ao escoamento), que ainda não apresentavam ocupação consolidada e que a classe de ocupação prevista era de ocupação industrial, residencial ou qualquer outro tipo de ocupação que sugerissem novas áreas construídas, foram simuladas como aterro.

Regiões nos Planos Diretores que constavam como área de expansão, mas que através da análise de imagens de satélite já se mostravam ocupadas, não foram simuladas como aterros.

Da mesma forma, regiões não ocupadas, mas que constavam nos Planos Diretores como áreas de proteção ambiental, por exemplo, também não foram simuladas como aterros.

Nas regiões definidas como Zonas de Passagem de Cheias (definida como a zona capaz de conduzir o escoamento da cheia de TR 100 anos e que deve permanecer desobstruída) e que os Planos Diretores apresentavam expansões, foram coibidas.

Portanto não foram simuladas como aterro, tendo sido apresentadas diretrizes para a manutenção da não ocupação/obstrução do escoamento e possível remoção de ocupações.

Modelagem numérica detalhada foi utilizada para delimitar a Planície de Inundação, bem como para avaliar os efeitos de aterrar (ou ocupar) toda Zona com Restrição de Ocupação.

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, a plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), foi utilizada para simulação do comportamento da bacia quando sujeita a chuvas de diferentes tempos de retorno, adotando o módulo hidrológico HEC-HMS em conjunto com o modelo com o módulo hidráulico HEC-RAS.

O processo de transformação chuva-vazão foi efetuado por meio da técnica do hidrograma unitário, utilizando o método SCS-CN.

✓ **Resultados**

Os resultados da metodologia proposta acima são apresentados em forma de mapas de zoneamento para cada região.

Tal PRODUTO servirá como subsídio para que as prefeituras elaborem o zoneamento urbano de seus municípios seguindo as diretrizes de ocupação propostas.

Foram quantificadas as edificações a serem desapropriadas que se localizam dentro das zonas de passagem de cheias.

O Quadro 22 apresenta os quantitativos sem distinção das edificações quanto ao número de pavimentos, tipo de uso (residencial, comercial ou industrial) e se é privado ou público.

As zonas classificadas como de ocupação restrita que já possuem áreas consolidadas também tiveram as edificações quantificadas e são apresentadas no Quadro 23.

Destaca-se a diminuição no número de edificações atingidas quando comparado ao **Cenário 0**, em que nenhuma medida é implementada, dado o fato de que a parcela das edificações localizadas na Zona de Passagem de Cheias é desapropriada.

No PRODUTO 13, que se refere à Viabilidade das Alternativas, são quantificados os prejuízos **remanescentes** a essas edificações que continuarão a conviver com cheias.

Quadro 22 - Áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias

Município	Área (m ²)	Número de Edificações
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ		
Alvorada	19.729	37
Cachoeirinha	105.205	1.013

Canoas	0	0
Gravataí	40.418	396
Porto Alegre	191.720	1.205
Total	357.072	2.651

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 23 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições

Município	Área (m²)	Número de Edificações
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ		
Alvorada	2.869	20
Cachoeirinha	278.696	2.183
Canoas	159.964	6
Gravataí	139.395	1.011
Porto Alegre	1.377.246	5.562
Total - Rio Gravataí	1.958.170	8.782

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Vale lembrar que as edificações que continuarão a conviver com as cheias, tem uma exposição muito menor que edificações mais próximas à calha do rio, portanto, o tempo de recorrência e o nível de ameaça são reduzidos quando comparado às edificações a serem desapropriadas.

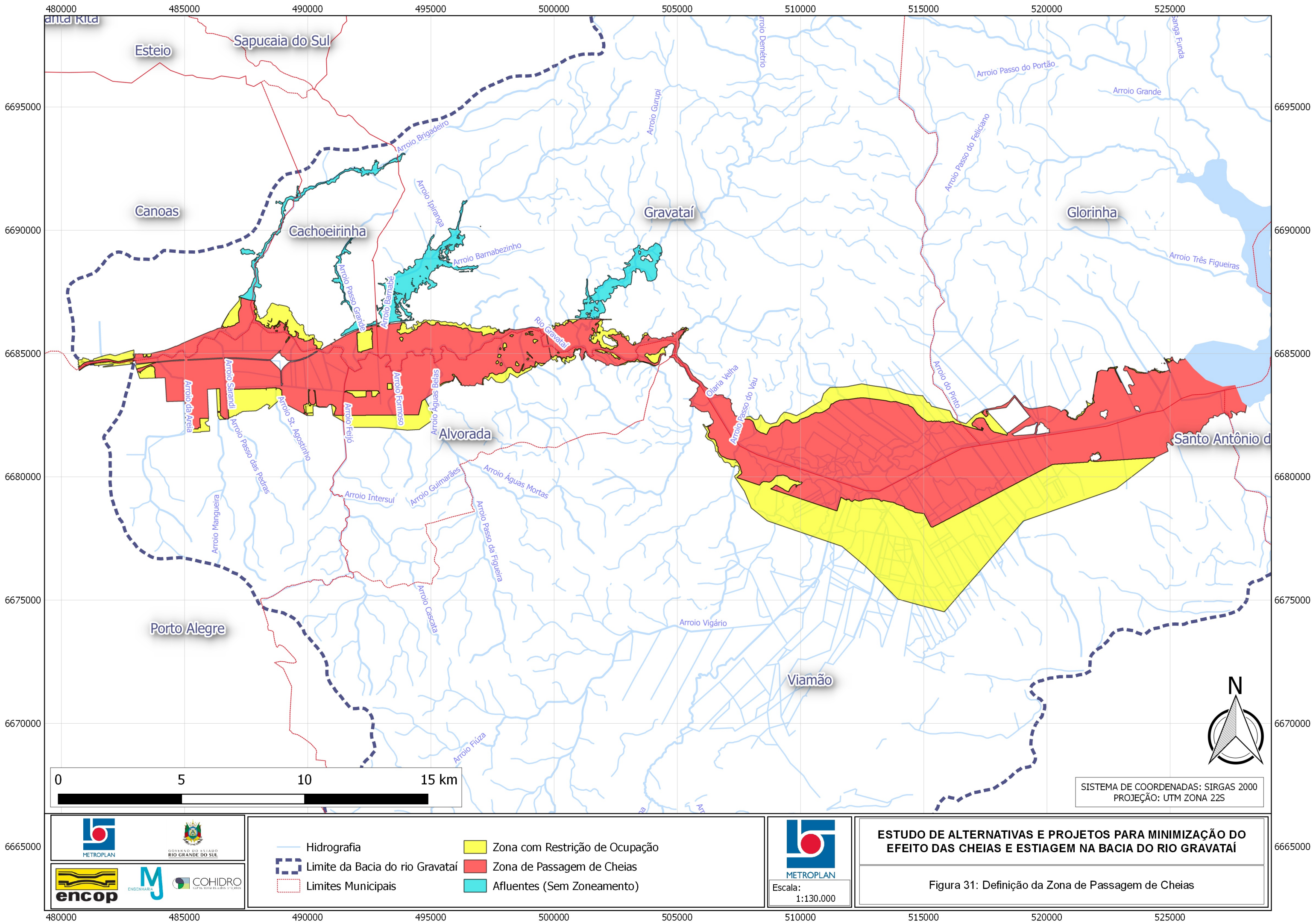
Além disso, no capítulo 3.11 é apresentada a proposta de sistemas de monitoramento, previsão e alerta que visa reduzir a vulnerabilidade dessas ocupações e consequentemente os prejuízos.

A Figura 30 apresenta as diferenças de elevação no nível d'água entre os cenários 0 e 1, foi possível perceber que os impactos ocasionados pelo **Cenário 1** ficaram abaixo dos 30 cm adotados como elevação máxima, mesmo com a ocupação prevista pelos Planos Diretores na Zona de Ocupação Restrita em seu pior cenário, que seria através do uso de aterros.

No anexo 5.2.4 são apresentados os mapas em escala apropriada para a avaliação dos incrementos de lâmina e área da cheia de TR 100.

A Figura 31 apresenta a definição da Zona de Passagem de Cheias do Baixo e Médio Gravataí através da simulação de aterros. Os produtos efetivamente aplicáveis como ferramentas de gestão são apresentados no anexo 5.2.5, em formato condizente ao PRODUTO (formato A1) e em escala apropriada (1:10.000).

Fazem parte da entrega deste produto, o Geodatabase (.gdb) com o zoneamento em formato digital vetorizado e editável.



3.7.3 Estimativas dos Custos de Implantação, Operação e Manutenção das Intervenções

Os custos foram apresentados sem a inclusão da composição do BDI nos orçamentos individuais, sendo tal elemento incorporado no resumo apresentado no Quadro 29.

✓ Zoneamento, Desapropriação e Revitalização das Áreas Desapropriadas

Para a avaliação imobiliária é necessário considerar alguns fatores essenciais no desenvolvimento do trabalho: o objetivo da avaliação (se aluguel, se compra, se penhor); os informes sobre o imóvel avaliando (estado de manutenção, acessibilidade, localização); os informes do mercado (vocação da área do entorno, negócios conjugados ou independentes) e o tratamento científico aplicado a esses informes (linhas balizadores e variáveis).

Desta forma   necessário adequar a metodologia de trabalho, indicada no Termo de Referência,   melhor finalidade que será dada ao objeto avaliado; contemplando fatores essenciais como segurança, investimento; assim como, estratégia de negócio ou reserva de  rea.

São diversos os interesses do cidadão que envolvem a comercializa o de um imóvel, porém o objetivo da aquisi o   mais pontual.

A Engenharia de Avalia es   uma análise multicritérios que reúne um conjunto de conhecimentos na área da Engenharia, Arquitetura, além de outras áreas das ciências sociais e exatas, como objetivo determinar tecnicamente o valor de um bem, contemplando, além de fatores da edifica o, o comportamento no mercado no qual está inserido.

Este estudo   definido pela ABNT NBR 14653-1:2001 como uma análise técnica, realizada por engenheiro de avalia es, que serve para subsidiar tomadas de decisões a respeito do valor de um bem, de seus custos, frutos e direitos, assim como determinar indicadores da viabilidade de sua utiliza o econ mica para determinada finalidade, situa o e data.

O mercado   formado por três componentes: os bens levados a mercado, as partes desejosas em vendê-los e as partes interessadas em adquiri-los. Quando se tratam de bens imóveis, esses três componentes formam o mercado imobiliário (DANTAS, 2005).

• Metodologia

O **Cenário 1** foi desenvolvido, tendo como base o Método Comparativo direto de dados de mercado.   o método mais utilizado na avalia o de imóveis urbanos (THOFEHRN, 2010). Inicia com a coleta de dados de mercado sobre determinado bem, que possua características semelhantes com o bem que está sendo avaliado - contemplando fatores do próprio imóvel como também da região onde está localizado, preferencialmente.

A compara o traz consigo a necessidade da explora o do seu objeto, assim como dos demais. Em termos imobiliários não basta apenas a simples compara o da metragem da testada (frente do terreno para o logradouro), nem somente do padrão construtivo, nem somente da acessibilidade, nem somente do ponto comercial. Avalia o   composi o. Comparam-se os fatores disponíveis de maior relevância para o estudo que está sendo proposto.

No caso específico a tomada de dados do mercado fica um pouco prejudicada, vez que o imóvel que está sendo avaliado não pode, ao menos não deveria ser objeto latente de observa o.

Não há como avaliar com afinco a situação de cada um dos imóveis das áreas afetadas dentro do próprio município em termos de sua regularização junto a Secretaria específica, nem mesmo junto ao Cartório de Imóveis - para averiguação da área legalmente edificada.

Nos estabelecimentos comerciais há outra restrição que tem de ser considerada, pois um dos fatores que estabelecem o valor do bem é o comprovante de Imposto de Renda daquele estabelecimento. Trata-se de considerar os últimos cinco anos de Declaração ao IR como um dos fatores para determinar o valor daquele ponto comercial.

Os demais itens como: ponto, mercado, e afins são objetivados através do valor que consta na Declaração do IR; nesta linha, a avaliação dos estabelecimentos comerciais está intimamente relacionada à sua formalização do negócio junto ao Governo.

Não há como garantir que esses estabelecimentos estejam declarados e, menos ainda, revestidos de toda a formalidade exigida na lei.

Ainda dentro dos aspectos comerciais costuma-se observar comparativamente o tipo de negócio objeto do estudo, com outros negócios associados do tipo: bairros antigos tem propensão maior ao estabelecimento de farmácia e ferragens.

A simples substituição do local de trabalho poderia mudar radicalmente a sustentabilidade daquela família, que pode ter feito alguns investimentos de maior complexidade (bacharelado em farmácia). Esta parcela não tem como ser quantificada.

Expressiva é o ponto comercial para a família (tanto do empregador, como do empregado), geralmente representa a única forma de sustento. Há uma diversidade de ações na linha de geração de trabalho e renda, mas nem sempre com aplicabilidade muito além do fornecimento de estímulos ao não-trabalho.

Observa-se de forma bastante serena que os Planos Diretores das cidades que compõem a área de estudo possuem diferenças entre a ocupação e o uso do solo.

Nesta linha não há como afirmar que um terreno com determinada dimensão servirá para a criação de um conjunto habitacional de forma igual para todos os municípios - o que interfere no valor de mercado deste terreno.

Observou-se também que os terrenos com maiores áreas podem apresentar um valor mais reduzido, se comparada a metragem quadrada, ou mesmo a testada (frente do terreno para o logradouro) aos terrenos pequenos.

Esta teoria não garante aplicabilidade quando o terreno possui dimensões favoráveis a criação de um conjunto habitacional. A expectativa de geração de lucro através da comercialização destas unidades, após o cumprimento dos aspectos legais de cada município (estudos, licenças, arruamento, etc), sinalizam um maior retorno ao negócio em áreas maiores - independentemente do município.

Para o presente orçamento e previsão de custos, foi utilizada a data base de janeiro/2018.

O método comparativo direto dos dados de mercado possibilitou o levantamento de dados, com as características de preço apresentadas no anexo 5.5. Também estão apresentados os dados das imobiliárias utilizadas no levantamento de dados.

• **Orçamento de Desapropriação no Zoneamento do Cenário 1**

No Quadro 24 abaixo consta o orçamento da desapropriação da zona de passagem de cheias no **Cenário 1**.

Para a estimativa dos valores dos terrenos e edificações a desapropriar foi utilizado o valor médio levantado nas pesquisas, conforme quadros do anexo 5.6.

*Quadro 24 - Orçamento da desapropriação no Zoneamento do **Cenário 1***

Município	Áreas a Desapropriar - Zona de Passagem de Cheias					
	Área (m²)	R\$ / m²	R\$ terreno	Número de Edificações	R\$ / Edificação	R\$ Edificação
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ						
Alvorada	19.729	400,63	7.904.029	37	120.940,13	4.474.785
Cachoeirinha	105.205	451,57	47.507.422	1.013	181.912,63	184.277.494
Canoas	0	597,47	0	0	89.075,18	0
Gravataí	40.418	192,33	7.773.594	396	194.838,68	77.156.117
Porto Alegre	191.720	346,39	66.409.891	1.205	49.812,55	60.024.123
Total - Rio Gravataí	357.072	-	129.594.935,86	2.651	-	325.932.519,03
Total			455.527.454,89			

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

• **Orçamento das demolições do Cenário 1**

No Quadro 25 abaixo consta o orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas no **Cenário 1**.

A base de cálculo para os custos de demolição foi feita a partir do projeto de reurbanização da Vila Mato Sampaio do DEMHAB / POA, data base de cálculo de abril de 2016.

O preço de demolição mais transporte até 30 km/m² de edificação à época foi estimado em R\$ 67,60 / m². Foi realizada a correção para a base de cálculo de janeiro de 2018 com base no índice FGV INCC.

A área média utilizada para cálculo de cada edificação foi estimada em 80 m².

*Quadro 25 - Orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas no **Cenário 1***

Município	Áreas a Desapropriar			
	Número de Edificações	Demolição (R\$ / Edificação)	Área média da Edificação	Total Demolição (sem BDI) (R\$)
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ				
Alvorada	37	73,39	80,00	217.248,33
Cachoeirinha	1.013	73,39	80,00	5.947.907,11
Canoas	0	73,39	80,00	0,00
Gravataí	396	73,39	80,00	2.325.144,34
Porto Alegre	1.205	73,39	80,00	7.075.249,83
Total - Rio Gravataí	2.651			15.565.549,62

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• **Orçamento de Revitalização de Áreas Desapropriadas com a Implantação de Parques Lineares**

Para estimar os custos de revitalização da área e sua respectiva manutenção, foi utilizada a parametrização de valores de projetos semelhantes.

Foram utilizados 03 (três) projetos para servir de balizadores:

- o Parque Linear do Programa Socioambiental - PISA / Arroio Cavalhada às margens do Arroio Cavalhada, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- o Revitalização do Arroio Pampa da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo-RS.
- o Parque das Nações Indígenas da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

No Quadro 26 está apresentada a parametrização dos custos.

Quadro 26 - Parametrização de custos de revitalização de áreas desapropriadas com parques lineares

Projeto	Custo (R\$)	Área (m²)	Parâmetro (R\$/m²)	Reajustado para 2018
Parque Linear do Programa Socioambiental - PISA / Arroio Cavalhada às margens do Arroio Cavalhada, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Base jan/2005	1.657.780,94	53.116,98	31,21	55,39
Revitalização do Arroio Pampa da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo. Base Jun/2015	1.616.469,59	30.178,08	53,56	58,00
Parque das Nações Indígenas da Prefeitura Municipal de Campo Grande. Base Jan/2009	36.494.731,70	1.160.000,00	31,46	44,69

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Para o reajustamento das datas bases para jan/2018 foi utilizada a tabela do índice de reajustamento de obras rodoviárias do DNIT e FGV.

O parâmetro foi o resultado da média entre os 3 valores levantados R\$ 55,36, R\$ 58,00 e R\$ 44,69. Para estimar o custo de implantação do parque linear foi considerado o valor de R\$ 52,59 / m².

Quadro 27 - Custo Total da Revitalização da Área C1

Área Total (m²)	Custo Unitário (m²)	Valor Total (sem BDI)
357.072	52,59	18.778.416,48
Projeto Executivo	2,34%	439.414,95
Licenciamentos	1,5%	281.676,25
Instalação e Canteiro de Obras	1,5%	281.676,25
Administração Local da Obra	4,04%	758.648,03
Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,6%	112.670,50
TOTAL		R\$ 20.652.502,44

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

No cálculo do custo não estão inclusas as ciclovias, iluminação, equipamentos (quadras, etc.) e demolição.

Os serviços orçados nos parques são:

- o Limpeza do terreno e terraplenagem;
- o Microdrenagem;
- o Mobiliários urbanos (bancos, lixeiras, sinalização, etc.);
- o Replantio de árvores e vegetais de médio porte;
- o Bacias de retenção;
- o Infraestrutura e pavimentação.

✓ **Resumo**

Os demais custos que envolvem a desapropriação e implantação de parques como a avaliação dos imóveis e demolições são apresentados no Quadro 28 a seguir.

*Quadro 28 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no **Cenário 1***

Item	Descrição	Valor (sem BDI)
1	Zoneamento com desapropriações C1	
1.1	Desapropriações	R\$ 455.527.454,89
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R\$ 4.555.274,55
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R\$ 20.721.968,20
1.4	Parque Linear	R\$ 20.652.502,44

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 29 - Custo Total das Intervenções - C1

Item	Descrição	Valor sem BDI (R\$)	Valor dos serviços com BDI 28,21% (R\$)	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35% (R\$)	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38% (R\$)	Valor TOTAL com BDI (R\$)
1	Zoneamento com desapropriações					R\$ 601.881.586,00
1.1	Desapropriações	R\$ 455.527.454,89		R\$ 543.672.017,41		R\$ 543.672.017,41
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R\$ 4.555.274,55			R\$ 5.255.875,77	R\$ 5.255.875,77
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R\$ 20.721.968,20	R\$ 26.567.635,43			R\$ 26.567.635,43
1.4	Parque Linear	R\$ 20.652.502,44	R\$ 25.554.062,37		R\$ 831.995,02	R\$ 26.386.057,38
2	Banhado Grande					R\$ 5.489.932,01
2.1	Minibarramentos	R\$ 4.296.997,94	R\$ 5.316.825,58		R\$ 173.106,43	R\$ 5.489.932,01
3	Sistema de Monitoramento					R\$ 525.661,00
3.1	Melhoria da rede	R\$ 410.000,00	R\$ 525.661,00			R\$ 525.661,00
TOTAL		R\$ 506.164.198,02	R\$ 57.964.184,38	R\$ 543.672.017,41	R\$ 6.260.977,22	R\$ 607.897.179,01

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.8 Cenário de Alternativas 2 (C2)

A presente proposição apresenta três componentes bem definidas e relacionadas com os objetivos do estudo:

- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de cheias** na Bacia do Rio Gravataí, contemplando a possibilidade de utilização de medidas estruturais e não-estruturais;
- Proposição de alternativas para **minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano;
- Avaliação de medidas de **recuperação ambiental do sistema hídrico**, com destaque para a lagoa da Anastácia, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS.

Destaca-se que o **Cenário 2** prioriza a implementação de alternativas estruturais, o que não implica que não haja intervenções não-estruturais.

Nas áreas urbanas, o **Cenário 2** propõe soluções que incluem a implementação de sistema de proteção compostos por diques em terra combinados a sistemas de bombeamento.

Onde se constatou que os diques de proteção criariam externalidades a regiões vizinhas, como o estrangulamento do fluxo com remanso em regiões a montante das obras, descartou-se o uso dos diques e optou-se pela manutenção da alternativa escolhida no **Cenário 1**.

Portanto, assim como no **Cenário 1**, em determinadas regiões, se mantém a opção pela desapropriação de populações em risco a partir do **Zoneamento de Áreas Inundáveis**, combinado às propostas de melhoria do **Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta dos desastres naturais** e de inclusão de um **Sistema de Cobertura de Inundações**, que são elementos para a minimização dos impactos sociais causados pelas cheias.

O **Cenário 2** contempla, ainda, a avaliação de medidas de **recuperação ambiental do sistema hídrico**, com destaque para a lagoa da Anastácia, o Banhado Grande e as obras de canalização particulares e do DNOS, conforme solução do **Cenário 1**, cuja solução é exposta no capítulo 3.10.

Também se busca a proposição de alternativas para minimização dos efeitos de estiagens na Bacia do Rio Gravataí, visando o **aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano**, cuja descrição é exposta no capítulo 3.9.

De uma forma geral, o Cenário C2 propõe:

- **nas regiões urbanizadas do Baixo e Médio Gravataí**, a alternativa estrutural de implantação de sistemas de proteção compostos por diques em terra e sistemas de bombeamento combinada à alternativa não-estrutural de Zoneamento de Áreas Inundáveis, com o uso de Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta e incluindo, ainda a proposta de um sistema de Seguro de Cobertura de Inundações.
- As alternativas estudadas contemplam o Rio Gravataí e os tributários que passem por áreas urbanizadas.

Destaca-se que:

- o as medidas que atuam sobre o Rio Gravataí ou que são necessárias devido a remanso do Rio Gravataí são **detalhadas por comporem o escopo do trabalho em desenvolvimento**;
- o as medidas para controle de inundações causadas por falta de capacidade dos tributários para escoar suas cheias são propostas como **diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais**, incluindo: Limpeza/dragagem de canal, melhoria de travessias (pontes, pontilhões), reservatórios de detenção.
- Na região composta pelo **Banhado Grande (macro unidade do Alto Gravataí - Banhado Grande) e pelas obras de canalização do DNOS (macro unidade do Médio Gravataí)**, são propostas medidas estruturais, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão do sistema hídrico;
- As **alternativas para minimização dos efeitos de estiagens** na Bacia do Rio Gravataí, visando aumento da disponibilidade hídrica para abastecimento humano, são compostas por propostas de gestão, visando garantir o limite de outorga na bacia. Para tanto, foi realizada a análise de sensibilidade do percentual outorgado da vazão de referência $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$, em combinação com as medidas estruturais propostas para o Banhado Grande e Canal do DNOS.

✓ **Baixo e Médio Gravataí - Cenário C2**

A Figura 32 apresenta a Zona de Inundação com TR = 100 anos no Cenário C0 e os diques de proteção propostos no **Cenário 2**.

Como se pode observar na Figura 32 não há grande ocupação na Zona de Passagem de Cheia, porém, há áreas com urbanização consolidada na Zona de Inundação com TR = 100 anos, e com a implementação dos diques, essas áreas passam a ser protegidas, sendo incorporadas a zona de baixo risco.

A solução proposta no Cenário C2 Baixo Gravataí é a implantação de diques em terra e sistemas de bombeamento combinada à alternativa não-estrutural de Zoneamento de Áreas Inundáveis, com o uso de Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta.

Observam-se impactos significativos na região de Porto Alegre, Cachoeirinha e Gravataí conforme exposto na Figura 33, Figura 34 e Figura 35, onde pode ser visto com maior detalhe a solução por sistemas de proteção nessas regiões atingidas.

Na região ao norte do bairro Sarandi, entre o bairro e a BR-290, onde não foi proposta proteção por dique às indústrias ali presentes, indica-se a proteção individual de cada pavilhão ou área vulnerável.

Na região inclusive há uma casa de bombas do DEP (CB-09) e há um aterro supostamente protegendo a região, no entanto a cota é insuficiente para a proteção do evento de projeto TR 100 anos. Caso haja a intenção de se reavaliar a readequação de tal estrutura para que funcione como um polder, deve ser feita nova avaliação hidrodinâmica das consequências da elevação de tal obra.

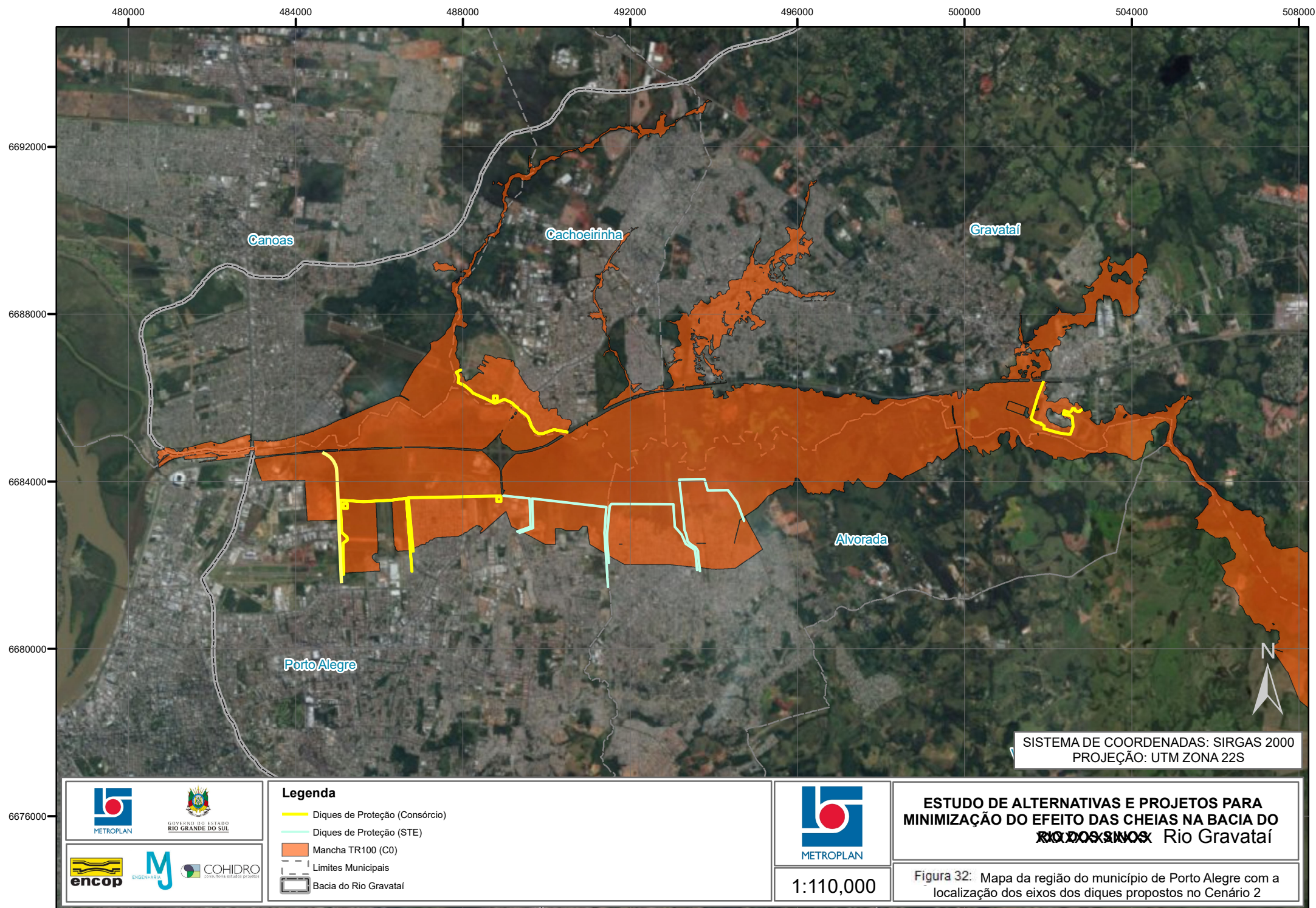
O presente estudo considera como melhor solução a proteção individual das indústrias já instaladas no local e a preservação de área de várzea nas áreas não ocupadas.

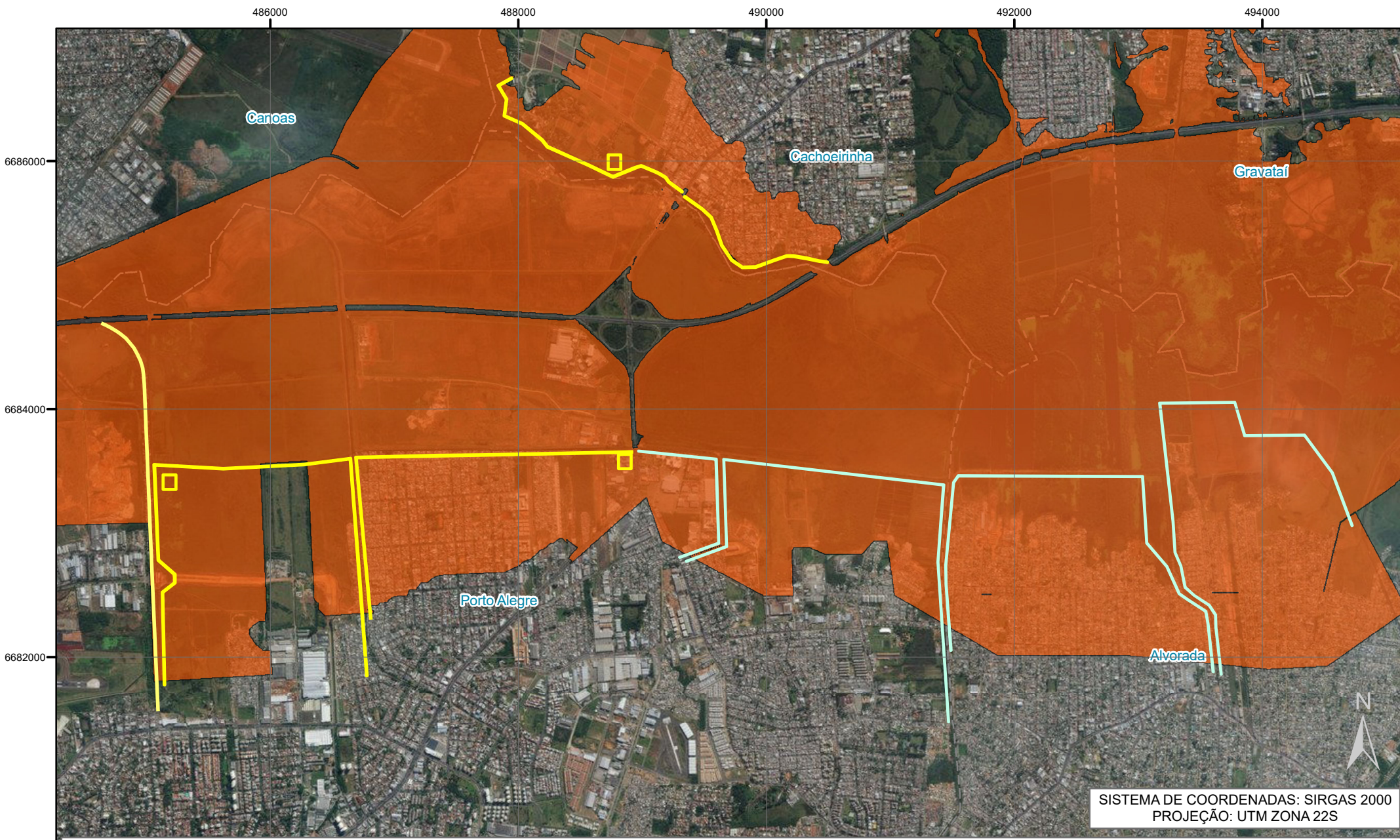
Entende-se que a alternativa mais sustentável é se limitar dentro das possibilidades a ocupação das áreas de planície ainda não ocupadas.

Nos demais afluentes do Gravataí, que passam pelas áreas urbanas e que compõe a rede de macrodrenagem dessas áreas, é feita a recomendação para:

- **limpeza e/ou dragagem de canal (visando melhorar as condições de escoamento nos cursos d'água),;**
- **melhoria de travessias, tais como pontes e pontilhões (buscando reduzir as possibilidades de restrições localizadas ao escoamento); e**
- **zoneamento de áreas inundáveis (para regular a ocupação do solo, visando estabelecer usos compatíveis com os riscos de inundação de cada área).**

Onde possível, os estudos dos Planos Municipais deverão avaliar a possibilidade de utilizar reservatórios de retenção (on-line ou off-line).





SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S





Legenda

-  Diques de Proteção (Consórcio)
-  Diques de Proteção (STE)
-  Mancha TR100 (C0)
-  Limites Municipais
-  Bacia do Rio Gravataí



METROPLAN

1:40,000

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA
MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO
~~RIO DOS SINOS~~ Rio Gravataí**

Figura 33: Mapa da região do município de Porto Alegre com a localização dos eixos dos diques propostos no Cenário 2

486000

488000

490000

492000

6688000

6686000

6684000

Canoas

Cachoeirinha

Gravataí

Porto Alegre

SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

COHIDRO
CONSTRUTORA ESTADOS UNIDOS

Legenda

- Diques de Proteção
- Mancha TR100 (C0)
- Limites Municipais
- Bacia do Rio Gravataí



1:30,000

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS Rio Gravataí

Figura 34 – Mapa da região do município de Cachoeirinha com a localização dos eixos dos diques propostos no Cenário 2

498000

500000

502000

504000

506000

6688000

6686000

6684000

Gravataí

Alvorada



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S



Legenda

- Diques de Proteção
- Mancha TR100 (C0)
- Limites Municipais
- Bacia do Rio Gravataí



1:30,000

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO ~~RIO DOS SINOS~~ Rio Gravataí

Figura 35: Mapa da região do município de Gravataí com a localização dos eixos dos diques propostos no Cenário 2

✓ **Médio e Alto Gravataí - Banhado Grande - Cenário 2**

Na região composta pelo Banhado Grande (macro unidade do *Alto Gravataí - Banhado Grande*) e pelas obras de canalização do DNOS (macro unidade do *Médio Gravataí*), são propostas medidas estruturais, buscando recuperação de funções ambientais do sistema hídrico e controle de erosão.

Estas medidas estruturais são compostas por uma sequência de pequenos barramentos que visam permitir:

- Restauração das características ecológicas próximas às existentes no Banhado Grande até o trecho da Lagoa da Anastácia/Passo dos Negros através da criação de um ecossistema contínuo em todo o trecho;

Os Projetos detalhados destas estruturas, com sua localização e dimensões, são apresentados no item 3.10.2.

O Quadro 20 resume as soluções propostas na Alternativa C2 para a Bacia do Rio Gravataí (Cenário C2-BG/MG/AGF/AGBG).

Quadro 30 - Alternativas para o cenário C2

Solução	Descrição
Mitigação dos efeitos das cheias (soluções estruturais e não estruturais)	
Diques de proteção com sistemas de bombeamento	Implantação de diques de proteção combinados a sistemas de bombeamento em diversas regiões da bacia para a diminuição da vulnerabilidade das populações expostas ao risco de cheias.
Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta	Manutenção do que já existe e melhorias da rede de monitoramento.
Zoneamento	Zona de Passagem de Cheias - Usos compatíveis com inundação (parques, esportes, estacionamento). - Se necessário e quando possível: relocação/reassentamento de ocupações irregulares
	Zona de Uso Restrito - Se necessário e quando possível: Relocação ou adaptação de prédios públicos
	Zona de Baixo Risco - Podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações
Seguros de Cobertura de Inundações	Sugestões do modelo de seguros contra enchentes de acordo com o contexto geopolítico da região.
Mitigação dos efeitos das estiagens (soluções não estruturais)	
Proposta de regularização das outorgas	Ferramenta de gestão, realizando a análise de sensibilidade do percentual outorgável da vazão de referência para cada trecho.
Recuperação de áreas degradadas (soluções estruturais)	
Implantação de minibarramentos	Minibarramentos de gabião tipo caixa na calha do canal do DNOS com o objetivo de elevar os níveis d'água no canal e conseqüentemente do freático nas regiões de planície adjacentes ao canal. Diminuindo as velocidades do fluxo, visa-se a diminuição dos processos erosivos por <i>piping</i> .

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os capítulos 3.8.1 e 3.10.2 consolidam os produtos das intervenções estruturais, compostos pelos sistemas de proteção contra cheias e pela implantação de minibarramentos para a recuperação das áreas degradadas respectivamente.

O capítulo 3.8.2 consolida os produtos das intervenções não estruturais.

Na alternativa referente ao zoneamento se aplicam as metodologias propostas para a delimitação de cada área, sendo indicados os possíveis usos e formas de ocupação e são apresentados os mapas com os resultados obtidos.

Além disso, são apresentadas em detalhes as propostas de melhoria do sistema de monitoramento previsão e alerta e as sugestões do modelo de seguros contra enchente na bacia nos capítulos 3.11 e 3.12 respectivamente.

3.8.1 Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais

São analisadas e propostas intervenções estruturais na bacia em diferentes locais. As intervenções são descritas abaixo por região.

✓ **Baixo Gravataí**

- Áreas inundáveis no município de Porto Alegre, na Zona Norte, no sistema de proteção do Aeroporto, na chamada Vila Dique.
- Áreas inundáveis no município de Porto Alegre, na Zona Norte, a oeste do Bairro Sarandi se aproximando e protegendo o projeto de prolongamento da pista do aeroporto devido às cheias no Rio Gravataí na margem esquerda.
- Áreas inundáveis no município de Porto Alegre, na Zona Norte, a leste no Bairro Sarandi devido às cheias no Rio Gravataí na margem esquerda.
- Áreas inundáveis no município de Cachoeirinha, ao Sul devido às cheias no Rio Gravataí na margem direita.
- Áreas inundáveis no município de Gravataí, ao Sul no Bairro Caça e Pesca devido às cheias no Rio Gravataí na margem direita.

Todas as intervenções propostas sofrem os impactos do mesmo fenômeno que são as cheias do Rio Principal da bacia, o Rio Gravataí. As intervenções propostas visam minimizar a exposição ao risco de cheias das populações que habitam essas regiões.

Pelo fato das obras serem propostas em áreas de planície de inundação do Rio Principal, onde há um maior alargamento, elas não geram impactos às regiões vizinhas por não ocorrer o estrangulamento do fluxo.

Portanto, as externalidades são mínimas nesse sentido, atendendo os limites aceitáveis de aumento na lâmina d'água e incremento das áreas inundáveis em outras regiões.

Em todas as áreas onde se observou o impacto das inundações, se propõe um sistema de proteção por dique de proteção em terra e sistema de bombeamento.

Todas as intervenções propostas, cuja análise, seções-tipo, métodos construtivos e quantitativos são apresentados nos itens a seguir, têm a sua localização indicada na Figura 36.

Os eixos em vermelho são oriundos de outro estudo realizado pela Metroplan em 2016 no município de Alvorada e incorporados ao presente estudo.

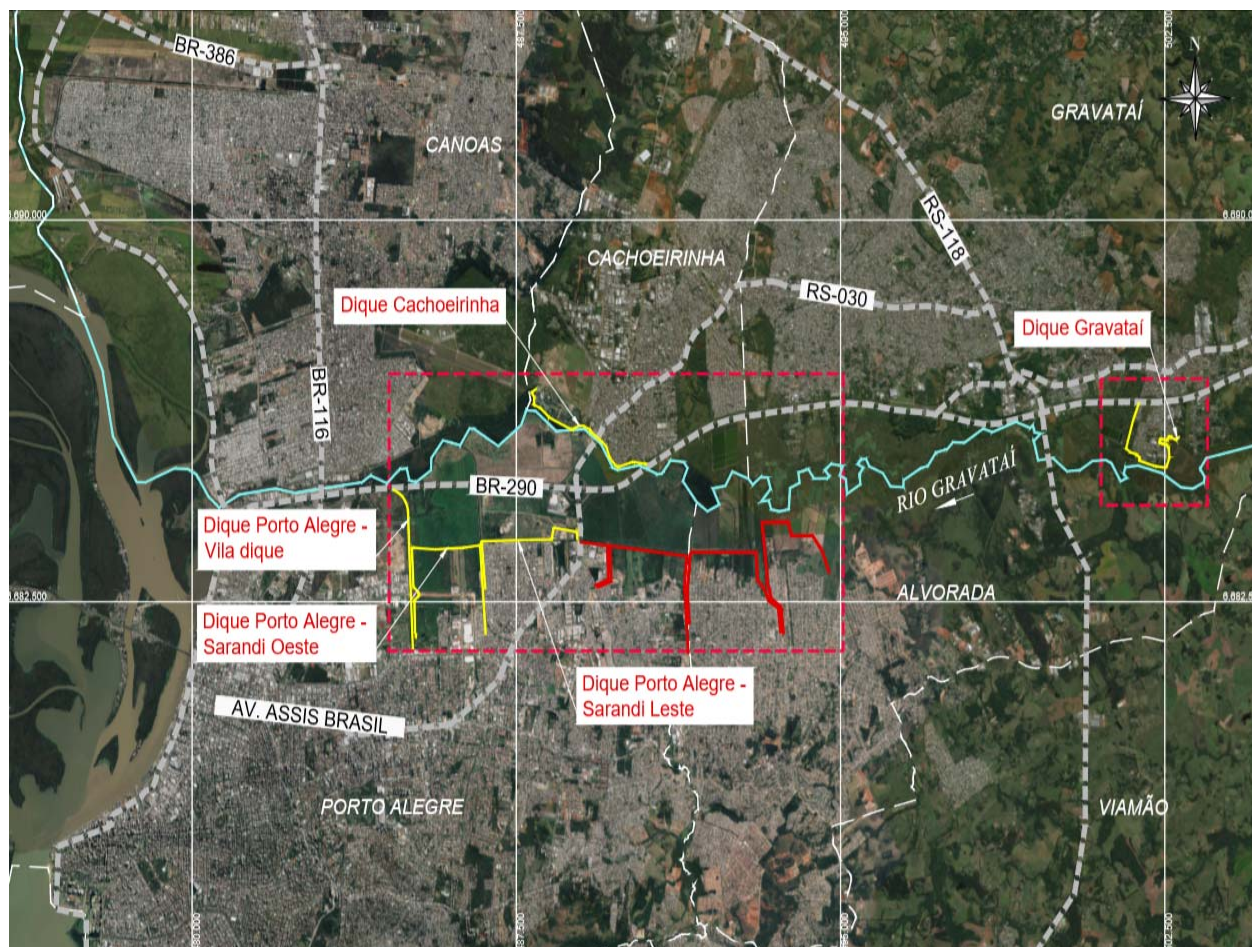


Figura 36 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Gravataí

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Médio Gravataí e Alto Gravataí - Banhado Grande**

Foram propostas pequenas obras de revitalização de áreas degradadas na região desde o Passo dos Negros e Lagoa da Anastácia até o Banhado Grande (soluções apresentadas no capítulo 3.10.2).

Com vistas à minimização dos impactos hídricos decorrentes da expansão do cultivo do arroz irrigado e da construção do Canal do DNOS, foram analisadas e propostas intervenções estruturais na área de proteção ambiental do Banhado Grande, na bacia do Rio Gravataí.

Essas intervenções, por comporem tanto o **Cenário 1** quanto o **Cenário 2**, sendo uma alternativa única são expostas separadamente, portanto não são detalhadas nesse capítulo. Aqui tal obra é apenas revisitada por também compor o **Cenário 2**.

A Figura 37 apresenta a localização do trecho onde foram propostas as soluções por **minibarramentos galgáveis**.

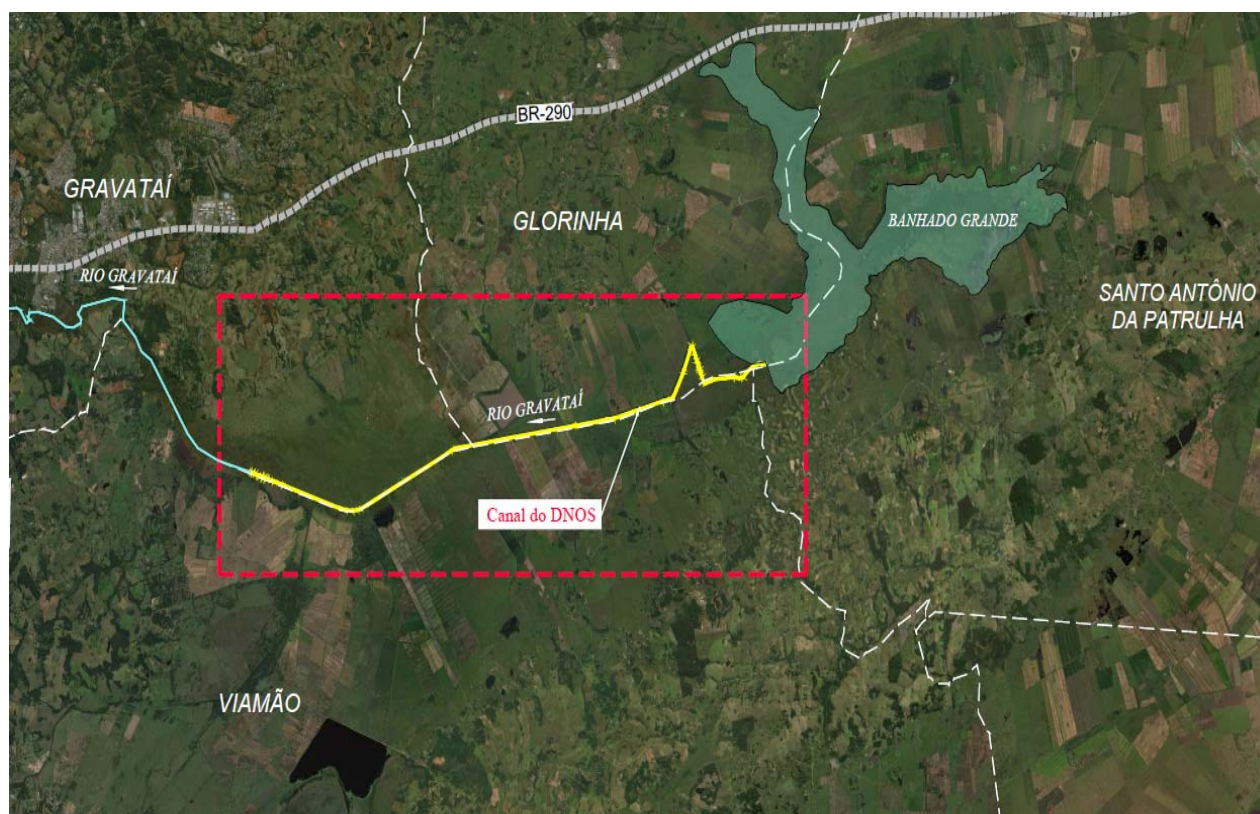


Figura 37 - Localização das intervenções de revitalização das áreas a jusante e no Banhado Grande
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Alto Gravataí - Formadores**

Não foram propostas intervenções estruturais no Alto Gravataí - Formadores.

✓ **Elevação de Dique de Proteção existente em Porto Alegre - Vila Dique**

• **Localização e caracterização do problema**

O sistema de proteção existente localiza-se na zona norte do município de Porto Alegre a leste do Aeroporto no sistema de proteção existente, onde hoje se localiza a chamada Vila Dique.

As simulações realizadas indicam que há transbordamento do dique para eventos mais extremos, por isso se propõe a elevação da cota do dique para 6,30 m, aproximadamente 1,0 m em média dada a cota variável do dique existente em torno de 5,30 m.

O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem esquerda.

A Figura 38 apresenta a localização das estruturas.

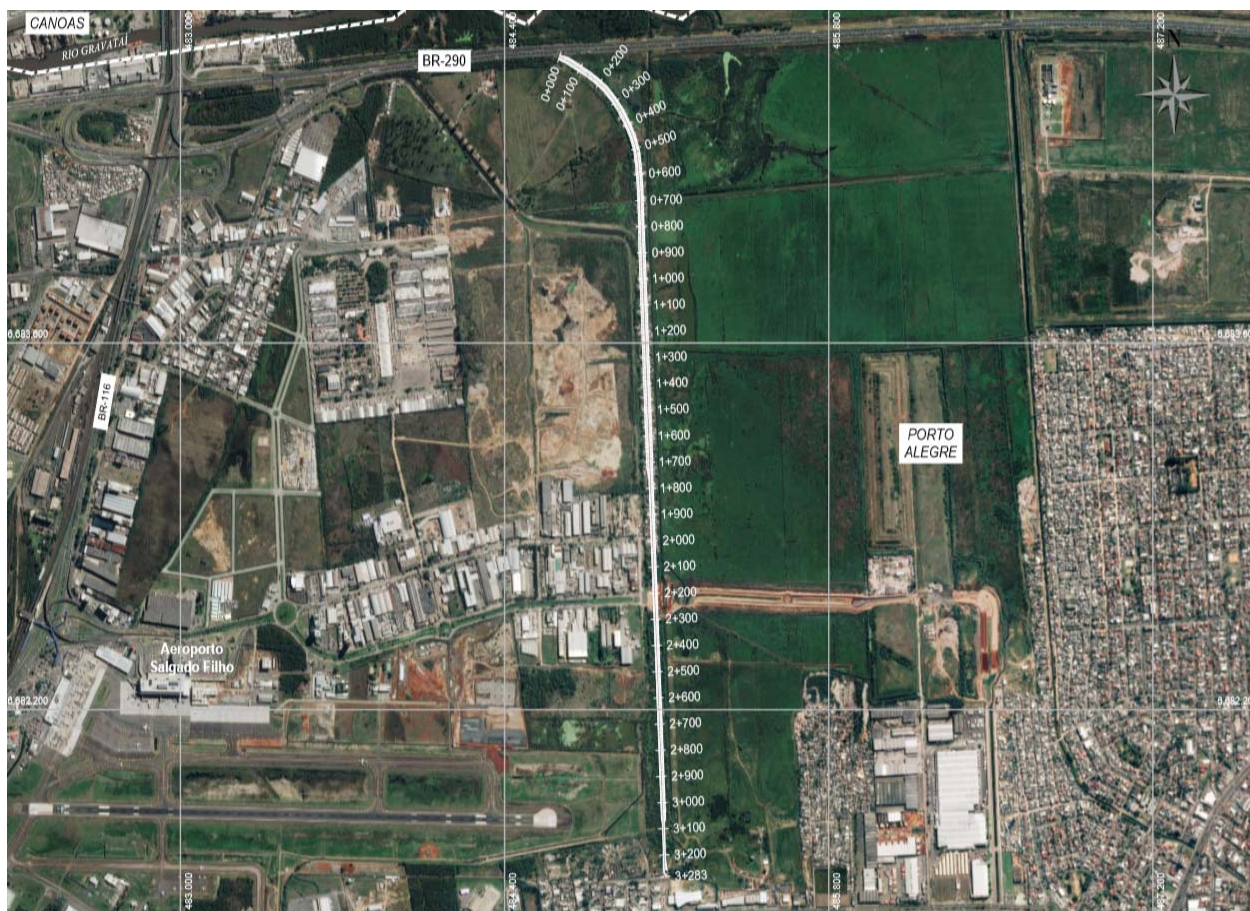


Figura 38 - Planta da elevação do dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

A solução proposta consiste na elevação do dique existente protegendo o lado oeste onde se localiza o Aeroporto, regiões industriais e de expansão até a cota 6,3 m.

Não há necessidade de implantação de nova casa de bombas, além das melhorias já propostas pelo DEP, que recentemente elaborou o projeto e orçamento da CB-06.

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 6,3 m.

A seção-tipo das obras de terra é feita toda em material importado de jazida (solo argiloso compactado), com 4,0 m de coroamento e taludes laterais 1 V : 2 H. A seção-tipo de referência das obras encontra-se na Figura 39.

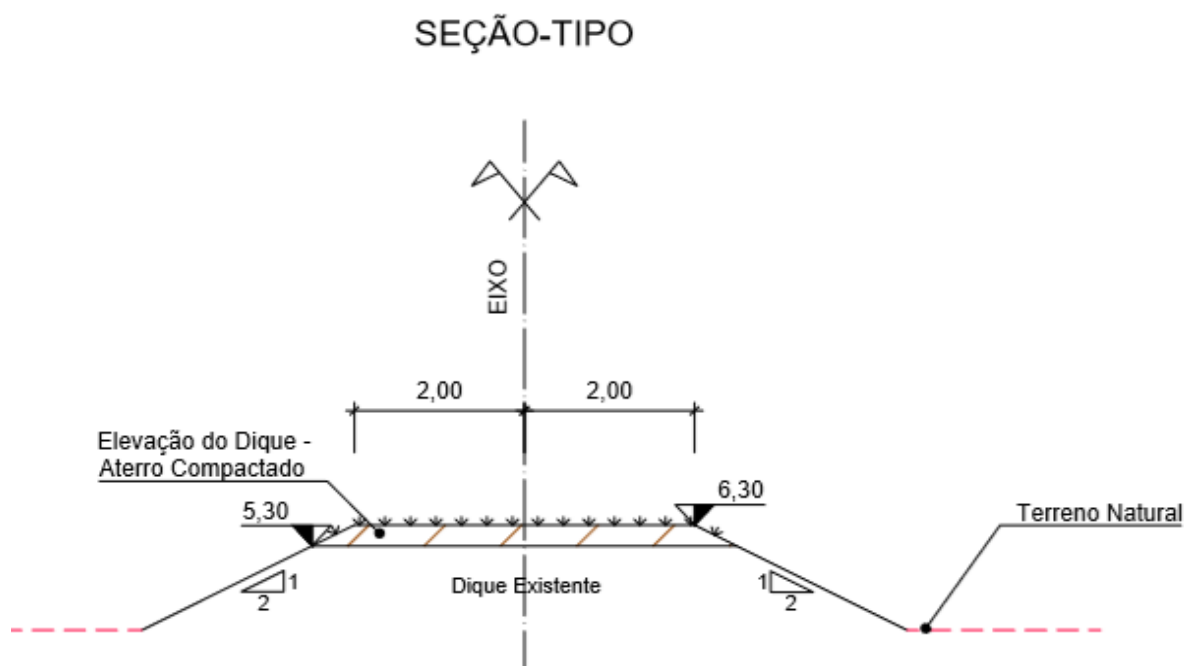


Figura 39 - Seção-tipo da elevação dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Métodos construtivos e quantitativos

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra do dique, cujos quantitativos encontram-se no Quadro 31. O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 40.

o Construção dos diques de vedação

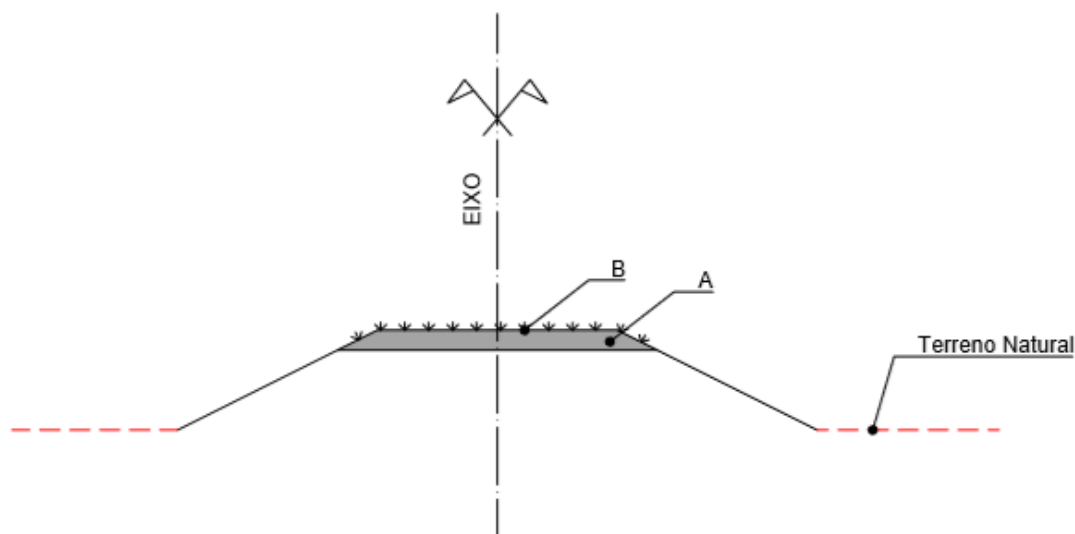
Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 6,3 m em solo compactado, com taludes laterais de 1,0 V : 2,0 H e largura de coroamento de 4,0 m. Estes solos serão compactados no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que as obras de terra possam acompanhar satisfatoriamente as deformações posteriores por adensamento das fundações.

Devido às baixas velocidades de fluxo, assim como ao reduzido tempo de permanência do nível de água elevado, o dique em solo compactado não terá revestimento em enrocamento.

o Hidrossemeadura

Realização da regularização da superfície, incorporação de fertilizantes e corretivos (calcário dolomítico) lançado em toda a área do talude. Preparo da solução no caminhão pipa espargidor. Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído de serragem de madeira e palha de arroz. A aplicação da solução deve ser continuamente agitada durante a operação e distribuída homogeneamente em toda a superfície. Irrigação durante 5 dias consecutivos, caso o processo se dê em época seca do ano. Manutenção por adubação após 6 meses da semeadura.

ESQUEMA GRÁFICO



LEGENDA

VOLUMES E ÁREAS 3D:

A = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....	76473,30 m³
B = ENLEIVAMENTO.....	75843,57m²

Figura 40 - Volumes dique proposto no polder de proteção do Aeroporto - Vila Dique.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 31 - Obras da elevação do dique de proteção do Aeroporto - Vila Dique.

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	76.473,30	m³
2	Enleivamento / Hidrossemeadura	75.843,57	m²

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.5.1.

✓ Dique de Proteção Porto Alegre - Sarandi Oeste

• Localização e caracterização do problema

A área em questão localiza-se a oeste da área anterior, protegendo a zona onde está previsto o prolongamento da pista do aeroporto Salgado Filho.

A proteção protege áreas já impactadas e permite uma possível expansão urbana. O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem esquerda.

A Figura 41 apresenta a localização das estruturas.

Nota-se que na mesma área já existe o prolongamento da Av. Severo Dullius, com o propósito também de proteção contra cheias, além do acesso viário. Devem ser desenvolvidos os detalhes de interação entre tais obras.



Figura 41 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

A solução proposta consiste na elevação de um novo dique protegendo o lado oeste do Bairro Sarandi, exposto aos eventos de cheias na Zona Norte de Porto Alegre na cota 6,3 m.

O sistema de proteção é também complementado por uma casa de bombas na região a Noroeste do novo dique.

A Estação de Bombeamento deverá possuir quatro bombas de 161 CV mais uma reserva ([4+1R] * 161 CV).

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 6,30 m.

A seção-tipo das obras de terra é feita toda em material importado de jazida (solo argiloso compactado), com 4,0 m de coroamento e taludes laterais 1 V : 2 H.

É previsto também uma trincheira de vedação (cut-off central) com 1,0 m de profundidade, taludes 1 V : 1 H e 2,0 m de largura no fundo.

A seção-tipo de referência das obras encontra-se na Figura 42.

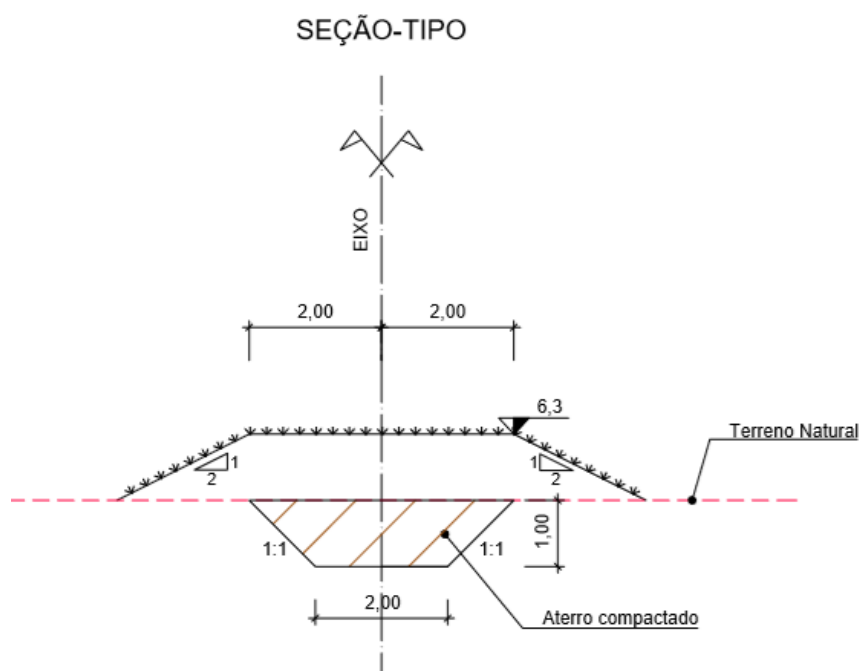


Figura 42 - Seção-tipo do dique proposto a oeste no Bairro Sarandi em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Métodos construtivos e quantitativos

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra do dique, cujos quantitativos encontram-se no Quadro 32. O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 43.

o Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off)

O dique novo terá uma trincheira central de vedação com 1,0 m de profundidade 2,0 m de base, com taludes com inclinação 1 V : 1 H. A execução desta trincheira central deverá ser anterior à execução do aterro em argila importada que irá compor o maciço do dique.

A compactação dos solos provenientes de jazida deverá ser feita no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que os aterros compactados possam acompanhar satisfatoriamente as deformações por adensamento das fundações.

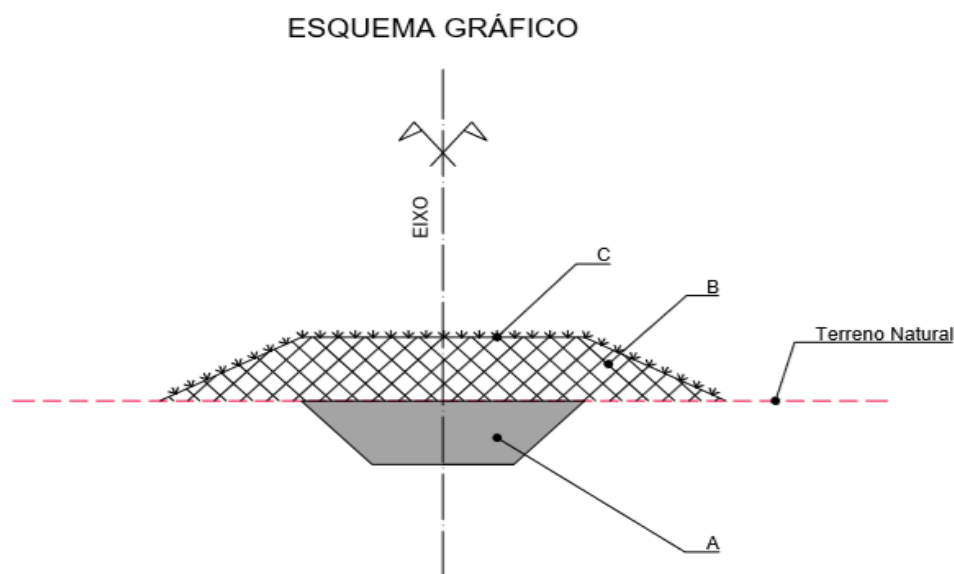
o Construção dos diques de vedação

Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 6,3 m em solo compactado, com taludes laterais de 1,0 V : 2,0 H e largura de coroamento de 4,0 m. Estes solos serão compactados no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que as obras de terra possam acompanhar satisfatoriamente as deformações posteriores por adensamento das fundações.

Devido às baixas velocidades de fluxo, assim como ao reduzido tempo de permanência do nível de água elevado, o dique em solo compactado não terá revestimento em enrocamento.

o **Hidrossemeadura**

Realização da regularização da superfície, incorporação de fertilizantes e corretivos (calcário dolomítico) lançado em toda a área do talude. Preparo da solução no caminhão pipa espargidor. Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído de serragem de madeira e palha de arroz. A aplicação da solução deve ser continuamente agitada durante a operação e distribuída homogeneamente em toda a superfície. Irrigação durante 5 dias consecutivos, caso o processo se dê em época seca do ano. Manutenção por adubação após 6 meses da semeadura.



LEGENDA

VOLUMES:

A = ATERRO COMPACTADO (TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO).....15398,00 m³
B = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....325486,52 m³

ÁREA 3D:

C = ENLEIVAMENTO.....118011,09 m²

*Figura 43 - Volumes do dique proposto a oeste no Bairro Sarandi em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

Quadro 32 - Obras do dique proposto a oeste no Bairro Sarandi em Porto Alegre

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	325.500	m ³
2	Cut-off	15.400	m ³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	118.000	m ²
4	Casa de Bombas EB 4+1R (161 CV)	5 x 161	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.5.2.

✓ **Dique de Proteção Porto Alegre - Sarandi Leste**

• **Localização e caracterização do problema**

A área em questão localiza-se ao norte do Bairro Sarandi, em seu trecho a leste iniciando junto à Av. Assis Brasil se estendendo na direção oeste de forma a proteger todo o bairro.

O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem esquerda.

A Figura 44 apresenta a localização das estruturas.

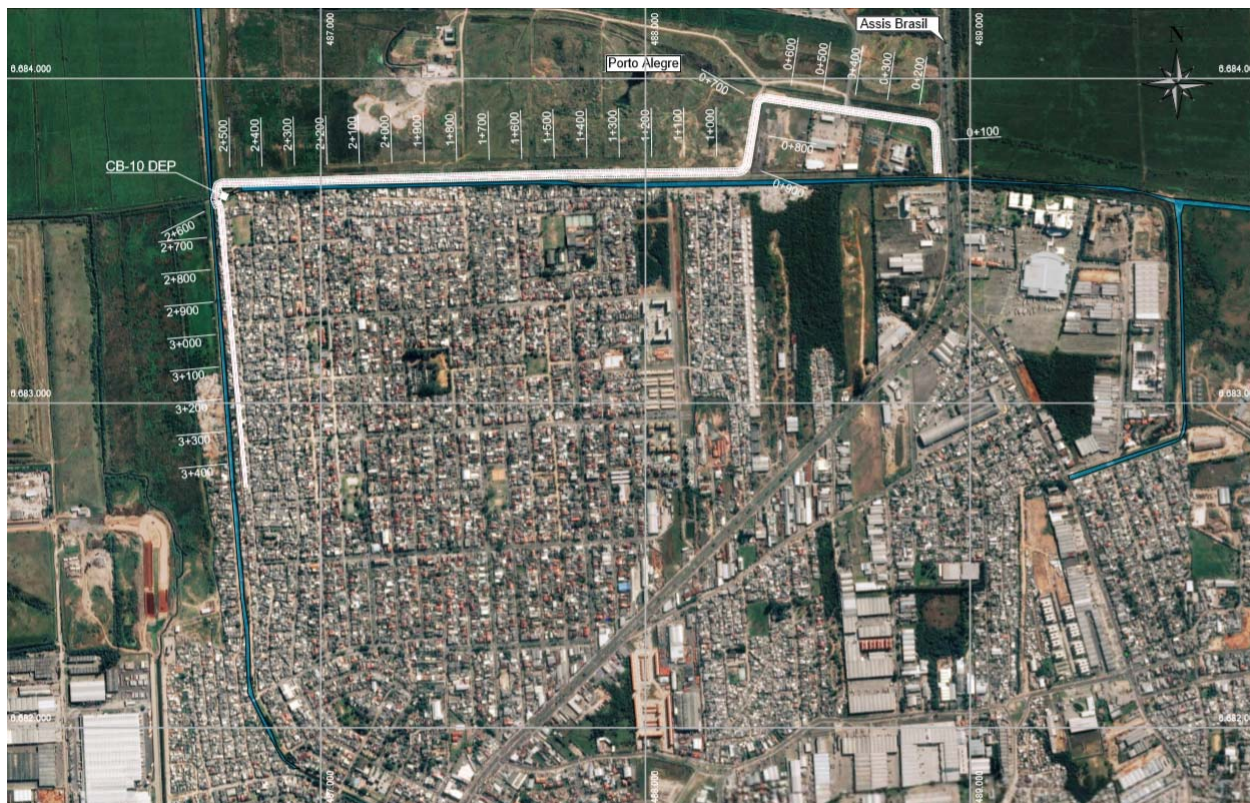


Figura 44 - Dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre e sistema de bombeamento
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

A solução proposta consiste na elevação de um novo dique protegendo o Bairro Sarandi, exposto aos eventos de cheias na Zona Norte de Porto Alegre a Oeste da Av. Assis Brasil na cota 6,5 m. O sistema de proteção é também complementado por uma casa de bombas na região mais ao Norte do novo dique junto à Av. Assis Brasil.

O novo dique proposto inicia na estrutura da ponte da Av. Assis Brasil sobre um canal de drenagem à qual as obras de terra deverão fazer o encontro estrutural.

A Estação de Bombeamento já existe e está em fase de projeto e orçamento de melhorias pelo DEP de Porto Alegre. A CB-10 irá possuir quatro bombas, duas de 250 CV e duas de 300 CV.

• **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 6,50 m.

A seção-tipo das obras de terra é feita toda em material importado de jazida (solo argiloso compactado), com 4,0 m de coroamento e taludes laterais 1 V : 2 H.

É previsto também uma trincheira de vedação (cut-off central) com 1,0 m de profundidade, taludes 1 V : 1 H e 2,0 m de largura no fundo.

A seção-tipo de referência das obras encontra-se na Figura 45.

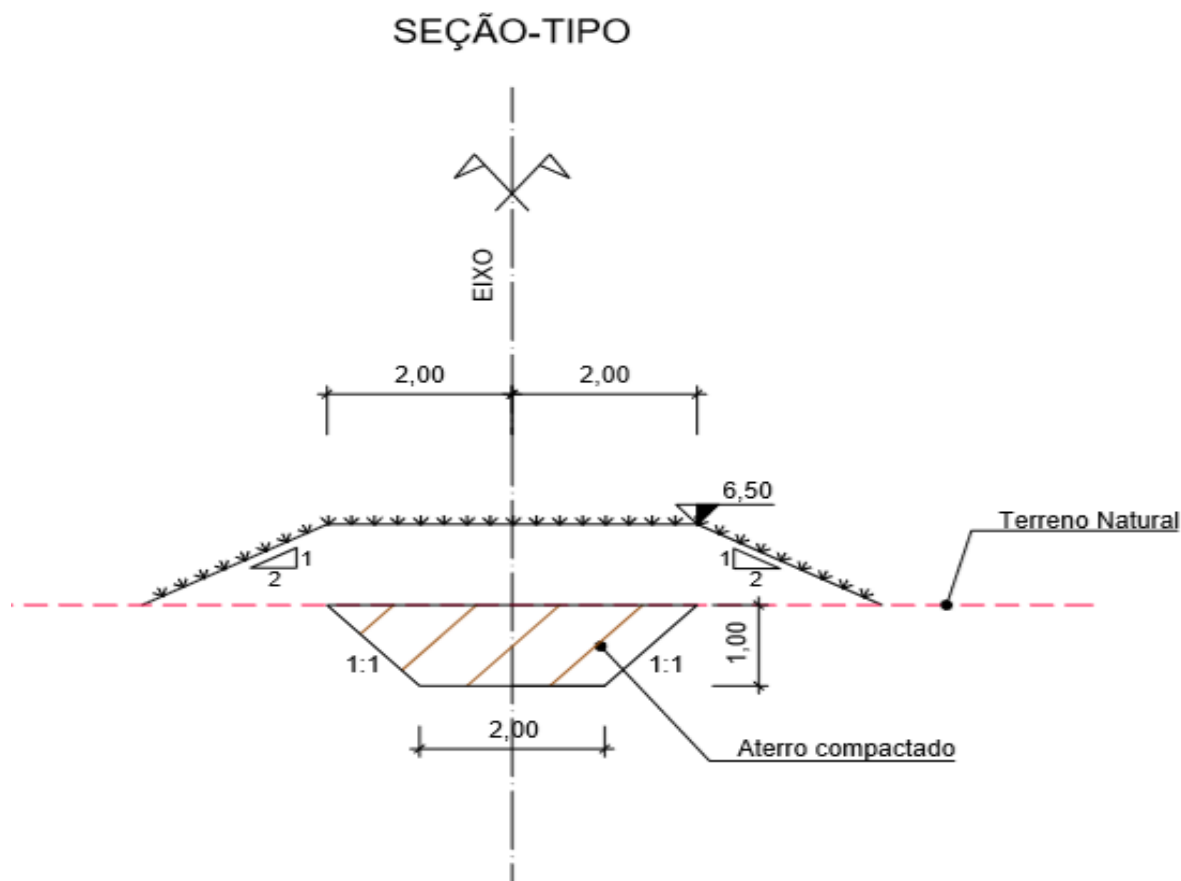


Figura 45 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Sarandí em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Métodos construtivos e quantitativos**

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra dos diques, cujos quantitativos encontram-se no Quadro 33

O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 46.

- o **Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off)**

O dique novo terá uma trincheira central de vedação com 1,0 m de profundidade 2,0 m de base, com taludes com inclinação 1 V : 1 H. A execução desta trincheira central deverá ser anterior à execução do aterro em argila importada que irá compor o maciço do dique.

A compactação dos solos provenientes de jazida deverá ser feita no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que os aterros compactados possam acompanhar satisfatoriamente as deformações por adensamento das fundações.

o **Construção dos diques de vedação**

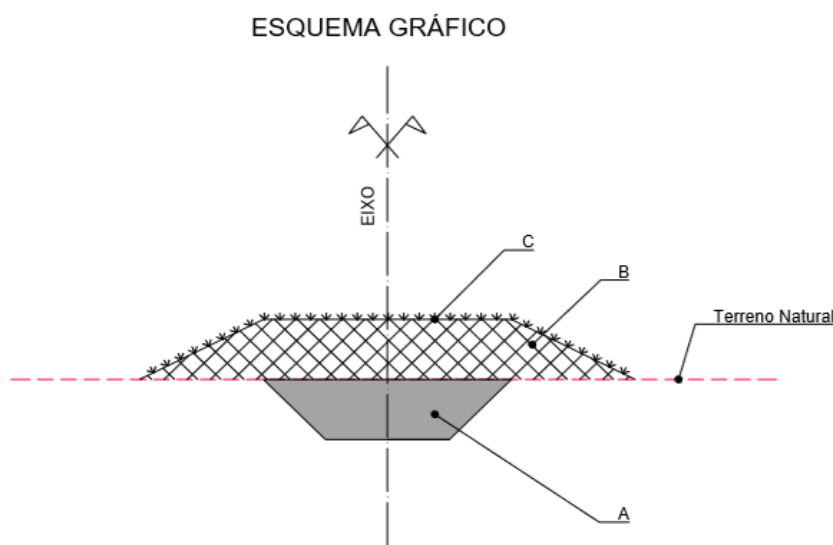
Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 6,5 m em solo compactado, com taludes laterais de 1,0 V : 2,0 H e largura de coroamento de 4,0 m.

Estes solos serão compactados no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%., de forma que as obras de terra possam acompanhar satisfatoriamente as deformações posteriores por adensamento das fundações. Devido às baixas velocidades de fluxo, assim como ao reduzido tempo de permanência do nível de água elevado, o dique em solo compactado não terá revestimento em enrocamento.

o **Hidrossemeadura**

Realização da regularização da superfície, incorporação de fertilizantes e corretivos (calcário dolomítico) lançado em toda a área do talude. Preparo da solução no caminhão pipa espargidor. Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído de serragem de madeira e palha de arroz. A aplicação da solução deve ser continuamente agitada durante a operação e distribuída homogeneamente em toda a superfície.

Irrigação durante 5 dias consecutivos, caso o processo se dê em época seca do ano. Manutenção por adubação após 6 meses da sementeira.



LEGENDA

VOLUMES:

A = ATERRO COMPACTADO (TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO).....10400,00 m³
B = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....194200,00 m³

ÁREA 3D:

C = ENLEIVAMENTO.....81559,59 m²

Figura 46 - Esquema gráfico dos volumes do dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 33 - Quantitativos das obras do dique proposto no Bairro Sarandi em Porto Alegre

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	194.200	m³
2	Cut-off	10.400	m³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	81.560	m²
4	Casa de Bombas EB 2+2R (duas de 300 e duas de 250 CV)	2 x 250 / 2 x 300	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.5.3.

✓ Dique de Proteção Cachoeirinha

• Localização e caracterização do problema

A área em questão localiza-se na região sul/sudoeste do município de Cachoeirinha, onde margeia o Rio Gravataí, com obras a leste e oeste da Av. General Flores da Cunha.

O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí em sua margem direita. A Figura 47 apresenta a localização das estruturas.



Figura 47 - Dique proposto em Cachoeirinha e sistema de bombeamento.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Análise hidráulica da alternativa de intervenção

A solução proposta consiste na elevação de um novo dique a oeste da Av. General Flores da Cunha na cota 6,5 m e na elevação em 0,5 m do dique existente a leste da mesma avenida. O sistema de proteção parcialmente existente é também complementado por uma casa de bombas na região mais ao Sul do novo dique a Oeste da avenida.

O dique novo proposto inicia na estrutura da ponte da Avenida General Flores da Cunha sobre o Rio Gravataí à qual as obras de terra deverão fazer o encontro estrutural.

A Estação de Bombeamento deverá possuir quatro bombas de 116 CV mais uma reserva $([4+1R] * 116 \text{ CV})$.

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se os diques até a cota 6,50 m. A seção-tipo das obras de terra é feita toda em material importado de jazida (solo argiloso compactado), com 4,0 m de coroamento e taludes laterais 1 V : 2 H.

É previsto também uma trincheira de vedação (cut-off central) com 1,0 m de profundidade, taludes 1 V : 1 H e 2,0 m de largura no fundo. A seção-tipo de referência das obras encontra-se na Figura 48.

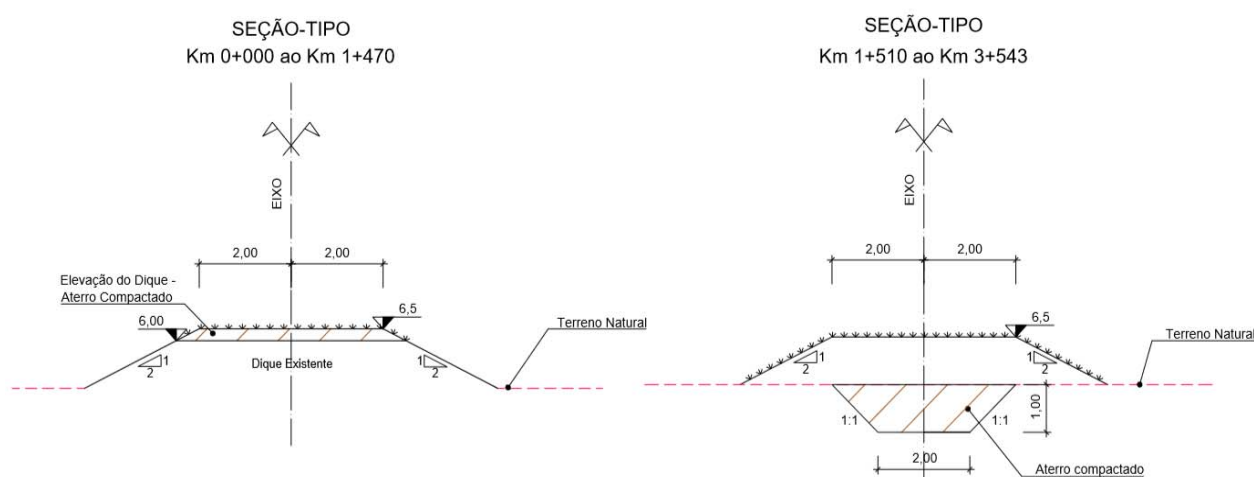


Figura 48 - Seção-tipo dique de proteção em Cachoeirinha
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

- **Métodos construtivos e quantitativos**

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra dos diques, cujos quantitativos encontram-se no Quadro 34. O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 49.

- o **Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off)**

O dique novo terá uma trincheira central de vedação com 1,0 m de profundidade 2,0 m de base, com taludes com inclinação 1 V : 1 H. A execução desta trincheira central deverá ser anterior à execução do aterro em argila importada que irá compor o maciço do dique.

A compactação dos solos provenientes de jazida deverá ser feita no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que os aterros compactados possam acompanhar satisfatoriamente as deformações por adensamento das fundações.

o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, os diques de proteção de cheias serão elevado até a cota 6,5 m em solo compactado, com taludes laterais de 1,0 V : 2,0 H e largura de coroamento de 4,0 m.

Estes solos serão compactados no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que as obras de terra possam acompanhar satisfatoriamente as deformações posteriores por adensamento das fundações.

Devido às baixas velocidades de fluxo, assim como ao reduzido tempo de permanência do nível de água elevado, os diques em solo compactado não terão revestimento em enrocamento.

o **Hidrossemeadura**

Realização da regularização da superfície, incorporação de fertilizantes e corretivos (calcário dolomítico) lançado em toda a área do talude. Preparo da solução no caminhão pipa espargidor.

Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído de serragem de madeira e palha de arroz. A aplicação da solução deve ser continuamente agitada durante a operação e distribuída homogeneamente em toda a superfície.

Irrigação durante 5 dias consecutivos, caso o processo se dê em época seca do ano. Manutenção por adubação após 6 meses da semeadura.

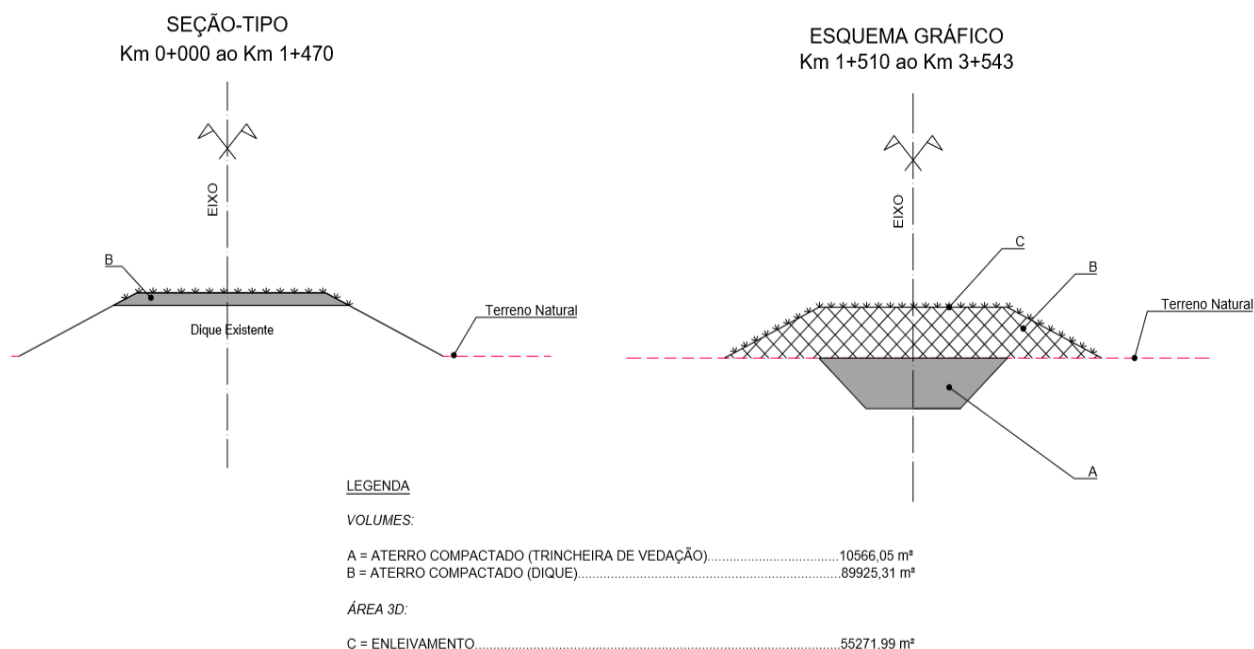


Figura 49 - Esquema gráfico dos volumes do dique de proteção Cachoeirinha
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 34 - Quantitativos das obras do dique de proteção em Cachoeirinha

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	89.925	m³
2	Cut-off	10.566	m³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	55.272	m²
4	Casa de Bombas EB 4+1R (116 CV)	5 x 116	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.5.4.

✓ Dique de Proteção Gravataí - Bairro Caça e Pesca

• Localização e caracterização do problema

A área em questão localiza-se ao sul do município de Gravataí no Bairro Caça e Pesca que se encontra na margem direita do Rio Gravataí. O problema a ser resolvido nessa região é causado pelas cheias do Rio Gravataí na margem direita. A Figura 50 apresenta a localização das estruturas.



Figura 50 - Dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí e sistema de bombeamento

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Análise hidráulica da alternativa de intervenção

A solução proposta consiste na elevação de um novo dique protegendo o lado oeste do Bairro Sarandi, exposto aos eventos de cheias na no Bairro Caça e Pesca de Gravataí na cota 7,1 m. O sistema de proteção é também complementado por uma casa de bombas na região a Noroeste do novo dique.

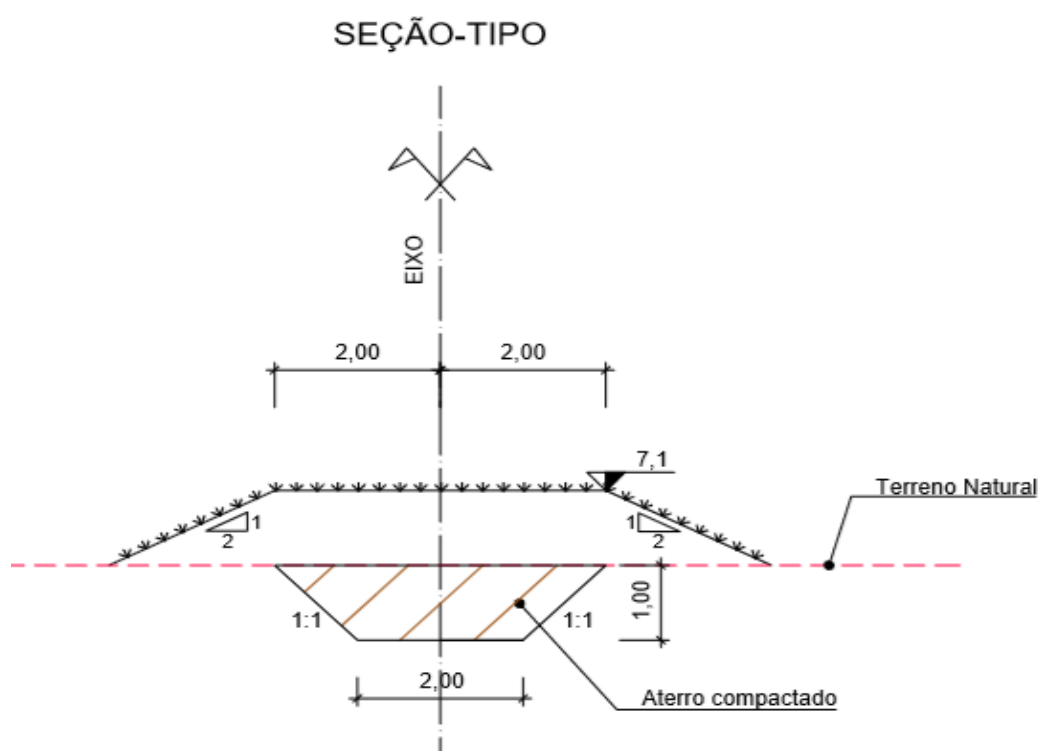
A Estação de Bombeamento deverá possuir duas bombas de 88 CV mais uma reserva ([2+1R] * 88 CV).

- **Análise geotécnica e seção-tipo das obras propostas**

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio Gravataí, o que é alcançado elevando-se o dique até a cota 7,1 m.

A seção-tipo das obras de terra é feita toda em material importado de jazida (solo argiloso compactado), com 4,0 m de coroamento e taludes laterais 1 V : 2 H.

É previsto também uma trincheira de vedação (cut-off central) com 1,0 m de profundidade, taludes 1 V : 1 H e 2,0 m de largura no fundo. A seção-tipo de referência das obras encontra-se na Figura 51.



*Figura 51 - Seção-tipo do dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

- **Métodos construtivos e quantitativos**

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra do dique, cujos quantitativos encontram-se no Quadro 35. O esquema gráfico dos volumes é apresentado na Figura 52.

- o **Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off)**

O dique novo terá uma trincheira central de vedação com 1,0 m de profundidade, 2,0 m de base, com taludes com inclinação 1 V : 1 H. A execução desta trincheira central deverá ser anterior à execução do aterro em argila importada que irá compor o maciço do dique.

A compactação dos solos provenientes de jazida deverá ser feita no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%, de forma que os aterros compactados possam acompanhar satisfatoriamente as deformações por adensamento das fundações.

o **Construção dos diques de vedação**

Após a limpeza do terreno, o dique de proteção de cheias será elevado até a cota 7,1 m em solo compactado, com taludes laterais de 1,0 V : 2,0 H e largura de coroamento de 4,0 m.

Estes solos serão compactados no ramo úmido do Proctor Normal, com grau de compactação de 95%., de forma que as obras de terra possam acompanhar satisfatoriamente as deformações posteriores por adensamento das fundações.

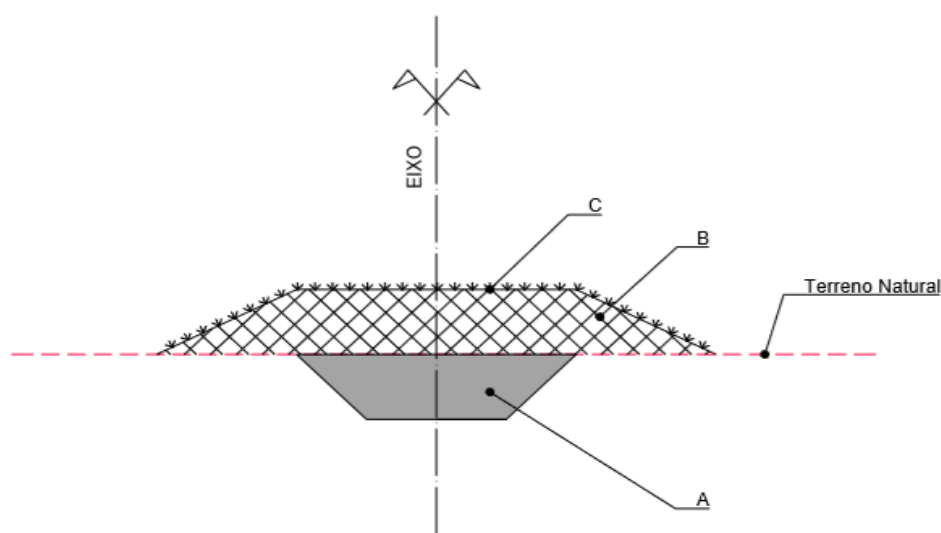
Devido às baixas velocidades de fluxo, assim como ao reduzido tempo de permanência do nível de água elevado, o dique em solo compactado não terá revestimento em enrocamento.

o **Hidrossemeadura**

Realização da regularização da superfície, incorporação de fertilizantes e corretivos (calcário dolomítico) lançado em toda a área do talude. Preparo da solução no caminhão pipa espargidor. Seleção das sementes de acordo com projeto executivo. Incorporação de adesivo hidro asfalto e “mulch”, constituído de serragem de madeira e palha de arroz. A aplicação da solução deve ser continuamente agitada durante a operação e distribuída homogeneamente em toda a superfície.

Irrigação durante 5 dias consecutivos, caso o processo se dê em época seca do ano. Manutenção por adubação após 6 meses da semeadura.

ESQUEMA GRÁFICO



LEGENDA

VOLUMES:

A = ATERRO COMPACTADO (TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO).....9780,88 m³
B = ATERRO COMPACTADO (DIQUE).....71213,89 m³

ÁREA 3D:

C = ENLEIVAMENTO.....46496,38 m²

*Figura 52 - Esquema gráfico dos volumes do dique proposto no Bairro Caça e Pesca em Gravataí.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

Quadro 35 - Quantitativos das obras do dique de proteção no Bairro Caça e Pesca em Rio Gravataí.

Item	Descrição	Quant.	Unidade
1	Material importado de jazida	71.215	m ³
2	Cut-off	9.780	m ³
3	Enleivamento / Hidrossemeadura	46.500	m ²
4	Casa de Bombas EB 2+1R (88 CV)	3 x 88	CV

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

As peças gráficas do projeto de concepção das obras são apresentadas no anexo 5.5.5.

3.8.2 Zoneamento de Áreas Inundáveis

Conforme descrito no item 3.5, o **Zoneamento de Áreas Inundáveis** é a definição de um conjunto de regras para a ocupação de áreas de risco de inundação, visando à minimização de perdas materiais e humanas decorrentes de inundações. O Zoneamento deve ser baseado em uma avaliação objetiva da adequação do uso do solo, risco de cheias, aspectos ambientais, sociais, econômicas e administrativas.

✓ Delimitação da Planície de Inundação:

De forma análoga ao **Cenário 1**, a determinação da *planície de inundação para efeitos de zoneamento* é efetuada em função do risco de ocorrência de inundações. Tradicionalmente, a planície de inundação, à qual serão estabelecidas as regras de ocupação referentes ao zoneamento, é associada à área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos.

A partir da delimitação da **Planície de Inundação** (definida, para efeitos de zoneamento, como sendo a área delimitada pela cota de inundação da cheia com TR = 100 anos), o Zoneamento de Inundações contempla a elaboração do mapeamento de inundações, com definição das três zonas de risco já apresentadas (Zona de Passagem de Cheias, Zona com Restrições de Ocupação e Zona de baixo Risco). Diferentemente do **Cenário 1**, a Planície de Inundação é alterada de forma artificial através da implantação de diques, modificando também a Zona de Passagem de Cheias e demais zonas.

✓ Metodologia para definição da Zona de Passagem de Cheias, da Zona com Restrições de Ocupação e da Zona de Baixo Risco:

Conforme as definições apresentadas, a **Zona de Passagem de Cheias** deve ser capaz de conduzir o escoamento da cheia de TR = 100 anos, de forma a não provocar impactos significativos, nem a montante nem a jusante.

Em consequência, a **Zona com Restrições de Ocupação** (ou seja, o restante da Planície de Inundação) não deve prover contribuições importantes ao escoamento.

A **Zona de Baixo Risco** será composta pelas áreas urbanas externas à da planície de inundação.

Para delimitar estas áreas, busca-se definir a **Zona de Passagem de Cheias** de forma a garantir que a elevação do seu nível d'água esteja dentro de valores aceitáveis mesmo se houver ocupação da **Zona com Restrições**.

Nos Estados Unidos (FEMA, 1992; FEMA, 2004), a máxima elevação permitida no nível d'água é de 1 pé (30,45 cm).

A metodologia na delimitação das zonas no **Cenário 2** se distingue da metodologia no **Cenário 1**, uma vez que avalia os impactos da construção de diques de proteção em regiões **já consolidadas** e expostas ao risco, podendo estar na **Zona de Passagem de Cheias** ou em **Zonas com Restrições de Ocupação**.

Enquanto isso, no **Cenário 1** se avaliou os impactos da ocupação **futura** em áreas de expansão localizadas nas **Zonas com Restrições de Ocupação**.

Portanto, o **Cenário 2**, altera as condições atuais do escoamento na Planície de Inundação de forma corretiva, protegendo as populações já expostas ao risco.

De certa forma, é um cenário mais intensivo e pontual por ter soluções estruturantes e, portanto, as possíveis externalidades devem ser avaliadas.

No presente cenário, define-se a máxima elevação no nível d'água também como sendo 30 cm. Visando avaliar o efeito da implantação dos diques nas **Zonas com Restrições e/ou de Passagem de Cheias**, segue-se o seguinte procedimento:

- a) efetua-se simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, considerando a condição atual da **Planície de Inundação** e determina-se o nível d'água e velocidades;
- b) efetua-se uma delimitação preliminar da **Zona de Passagem de Cheias**. Os critérios para esta delimitação preliminar podem variar.

No presente estudo, a primeira estimativa da Zona de Passagem de Cheias inclui as áreas inundadas para a cheia de TR = 5 anos, acrescida das áreas atingidas pela cheia de TR = 10 anos onde:

- a profundidade da lâmina d'água supera 50 cm ($h > 50\text{cm}$); ou
 - a profundidade da lâmina d'água está entre 25 cm e 50 cm e a velocidade de escoamento é maior que 1,0 m/s ($25\text{ cm} \leq h \leq 50\text{ cm}$ e $v > 1,0\text{ m/s}$); ou
- c) supõe-se a implantação de diques de proteção nas áreas hoje vulneráveis às cheias, podendo estar localizados não só na **Zona com Restrições de Ocupação**, mas também na **Zona de Passagem de Cheias**;
 - d) efetua-se nova simulação do sistema para a cheia de TR = 100 anos, determinando-se o novo nível d'água na **Zona de Passagem de Cheias**;
 - e) a delimitação efetuada para a **Zona de Passagem de Cheias** será adotada se a elevação no nível d'água for igual ou inferior a 30 cm e se não houver impacto importante em áreas com ocupação já consolidada.

Em caso contrário, o processo deve ser repetido com a readequação dos diques propostos, até serem cumpridas todas as condições.

A Figura 53 mostra a seção transversal do curso d'água sem obstruções.

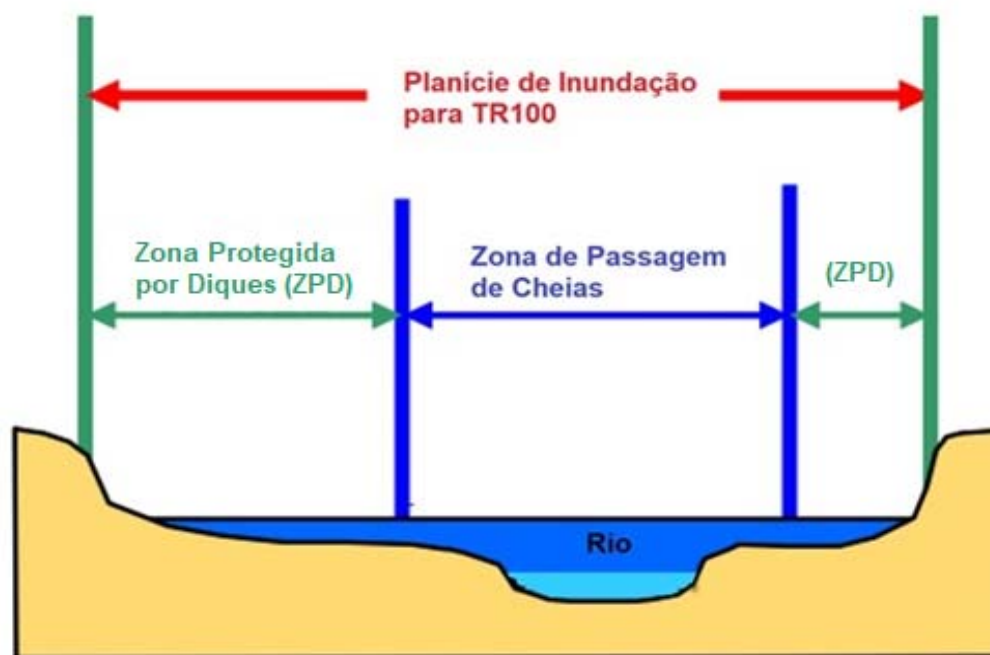


Figura 53 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções
Fonte: adaptado de DNR, 2014

A Figura 54 mostra a seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação (*Floodplain*) e aterros na Zona com Restrições de Ocupação (*Flood Fringe - FF*), bem como o consequente acréscimo no nível d'água na Zona de Passagem de Cheias (*Floodway*).



Figura 54 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com diques
Fonte: adaptado de DNR, 2014

O **Cenário 2** contemplou as áreas de expansão localizadas dentro da mancha TR 100 do **Cenário 0**, de forma a readequar os diques de proteção, não só para proteger as áreas já ocupadas, mas também determinadas regiões onde é prevista a expansão urbana.

Nem todos os municípios apresentaram áreas de expansão dentro da mancha do **Cenário 0**. Os municípios que apresentaram áreas de expansão dentro do TR 100 foram: Porto Alegre, Cachoeirinha e Gravataí.

A modelagem numérica detalhada foi utilizada para delimitar a Planície de Inundação, bem como para avaliar os efeitos de se proteger áreas já ocupadas em Zonas com Restrição de Ocupação ou até mesmo de Passagem de Cheias.

Conforme descrito no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos, a plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), foi utilizada para simulação do comportamento da bacia quando sujeita a chuvas de diferentes tempos de retorno, adotando o módulo hidrológico HEC-HMS em conjunto com o modelo com o módulo hidráulico HEC-RAS.

O processo de transformação chuva-vazão foi efetuado por meio da técnica do hidrograma unitário, utilizando o método SCS-CN.

✓ Resultados

Os resultados da metodologia proposta acima são apresentados em forma de mapas de zoneamento para cada região. Tal PRODUTO servirá como subsídio para que as prefeituras elaborem o zoneamento urbano de seus municípios seguindo as diretrizes de ocupação propostas.

Foram quantificadas as edificações a serem desapropriadas que se localizam dentro das zonas de passagem de cheias.

O Quadro 22 apresenta os quantitativos sem distinção das edificações quanto ao número de pavimentos, tipo de uso (residencial, comercial ou industrial) e se é privado ou público. As zonas classificadas como de ocupação restrita que já possuem áreas consolidadas também tiveram as edificações quantificadas e são apresentadas no Quadro 23.

Destaca-se a diminuição no número de edificações atingidas quando comparado ao **Cenário 0**, em que nenhuma medida é implementada.

No PRODUTO 13, que se refere à Viabilidade das Alternativas, é quantificado os prejuízos **remanescentes** a essas edificações que continuarão a conviver com cheias.

Quadro 36 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias

Município	Área (m²)	Número de Edificações
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ		
Alvorada	15.725	35
Cachoeirinha	1.340	25
Canoas	0	0
Gravataí	8.536	88
Porto Alegre	0	0
Total	25.601	148

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Vale lembrar que as edificações que continuarão a conviver com as cheias, tem uma exposição muito menor que edificações mais próximas à calha do rio, portanto, o tempo de recorrência e o nível de ameaça são reduzidos quando comparado às edificações a serem desapropriadas que se encontravam na calha principal com níveis de risco mais altos.

Quadro 37 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições.

Município	Área (m²)	Número de Edificações
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ		
Alvorada	6.873	22
Cachoeirinha	1.021	10
Canoas	159.964	6
Gravataí	28.620	197
Porto Alegre	489.366	13
Total - Rio Gravataí	685.844	248

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

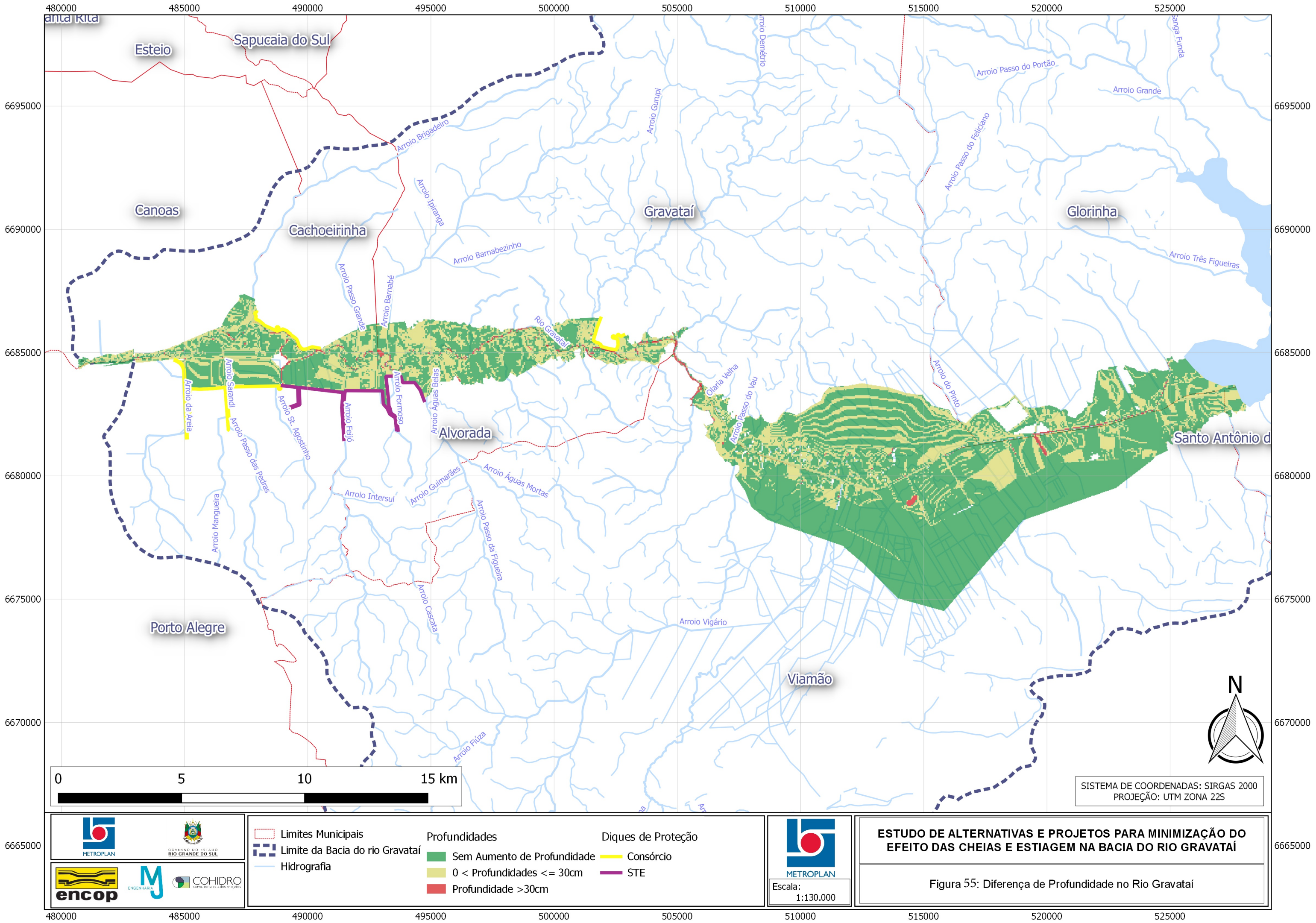
A Figura 55 apresenta as diferenças de elevação no nível d'água entre os cenários 0 e 2, sendo possível perceber que a diferença ficou abaixo dos 30 cm adotados como elevação máxima permitida no TR 100, mesmo com a execução dos diques de proteção.

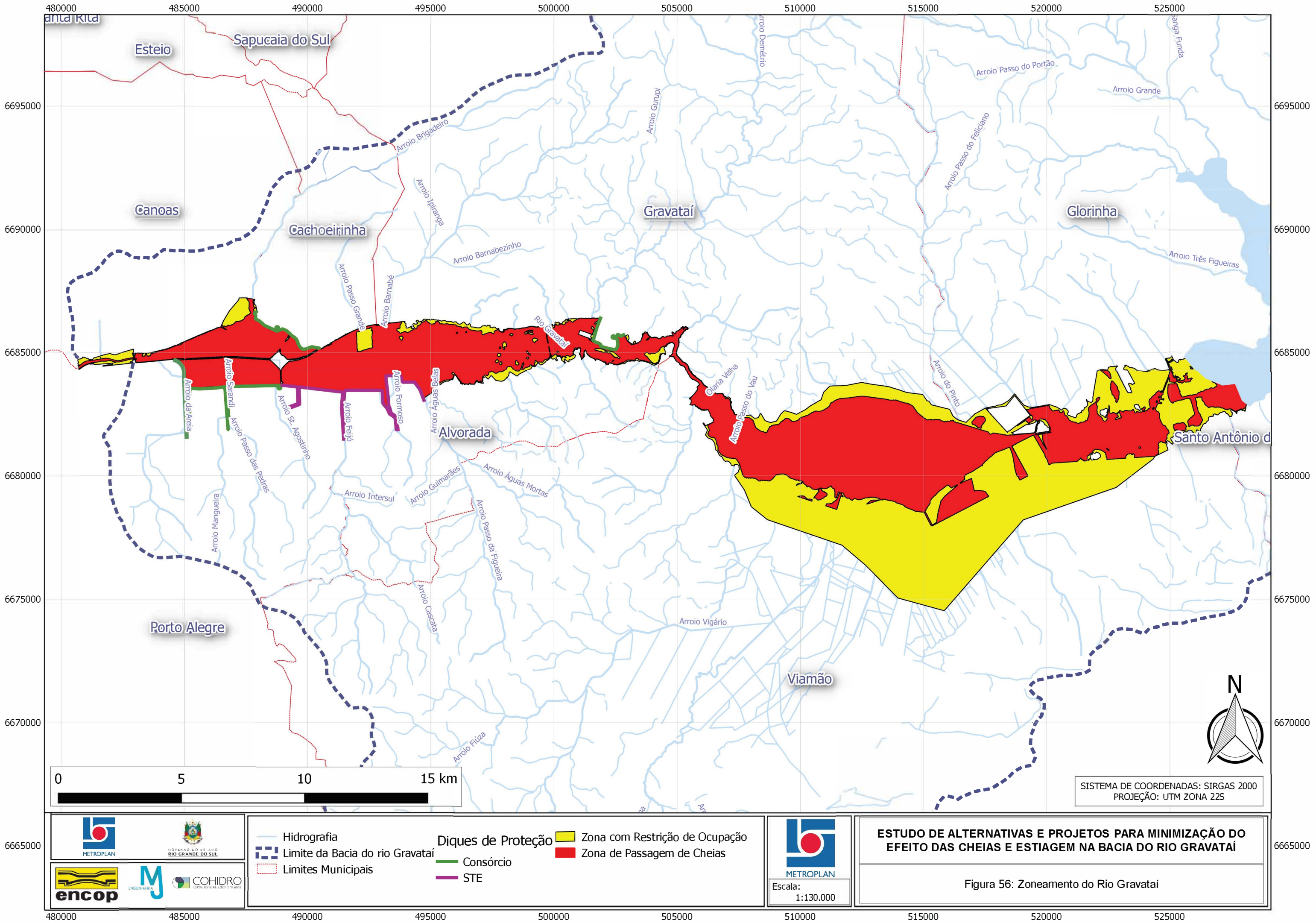
No anexo 5.3.2 são apresentados os mapas em escala apropriada para a avaliação dos incrementos de lâmina e área da cheia de TR 100.

A Figura 56 apresenta o zoneamento do Baixo e Médio Gravataí de forma a ilustrar os resultados obtidos.

Os arquivos efetivamente aplicáveis como ferramentas de gestão são apresentados no anexo 5.3.3, em formato condizente (A1) e em escala apropriada (1:10.000).

Fazem parte da entrega deste PRODUTO, o Geodatabase (.gdb) com o zoneamento em formato digital vetorizado e editável.





3.8.3 Estimativas dos Custos de Implantação, Operação e Manutenção das Intervenções C2

Os custos foram apresentados sem a inclusão da composição do BDI, sendo tal elemento incorporado na etapa de análise da viabilidade do cenário.

✓ **Zoneamento, Desapropriação e Revitalização das Áreas Desapropriadas**

O estudo para levantamento dos custos de desapropriação é normatizado pela ABNT NBR 14653-1:2001 como uma análise técnica, realizada por engenheiro de avaliações, que serve para subsidiar tomadas de decisões a respeito do valor de um bem, de seus custos, frutos e direitos, assim como determinar indicadores da viabilidade de sua utilização econômica para determinada finalidade, situação e data.

• **Metodologia**

O **Cenário 2** foi desenvolvido, assim como o **Cenário 1**, com base no Método comparativo direto de dados de mercado.

Considerado o método mais utilizado na avaliação de imóveis urbanos (THOFEHRN, 2010). Detalhes descritivos da metodologia empregada podem ser encontrados no capítulo 3.7.3, referente a estimativa do **Cenário 1**.

Assim como o **Cenário 1**, para o presente orçamento e previsão de custos, foi utilizada a data base de janeiro/2018.

O método comparativo direto dos dados de mercado possibilitou o levantamento de dados, com as características de preço apresentadas no anexo 5.6. Também estão apresentados os dados das imobiliárias utilizadas no levantamento de dados.

✓ **Orçamento de Desapropriação no Zoneamento do Cenário 2**

No Quadro 38 abaixo consta o orçamento da desapropriação da zona de passagem de cheias no **Cenário 2**.

Para a estimativa dos valores dos terrenos e edificações a desapropriar foi utilizado o valor médio levantado nas pesquisas, conforme anexo 5.6.

*Quadro 38 - Desapropriação da zona de passagem de cheias no Zoneamento do **Cenário 2***

Município	Valores das áreas a Desapropriar - Zona de Passagem de Cheias (sem BDI)					
	Área (m²)	R\$ / m²	R\$ terreno	Número de Edificações	R\$ / Edificação	R\$ Edificação
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ						
Alvorada	15.725	400,63	6.299.907	35	120.940,13	4.232.905
Cachoeirinha	1.340	451,57	605.104	25	181.912,63	4.547.816
Canoas	0	597,47	0	0	89.075,18	0
Gravataí	8.536	192,33	1.641.729	88	194.838,68	17.145.804
Porto Alegre	0	346,39	0	0	49.812,55	0
Total - Rio Gravataí	25.601	-	R\$ 8.546.739,43	148	-	R\$ 25.926.524,14
Total			R\$ 34.473.263,57			

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

• Orçamento das demolições Cenário 2

No Quadro 39 abaixo consta o orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas no **Cenário 2**.

A base de cálculo para os custos de demolição foi feita a partir do projeto de reurbanização da Vila Mato Sampaio do DEMHAB / POA, data base de cálculo de abril de 2016.

O preço de demolição mais transporte até 30 km por m² de edificação à época foi estimado em R\$ 67,60 / m². Foi realizada a correção para a base de cálculo de janeiro de 2018 com base no índice FGV INCC. A área média utilizada para cálculo de cada edificação foi estimada em 80 m².

*Quadro 39 - Orçamento da demolição das áreas a serem desapropriadas no **Cenário 2***

Município	Áreas a Desapropriar			
	Número de Edificações	Demolição (R\$ / Edificação)	Área média da Edificação	Total Demolição (sem BDI) (R\$)
MANCHA DO RIO GRAVATAÍ				
Alvorada	35	73,39	80,00	205.505,18
Cachoeirinha	25	73,39	80,00	146.789,42
Canoas	0	73,39	80,00	0,00
Gravataí	88	73,39	80,00	516.698,74
Porto Alegre	0	73,39	80,00	0,00
Total - Rio Gravataí	148			868.993,34

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

• Orçamento de Revitalização de Áreas Desapropriadas com a Implantação de Parques Lineares

Para estimar os custos de revitalização da área e sua respectiva manutenção, foi utilizada a parametrização de valores de projetos semelhantes.

Foram utilizados 03 (três) projetos para servir de balizadores:

- o Parque Linear do Programa Socioambiental - PISA / Arroio Cavalhada às margens do Arroio Cavalhada, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- o Revitalização do Arroio Pampa da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo-RS.
- o Parque das Nações Indígenas da Prefeitura Municipal de Campo Grande.

No Quadro 40 está apresentada a parametrização dos custos.

Quadro 40 - Custos de revitalização de áreas desapropriadas com a implantação de parques lineares

Projeto	Custo (R\$)	Área (m ²)	Parâmetro (R\$/m ²)	Reajustado para 2018 (sem BDI)
Parque Linear do PROGRAMA SOCIOAMBIENTAL - PISA / ARROIO CAVALHADA as margens do Arroio Cavalhada, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Base jan/2005	1.657.780,94	53.116,98	31,21	55,39
Revitalização do Arroio Pampa da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo. Base Jun/2015	1.616.469,59	30.178,08	53,56	58,00
Parque das Nações Indígenas da Prefeitura Municipal de Campo Grande. Base Jan/2009	36.494.731,70	1.160.000,00	31,46	44,69

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

Para o reajustamento das datas bases para jan/2018 foi utilizada a tabela do índice de reajustamento de obras rodoviárias do DNIT e FGV.

O parâmetro foi o resultado da média entre os 3 valores levantados R\$ 55,36, R\$ 58,00 e R\$ 44,69. Para estimar o custo de implantação do parque linear foi considerado o valor de R\$ 52.59 / m².

Quadro 41 - Custo Total da Revitalização da Área no Cenário 2

Área Total (m ²)	Custo Unitário (m ²)	Valor Total (sem BDI)
25.601	52,59	R\$ 1.346.356,59
Projeto Executivo	2,34%	R\$ 31.504,74
Licenciamentos	1,5%	R\$ 20.195,35
Instalação e Canteiro de Obras	1,5%	R\$ 20.195,35
Administração Local da Obra	4,04%	R\$ 54.392,81
Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,6%	R\$ 8.078,14
TOTAL		R\$ 1.480.722,98

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

No cálculo do custo não estão inclusas as ciclovias, iluminação, equipamentos (quadras, etc.) e demolição. Os serviços orçados nos parques são:

- o Limpeza do terreno e terraplenagem;
- o Microdrenagem;
- o Mobiliários urbanos (bancos, lixeiras, sinalização, etc.);
- o Replanteio de árvores e vegetais de médio porte;
- o Bacias de retenção;
- o Infraestrutura e pavimentação.

✓ **Resumo**

Os demais custos que envolvem a desapropriação e implantação de parques como a avaliação dos imóveis e demolições são apresentados no Quadro 42 a seguir.

Quadro 42 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no Cenário 2

Item	Descrição	Valor (sem BDI)
1	Zoneamento com desapropriações	
1.1	Desapropriações	R\$ 34.473.263,57
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R\$ 344.732,64
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R\$ 868.993,34
1.4	Parque Linear	R\$ 1.480.722,98

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

✓ **Orçamento das Obras de elevação do Dique Vila Dique - Aeroporto**

Para estimar os custos de melhoria do sistema de proteção do Aeroporto de Porto Alegre a partir da elevação do dique que o compõe, os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no Quadro 43.

Quadro 43 - Custo Total da elevação do dique Vila Dique em Porto Alegre - Aeroporto

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unidade	Valor Unit.	Total
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	54.066,39	m ²	0,32	17.301,24
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	47.334,39	m ²	1,18	55.854,58
3	-	Material importado de jazida	76.473,00	m ³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1ª categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m ³	76.473,00	m ³	2,24	171.299,52
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	99.414,90	m ³	15,98	1.588.650,10
3.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m ³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	2.299.466,64	m ³ xKm	1,06	2.437.434,64
3.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m ³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	198.829,80	m ³	1,26	250.525,55
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m ³ /16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m ³ , Peso Operacional 11632 kg - Brita	99.414,90	m ³	1,57	156.081,39
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) (c/ moniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	76.473,00	m ³	4,94	377.776,62
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	14.810,00	m ²	3,11	46.059,10
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	54.066,39	m ²	0,35	18.923,24
SUBTOTAL						5.119.905,98
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,3%	%		119.805,80
9	Estimativa	Licenciamentos	1,5%	%		76.798,59
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5%	%		76.798,59
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04%	%		206.844,20
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60%	%		30.719,44
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00%	%		51.199,06
SUBTOTAL						562.165,68
TOTAL						5.682.071,65

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

✓ **Orçamento das Obras do Dique de Porto Alegre - Oeste Sarandi**

Para estimar os custos de implantação do sistema de proteção composto por dique e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no Quadro 44.

Quadro 44 - Custo Total da Implantação do dique em Porto Alegre - Oeste Sarandi no Cenário 2

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	121.615,15	m²	0,32	38.916,85
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	112.215,15	m²	1,18	132.413,88
3	-	Material importado de jazida	325.500,00	m³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	325.500,00	m³	2,24	729.120,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	423.150,00	m³	15,98	6.761.937,00
3.2	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	9.787.459,50	m³xKm	1,06	10.374.707,07
3.3	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	846.300,00	m³	1,26	1.066.338,00
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	423.150,00	m³	1,57	664.345,50
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	325.500,00	m³	4,94	1.607.970,00
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	21.019,04	m²	3,11	65.369,21
4	-	Cut-off	15.400,00	m³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	15.400,00	m³	2,24	34.496,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	20.020,00	m³	15,98	319.919,60
4.2	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	463.062,60	m³xKm	1,06	490.846,36
4.3	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	40.040,00	m³	1,26	50.450,40
4.4	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	20.020,00	m³	1,57	31.431,40
4.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	15.400,00	m³	4,94	76.076,00
5	Paramet.	Casa de Bombas EB 4+1R (161 CV)	805,00	CV		10.366.438,23
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	121.615,15	m²	0,35	42.565,30
7		Desapropriação				

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
7.1	Pesquisa Mercado	Desapropriação (0+000 a 5+172)	19.100,45	m²	346,39	6.616.205,27
7.2	Pesquisa Mercado	Edificação (0+000 a 5+172)	203,00	Unidade	49.812,55	10.111.947,65
7.3	Paramet.	Demolição (0+000 a 5+172)	16.240,00	m²	73,39	1.191.930,05
SUBTOTAL						50.773.423,77
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		1.188.098,12
9	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		761.601,36
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5	%		761.601,36
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04	%		2.051.246,32
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		304.640,54
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00	%		507.734,24
SUBTOTAL						5.574.921,93
TOTAL						56.348.345,70

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

✓ **Orçamento das Obras do Dique de Porto Alegre - Leste Sarandi**

Para estimar os custos de implantação do sistema de proteção composto por dique e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no

Quadro 45

Quadro 45 - Custo Total da Implantação do dique em Porto Alegre - Sarandi no Cenário 2

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	72.216,47	m ²	0,32	23.109,27
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	65.256,47	m ²	1,18	77.002,63
3	-	Material importado de jazida	146.000,00	m ³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m ³	146.000,00	m ³	2,24	327.040,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	189.800,00	m ³	15,98	3.033.004,00
3.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m ³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	4.390.074,00	m ³ xKm	1,06	4.653.478,44
3.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m ³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	379.600,00	m ³	1,26	478.296,00
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m ³ /16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m ³ , Peso Operacional 11632 kg - Brita	189.800,00	m ³	1,57	297.986,00
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	146.000,00	m ³	4,94	721.240,00
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	15.563,03	m ²	3,11	48.401,03

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
4	-	Cut-off	15.300,00	m³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	15.300,00	m³	2,24	34.272,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	19.890,00	m³	15,98	317.842,20
4.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	460.055,70	m³xKm	1,06	487.659,04
4.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	39.780,00	m³	1,26	50.122,80
4.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m³/16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m³, Peso Operacional 11632 kg - Brita	19.890,00	m³	1,57	31.227,30
4.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	15.300,00	m³	4,94	75.582,00
5	Projeto DEP	Ampliação Casa de Bombas Existente Bairro Sarandi	1.100,00	CV		11.025.466,00
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	72.216,47	m2	0,35	25.275,76
7	-	Desapropriação				
7.1	Pesquisa Mercado	Desapropriação (0+000 a 0+440)	16.501,64	m2	346,39	5.716.001,41
7.2	Pesquisa Mercado	Edificação (0+280 a 0+440)	253,00	Unidade	49.812,55	12.602.575,15
7.3	Paramet.	Demolição (0+280 a 0+440)	20.240,00	m2	73,39	1.485.508,88
SUBTOTAL						41.511.089,92
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		971.359,50
9	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		622.666,35
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5	%		622.666,35
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04	%		1.677.048,03
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		249.066,54
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00	%		415.110,90
SUBTOTAL						4.557.917,67
TOTAL						46.069.007,59

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

✓ Orçamento das Obras do Dique de Cachoeirinha

Para estimar os custos de implantação e melhoria do sistema de proteção composto pelo dique já existente com sua elevação e prolongamento, e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI, SICRO, entre outros conforme apresentado no Quadro 46 a seguir.

Quadro 46 - Custo Total da Implantação do dique em Cachoeirinha no Cenário 2

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	59.516,63	m²	0,32	19.045,32
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	52.430,63	m²	1,18	61.868,15
3	-	Material importado de jazida	89.900,00	m³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	89.900,00	m³	2,24	201.376,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	116.870,00	m³	15,98	1.867.582,60
3.2	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	1.557.877,10	m³xKm	1,06	1.651.349,73
3.3	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	233.740,00	m³	1,26	294.512,40
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	116.870,00	m³	1,57	183.485,90
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	89.900,00	m³	4,94	444.106,00
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	15.844,78	m²	3,11	49.277,26
4	-	Cut-off	10.600,00	m³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	10.600,00	m³	2,24	23.744,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	13.780,00	m³	15,98	220.204,40
4.2	SINAPI 72887	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia pavimentada (DMT = 13,33)	183.687,40	m³xKm	1,06	194.708,64
4.3	SINAPI 72886	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m³ em rodovia com revestimento primário (DMT = 2,0)	27.560,00	m³	1,26	34.725,60
4.4	SINAPI 74010/001	Carga e descarga mecânica de solo utilizando caminhão basculante 6m³/16T e pá carregadeira sobre pneus 128HP, capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m³, peso operacional 11632 kg - brita	13.780,00	m³	1,57	21.634,60
4.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora 140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	10.600,00	m³	4,94	52.364,00
5	Parametr.	Casa de Bombas EB 4+1R (116 CV)	580	CV		8.739.776,70
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	59.516,63	m²	0,35	20.830,82
7		Desapropriação				
7.1	Pesquisa mercado	Desapropriação (0+500 a 1+800 e 2+600 a 3+543)	9.618,94	m²	451,57	4.343.625,56
7.2	Pesquisa mercado	Edificação (0+500 a 1+800 e 2+600 a 3+543)	28	unid.	181.912,63	5.093.553,64
7.3	Parametr.	Demolição (0+500 a 1+800 e 2+600 a 3+543)	2.240,00	m²	73,39	164.404,15
SUBTOTAL						23.682.175,46
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		554.162,91
9	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		355.232,63
10	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,5	%		355.232,63
11	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04	%		956.759,89
12	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		142.093,05
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00	%		236.821,75
SUBTOTAL						2.600.302,87
TOTAL						26.282.478,33

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

✓ **Orçamento das Obras do Dique de Gravataí**

Para estimar os custos de implantação do sistema de proteção composto por dique e casa de bombas foram levantados os quantitativos através dos anteprojetos e os custos unitários com base em custos de referência como SINAPI e SICRO conforme apresentado no Quadro 47.

*Quadro 47 - Custo Total da Implantação do dique em Gravataí no **Cenário 2***

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
1	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	51.721,57	m²	0,32	16.550,90
2	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	45.163,57	m²	1,18	53.293,01
3	-	Material importado de jazida	71.200,00	m³		
3.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	71.200,00	m³	2,24	159.488,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	92.560,00	m³	15,98	1.479.108,80
3.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	2.246.431,20	m³xKm	1,06	2.381.217,07
3.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	185.120,00	m³	1,26	233.251,20
3.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m³/16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m³, Peso Operacional 11632 kg - Brita	92.560,00	m³	1,57	145.319,20
3.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	71.200,00	m³	4,94	351.728,00
3.6	DAER 7050	Hidrossemeadura	14.664,13	m²	3,11	45.605,46
4	-	Cut-off	9.800,00	m³		
4.1	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	9.800,00	m³	2,24	21.952,00
	SINAPI 6077	Argila ou barro para aterro/reaterro (retirado na jazida, sem transporte)	12.740,00	m³	15,98	203.585,20
4.2	SINAPI 72887	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia Pavimentada (DMT = 23,13)	309.199,80	m³xKm	1,06	327.751,79
4.3	SINAPI 72886	Transporte Comercial com Caminhão Basculante 6 m³ em Rodovia com Revestimento Primário (DMT = 2,0)	25.480,00	m³	1,26	32.104,80
4.4	SINAPI 74010/001	Carga e Descarga Mecânica de Solo Utilizando Caminhão Basculante 6m³/16T e Pá Carregadeira Sobre Pneus 128HP, Capacidade da Caçamba 1,7 a 2,8 m³, Peso Operacional 11632 kg - Brita	12.740,00	m³	1,57	20.001,80
4.5	SINAPI 74005/002	Compactação mecânica c/ controle do gc>=95% do pn (áreas) c/motoniveladora140 hp e rolo compressor vibratório 80 hp)	9.800,00	m³	4,94	48.412,00
5	Paramet.	Casa de Bombas EB 2+1R (88 CV)	264,00	CV		4.834.176,41
6	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	51.721,57	m²	0,35	18.102,55

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total (sem BDI)
7	-	Desapropriação				
7.1	Pesquisa mercado	Desapropriação (0+000 a 2+200 e 2+900 a 3+279)	24.792,44	m ²	192,33	4.768.330,65
7.2	Pesquisa mercado	Edificação (0+000 a 2+200 e 2+900 a 3+279)	134,00	Unidade	194.838,68	26.108.383,12
7.3	Paramet.	Demolição (0+000 a 2+200 e 2+900 a 3+279)	10.720,00	m ²	73,39	786.791,27
SUBTOTAL						42.035.153,22
8	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		983.622,59
9	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		630.527,30
10	Estimativa	Instalacao e Canteiro de Obras	1,5%	%		630.527,30
11	Estimativa	Administracao Local da Obra	4,04%	%		1.698.220,19
12	Estimativa	Controle tecnologico dos Servicos e Materiais	0,60%	%		252.210,92
13	Estimativa	Remanejo de redes existentes	1,00%	%		420.351,53
SUBTOTAL						4.615.459,82
TOTAL						46.650.613,05

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Gravataí

Quadro 48 - Custo Total das Intervenções - C2

Item	Descrição	Valor sem BDI (R\$)	Valor dos serviços com BDI 28,21% (R\$)	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35% (R\$)	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38% (R\$)	Valor TOTAL com BDI (R\$)
1	Zoneamento com desapropriações					R\$ 44.547.530,75
1.1	Desapropriações	34.473.263,57		41.143.840,07		41.143.840,07
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	344.732,64			397.752,52	397.752,52
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	868.993,34	1.114.136,36			1.114.136,36
1.4	Parque Linear	1.480.722,98	1.832.150,24		59.651,57	1.891.801,81
2	Banhado Grande					R\$ 5.489.932,01
2	Minibarramentos Banhado	4.296.997,94	5.316.825,58		173.106,43	5.489.932,01
3	Diques na Bacia					R\$ 224.621.182,84
3.1	Dique em Porto Alegre - Vila Dique	5.682.071,65	7.032.917,58		226.842,14	7.259.759,72
3.2	Dique em Porto Alegre Oeste - Sarandi	56.348.345,70	48.297.339,47	19.965.050,51	2.249.563,25	70.511.953,23
3.3	Dique em Porto Alegre Leste - Sarandi	46.069.007,59	33.535.127,08	21.863.221,12	1.839.187,03	57.237.535,23
3.4	Dique em Cachoeirinha	26.282.478,33	20.431.421,99	11.263.273,37	1.049.260,57	32.743.955,94
3.5	Dique em Gravataí	46.650.613,05	18.154.214,70	36.851.357,88	1.862.406,14	56.867.978,72
4	Sistema de Monitoramento					R\$ 525.661,00
4.1	Melhoria da rede	410.000,00	525.661,00			525.661,00
TOTAL		222.907.226,78	136.239.794,01	131.086.742,96	7.857.769,64	275.184.306,60

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.9 Estiagens - Alternativa Única - Política de Gestão dos Recursos Hídricos

No caso da Bacia do Gravataí, na situação atual observa-se forte impacto das atividades agrícolas sobre a disponibilidade hídrica, com frequente escassez de recursos para abastecimento público. Tais impactos são causados pela má gestão do recurso na bacia, que apresenta deficiências na fiscalização das captações e no cadastro de outorgas para irrigação de áreas agrícolas.

Apesar da situação no cenário atual se apresentar desregulada, sem observância ao atendimento dos dispositivos regulatórios, que priorizam o abastecimento público e a dessedentação animal, optou-se por realizar as simulações de balanço hídrico da bacia num cenário **de acordo com a legislação**.

Dessa forma, foi possível avaliar um cenário regulado, apresentando as falhas de atendimento público independentemente dos conflitos na bacia e avaliar os impactos que os efeitos da estiagem causam às demandas prioritárias.

Tais simulações foram realizadas no **Cenário 0**, sem nenhuma intervenção e nos **Cenário 1 e 2**, com a **implantação das obras no Banhado Grande**.

Na avaliação do atendimento às demandas, nos cenários 1 e 2 buscou-se avaliar quais são os efeitos da variação da vazão máxima outorgável no abastecimento público. Variou-se o percentual outorgado da vazão de referência de 40% a 70% da $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$ (conforme preconizado pelo Plano de Bacia).

No presente estudo fez-se uso da modelagem hidrológica computacional para quantificar os efeitos das cheias e estiagens na Bacia do Rio Gravataí. Da mesma forma que nos estudos de cheias, foi utilizada a plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), sendo a metodologia utilizada é distinta para a caracterização da estiagem e eventos de cheias.

✓ Disponibilidade Hídrica - Vazões de Referência

Para caracterizar as condições de garantia de água em um determinado manancial é comumente utilizado o instrumento de vazão de referência. As vazões mínimas aplicadas como vazões de referência são vazões de elevada permanência no tempo, calculadas de forma estatística a partir de séries de vazões observadas ou simuladas.

Os critérios para determinação de vazões mínimas mais utilizados são as vazões $Q_{90\%}$ ou $Q_{95\%}$ que representam, respectivamente, as vazões que são superadas 90% ou 95% do tempo em certo trecho do manancial.

A definição da vazão de referência a ser aplicada depende da garantia de atendimento que se deseja considerar para os usos a serem instalados em determinada bacia.

A resolução do CONAMA 357/2005 estabelece os critérios de classificação dos rios para enquadramento para uma vazão de referência.

A partir desta vazão é definida a vazão máxima outorgável, ou seja, a máxima vazão que pode ser retirada de certo trecho de rio em um determinado instante.

O Quadro 49 apresenta os critérios definidos por alguns planos de bacia elaborados no estado do Rio Grande do Sul.

Os valores listados estão ordenados de acordo com a exigência sobre os recursos hídricos, de mais exigentes aos menos exigentes (menor vazão remanescente a maior vazão remanescente).

Quadro 49 - Critérios de vazão máxima outorgável no RS

Bacia Hidrográfica	Vazão máxima outorgável
Gravataí	50%** da Q85*
Sinos	70% da Q90
Ibicuí	70% da Q90
Camaquã	60% da Q90
Caí	50% da Q90
Santa Maria	30 a 50% da Q90
* A vazão de referência da Bacia do Rio Gravataí indicada no Plano de Bacia é a Q85, no entanto, não se faz menção à vazão máxima outorgável ou à vazão remanescente. ** Durante a elaboração desse estudo, o DRH publicou em seu site o percentual outorgável da vazão de referência com base no Plano Estadual de Recursos Hídricos.	

Fontes: Planos de Bacia do Rio Gravataí -2011, Rio dos Sinos -2014, Rio Ibicuí -2011, Camaquã-2016, Rio Caí -2011, Rio Santa Maria -2016, site do DRH/SEMA (<http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>, acesso em 16/04/2018).

Segundo a Resolução CRH nº 141 de 2014, que institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, fica estabelecido que a vazão de referência para orientar a outorga de direitos de uso de recursos hídricos deve ser definida pelo DRH/SEMA-RS.

Já o Decreto 37.033 de 1996 estabelecia que:

Art. 7º - Os parâmetros técnicos necessários para orientar as outorgas serão definidos pelo DRH, no sentido de compatibilizar demandas e disponibilidades de água.

Parágrafo 1º - Os planos de Bacia Hidrográfica estabelecerão os valores referentes aos parâmetros técnicos mencionados no "caput", específicos para cada Bacia, a serem observados na outorga.

Parágrafo 2º - Enquanto não estiver estabelecido o Plano de uma Bacia Hidrográfica, o DRH definirá esses valores.

Portanto, a responsabilidade pela definição de tais valores referenciais é do DRH/SEMA-RS e/ou dos Planos de Bacia.

Dado que a vazão de referência é uma vazão com alta probabilidade de ocorrência e utilizada como base para a definição da vazão remanescente ou ecológica, que por sua vez é a vazão para a manutenção das condições hídricas necessárias à manutenção das condições da vida associada ao ambiente aquático na bacia, sendo determinada como um percentual da vazão de referência, por subtração, o restante é a vazão disponível máxima outorgável da rede hidrográfica.

Dessa forma, pode-se depreender que quanto maior é o objetivo pela manutenção da vida associada ao ambiente aquático, menor é o objetivo pela garantia de água para os usos consuntivos.

Nesse aspecto o **Plano da Bacia do Rio Gravataí** não torna claro quais são as vazões remanescente e a máxima outorgável.

O Plano de Bacia, ao realizar as simulações para o enquadramento e ao definir as classes de qualidade da água almejadas, define que a vazão de referência a ser utilizada é a $Q_{85\%}$.

No entanto, não deixa claro o percentual a ser destinado à manutenção dos ecossistemas, e o percentual a ser destinado aos usos consuntivos.

O que se pode concluir é que para o enquadramento das águas nas classes almejadas no prognóstico, é necessária a manutenção de 100% da $Q_{85\%}$. Caso essa interpretação esteja correta, significa que não é permitida a captação de águas na bacia para usos consuntivos.

Além disso, a vazão referencial utilizada é uma vazão não usual, e que implica no não atendimento das demandas em 15% do tempo em média, valor relativamente alto. A Resolução nº 113/2012 aprova o *Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí*, estabelecendo a vazão de referência:

Art. 3o - O Cenário de Enquadramento foi estabelecido para a vazão de referência, denominada $Q_{85\%}$, isto é, a vazão que é igualada ou superada em oitenta e cinco por cento do tempo.

Por outro lado, o DRH/SEMA-RS também não apresentava nenhuma informação a respeito de tais vazões. Recentemente, durante a elaboração desse estudo, foram publicadas em seu site as informações sobre os critérios de outorga vigentes para cada bacia hidrográfica do estado.

No entanto, tal publicação destaca que o percentual máximo outorgável não foi definido pelo Comitê da Bacia Hidrográfica, e por isso, aplicou o critério do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-RS), instituído pela Resolução CRH nº 141/2014.

O Quadro 50 apresenta de forma adaptada (somente informações da bacia do Rio Gravataí) as informações disponibilizadas pelo DRH/SEMA em seu site.

Quadro 50 - Informações sobre os critérios de outorga vigentes para a bacia do Rio Gravataí

Bacia		Diretrizes de Outorga		Documento que informa os critérios de outorga
Cód.	Nome	Padrão de Vazão de Referência	% máximo outorgável	
G010	Gravataí	$Q_{85\%}$	50%*	Resolução CRH nº 113/2012

**Dados não definidos pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, portanto se aplica o critério do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Resolução CRH nº 141/2014).*

Fonte: adaptado de SEMA/RS, 2018

Cabe destacar que o fato de se aplicar arbitrariamente um percentual outorgável genérico definido pelo PERH-RS à vazão de referência definida pelo Plano de Bacia ($Q_{85\%}$) e que não é coincidente à utilizada pelo PERH-RS ($Q_{90\%}$) descaracteriza qualquer estudo realizado dentro do Plano de Bacia para as metas de enquadramento visadas pelo comitê.

A combinação de tais critérios se torna incoerente, uma vez que impactam diretamente na vazão remanescente e na vazão máxima outorgável na bacia. Dessa forma, não se tem confiança no atendimento nem às demandas ambientais, nem ao abastecimento público de forma eficiente.

Portanto, propõe-se que o Plano de Bacia seja revisado, considerando os usos consuntivos na bacia para que se adequem da melhor forma as demandas ambientais e consuntivas.

Na bacia do Rio Gravataí, além da Resolução nº 113/2012 que aprova o enquadramento, existem apenas resoluções que regem a operação dos sistemas de captação para irrigação.

A Resolução SEMA nº 177 de 2015 aprova o acordo sobre as retiradas de água da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, tornando intermitente ou descontinuada a captação para irrigação dependendo dos níveis do rio. Já a Resolução SEMA nº 203 de 2016 que também aprova o acordo sobre as retiradas de água da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, altera alguns dos critérios da resolução anterior.

Diante desse cenário, em que não há uma definição oficial de tais vazões, muito menos de um hidrograma ecológico, nas simulações de balanço hídrico e verificação do não atendimento às demandas, **optou-se por realizar uma análise de sensibilidade, variando o percentual máximo outorgável das vazões de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$, avaliando o déficit no abastecimento público para cada cenário.** No futuro, uma vez definida a vazão remanescente, e consequentemente a vazão máxima outorgável **de acordo com as especificidades da bacia (e não um valor genérico definido pelo PERH-RS)**, já se terá disponível nesse estudo a estimativa de déficit nas captações para o abastecimento público para tal percentual outorgável.

Portanto, nos Cenários regulados 1 e 2 buscou-se realizar as simulações adotando os percentuais 40%, 50%, 60%, 65% e 70% da $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$ como vazão máxima outorgável na Bacia do Rio Gravataí.

Entende-se que a escolha por um desses percentuais no presente momento seria uma decisão arbitrária, o que pode influenciar os impactos que a falta de água geraria tanto às demandas ambientais quanto às de abastecimento público.

Reitera-se a necessidade de revisão do Plano de Bacia do Rio Gravataí para que seja feita uma revisão específica dessa questão, definindo de forma mais clara quais são as vazões remanescente e máxima outorgável. A partir de estudos mais detalhados quanto à demanda ambiental se poderá otimizar os usos dos recursos hídricos na bacia.

Os Cenários regulados 1 e 2, com a análise da falha de atendimento para cada percentual outorgado das vazões de referência, permite avaliar a variação do prejuízo remanescente que mesmo um cenário regulado (atendendo as demandas prioritárias) pode sofrer dependendo do valor outorgado.

Além disso, indica que além da regulação e fiscalização efetiva, é possível mitigar praticamente todos os problemas dos eventos de estiagem com o desenvolvimento de estudos mais detalhados das demandas ambientais.

✓ **Estimativas de Demanda**

A estimativa de demandas atuais e futuras foi efetuada a partir das informações apresentadas no Relatório Técnico referente ao PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos e é a mesma apresentada no capítulo 0, levando em consideração projeções de demandas para irrigação, abastecimento público, criação animal, usos industriais e vazão de retorno.

✓ **Metodologia das simulações**

Conforme já exposto no capítulo 0, as séries hidrológicas obtidas no modelo foram estendidas a partir de um método de reamostragem (*bootstrapping*) de 50 anos para 300 anos, observando-se a distribuição estatística mensal.

Para todos os trechos analisados no modelo hidrológico a relação demandas x vazão disponível foi analisada considerando-se:

- Prioridade 1: manutenção da vazão remanescente mínima, variando entre 30% em 60% x $Q_{90\%}$ (e $Q_{85\%}$);
- Prioridade 2: abastecimento público e dessedentação animal;
- Prioridade 3: demais demandas (basicamente irrigação do arroz).

A vazão remanescente mínima foi determinada a partir das vazões de referência mensais e não anuais, dada a variabilidade intra-anual das vazões de permanência.

A demanda de abastecimento público foi considerada fixa. A partir dos dados diários foi analisado o atendimento do abastecimento público (prioritário).

As falhas de atendimento para abastecimento público ocorrem quando:

- $Q(t) - Q_{eco}(t) < Q_{demAP}(t)$

Considera-se assim um sistema em que a gestão permita a priorização efetiva das demandas de abastecimento público (um sistema real provavelmente não operará desta forma).

✓ **Resultados**

- **Comparação das simulações sem obras (C0) e com obras (C1 e C2) utilizando 50% da $Q_{90\%}$**

No **Cenário 1** e **2** foram inseridos nas simulações os minis barramentos que tem como objetivo principal **a recuperação das áreas degradadas na região do Banhado Grande**. No entanto, buscaram-se avaliar quais seriam as consequências da implantação de tais obras na regularização das vazões em épocas de estiagem.

Observou-se um pequeno incremento na garantia de atendimento nos pontos de captação analisados a jusante das obras quando comparada a inserção da obra no cenário em que se tem como vazão máxima outorgável 50% da $Q_{90\%}$. No Quadro 51 é apresentado o resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público no **Cenário 0** e no **Cenário 1** e **2** com obras.

Quadro 51 - Déficit de atendimento ao abastecimento público.

Captação	Vazão captada (m³/s)	Cenário 0 (50% $Q_{90\%}$)		Cenário 1 e 2 (50% $Q_{90\%}$)	
		Déficit	Déficit Volume (m³/ano)	Déficit	Déficit Volume (m³/ano)
Captação ETA Glorinha	0,01	3,14%	14.051,53	3,02%	13.494,87
Captação ETA Viamão	0,41	2,54%	324.657,64	2,41%	308.044,53
Captação ETA Passo dos Negros	0,11	1,24%	44.303,45	1,02%	36.313,77
Captação ETA Alvorada	1,32	2,25%	933.516,95	1,89%	785.839,81

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Nota-se que houve um aumento na garantia média em termos de volume por ano de 13% nas captações em geral. Apesar de pequeno, pode-se observar um aumento de garantia, que uma vez transformado em benefícios econômicos, se torna favorável à economia da região.

Se transformado o incremento de volume do **Cenário 0** para o **Cenário** com obras (1 e 2) em habitantes atendidos (144 l/hab/dia) chega-se ao valor de 3.288 habitantes/ano.

Na Figura 58 é apresentado o “déficit” médio anual nas captações dentro da bacia considerando um aumento nas demandas de abastecimento público no horizonte de projeto sem intervenções (**Cenário 0**) e com a implantação das obras no banhado (**Cenário 1 e 2**).

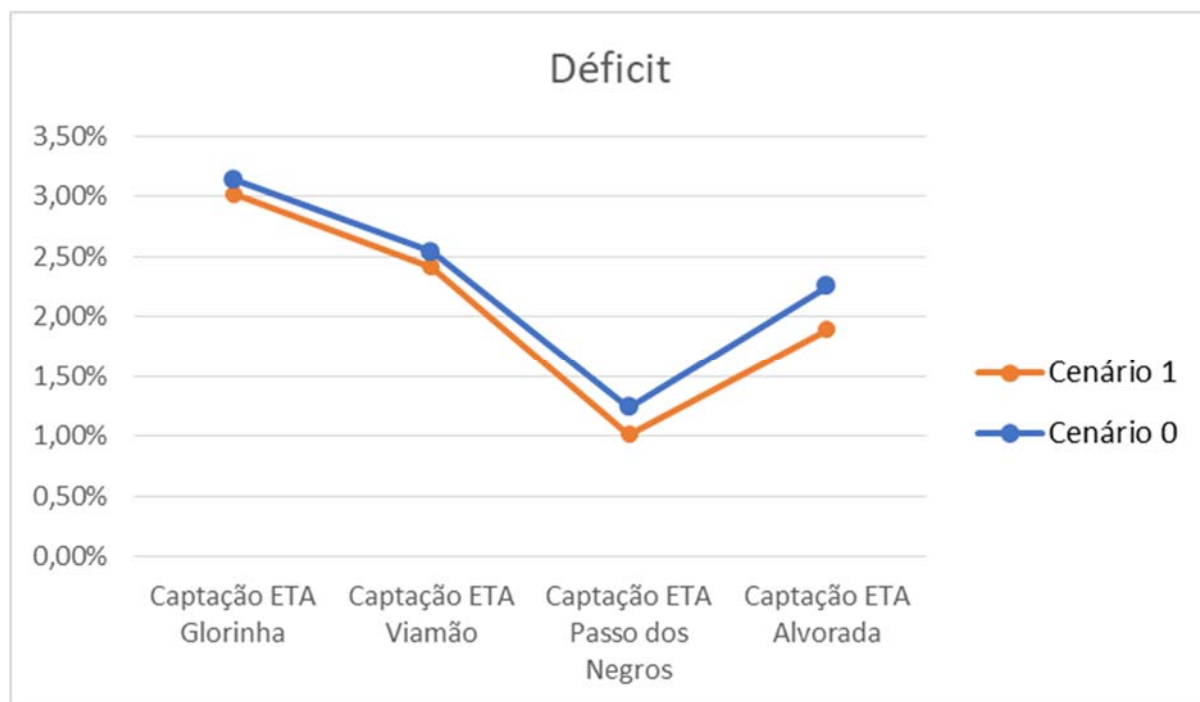


Figura 57 - Déficit médio anual nas captações dentro da Bacia **Cenário 0 e 1**
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na captação da ETA Glorinha, onde houve o maior déficit, pode-se reinterpretar a diminuição no déficit médio anual de 3,14% para 3,02% (0,12%) do tempo como 0,5 dias do ano em que a demanda de abastecimento passa a ser **plenamente** atendida. Esse valor é um valor médio anual, portanto, ocorrem situações em que a escassez é mais crítica.

É evidente que para que se assegure a disponibilidade hídrica para o abastecimento público, não basta a implantação de tais obras que têm como foco principal a revitalização das áreas degradadas.

- **Análise de sensibilidade da vazão máxima outorgada e o abastecimento público**

Como diferencial em relação ao **Cenário 0**, nos Cenários 1 e 2, além de inseridos nas simulações os minis barramentos, variou-se a vazão máxima outorgável e a vazão de referência. Buscou-se avaliar quais seriam as consequências de uma melhor definição das vazões máxima outorgável e de referência.

Observaram-se incrementos na garantia de atendimento nos pontos de captação analisados com o aumento da vazão outorgável conforme esperado.

No Quadro 52 é apresentado o resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público em termos percentuais.

Já no Quadro 53 é apresentado o resumo dos resultados das simulações com os déficits de atendimento ao abastecimento público em termos de volumes.

Quadro 52 - Percentual de atendimento ao abastecimento público - vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$.

% Máximo outorgável da vazão de referência	FALHA DE ATENDIMENTO (Déficit Percentual - %/ano)							
	ETA Glorinha		ETA Fiúza (Viamão)		Captação Passo dos Negros		Captação Alvorada	
	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%
40%	5,76%	11,00%	4,29%	6,00%	2,42%	3,50%	4,15%	6,20%
50%	3,02%	6,10%	2,41%	3,50%	1,02%	1,90%	1,89%	3,10%
60%	1,50%	2,90%	1,41%	1,90%	0,44%	0,70%	1,08%	1,50%
65%	0,93%	2,00%	1,05%	1,30%	0,20%	0,30%	0,70%	1,00%
70%	0,30%	1,10%	0,72%	0,90%	0,06%	0,10%	0,33%	0,50%
Vazão captada (m^3/s)	0,01		0,41		0,11		1,32	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Quadro 53 - Déficit de atendimento ao abastecimento público - vazão de referência $Q_{90\%}$ e $Q_{85\%}$.

% Máximo outorgável da vazão de referência	FALHA DE ATENDIMENTO (Déficit volumétrico - m^3 /ano)							
	ETA Glorinha		ETA Fiúza (Viamão)		Captação Passo dos Negros		Captação Alvorada	
	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%	Q90%	Q85%
40%	25.774	49.192	547.765	766.943	86.675	125.215	1.721.635	2.571.607
50%	13.495	27.279	308.045	447.383	36.314	67.974	785.840	1.285.804
60%	6.729	12.969	180.053	242.865	15.685	25.043	448.726	622.163
65%	4.179	8.944	133.724	166.171	7.040	10.733	291.178	414.775
70%	1.355	4.919	92.542	115.041	2.128	3.578	138.186	207.388
Vazão captada (m^3/s)	0,01		0,41		0,11		1,32	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na Figura 58 e na Figura 59 são apresentadas as falhas de Atendimento ao Abastecimento Público em termos percentuais e de volume respectivamente adotando-se como vazão de referência a $Q_{90\%}$.

Observa-se que, caso seja adotado o valor de 70% outorgável da vazão de referência $Q_{90\%}$, chega-se a valores extremamente pequenos de falha no atendimento do abastecimento público.

Por isso enfatiza-se que o foco da gestão dos recursos hídricos nessa bacia deve ser na realização de estudos mais focados na definição da vazão remanescente e da vazão máxima outorgável, assim como da vazão de referência, em contraponto à utilização de obras de regularização e/ou transposições de bacia.

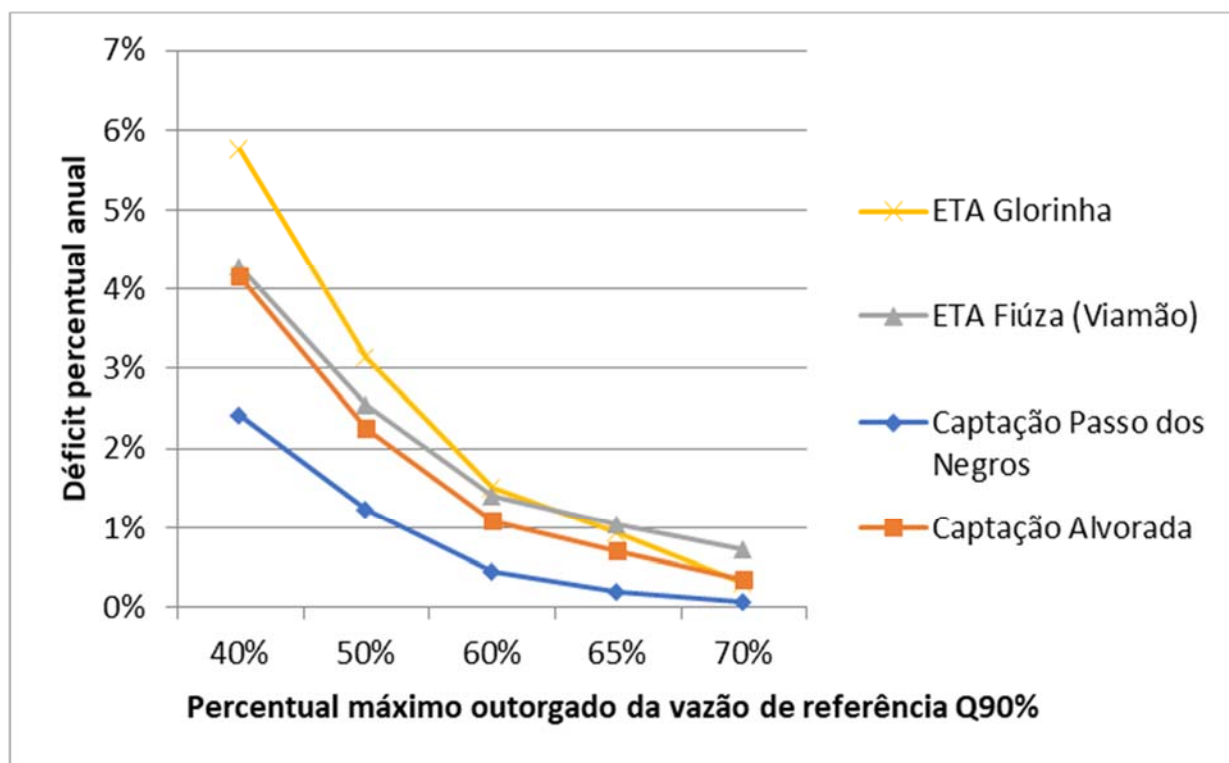


Figura 58 - Déficit médio anual percentual nas captações dentro da Bacia, $Q_{90\%}$ **Cenário 2**
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

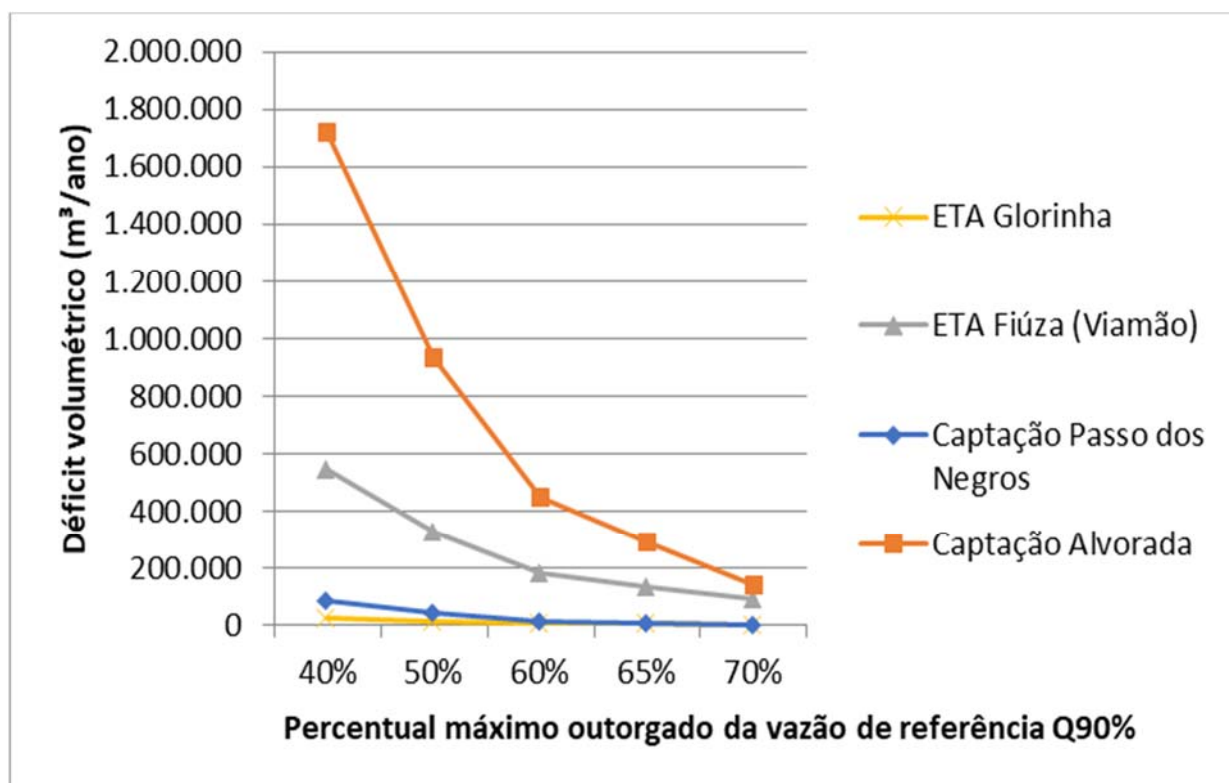


Figura 59 - Déficit médio anual volumétrico nas captações dentro da Bacia, $Q_{90\%}$ **Cenário 2**
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Já na Figura 60 e na Figura 61 adotou-se como vazão de referência a $Q_{85\%}$.

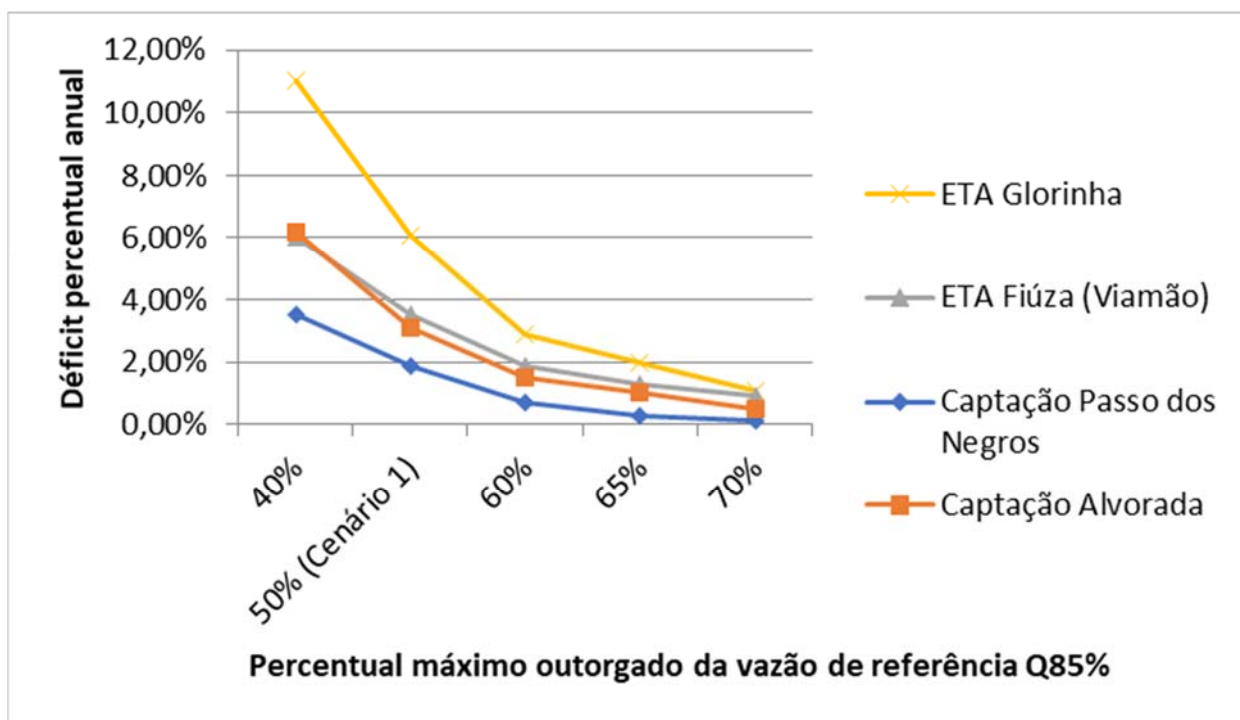


Figura 60 - Déficit médio anual percentual nas captações dentro da Bacia, $Q_{85\%}$ **Cenário 2**
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

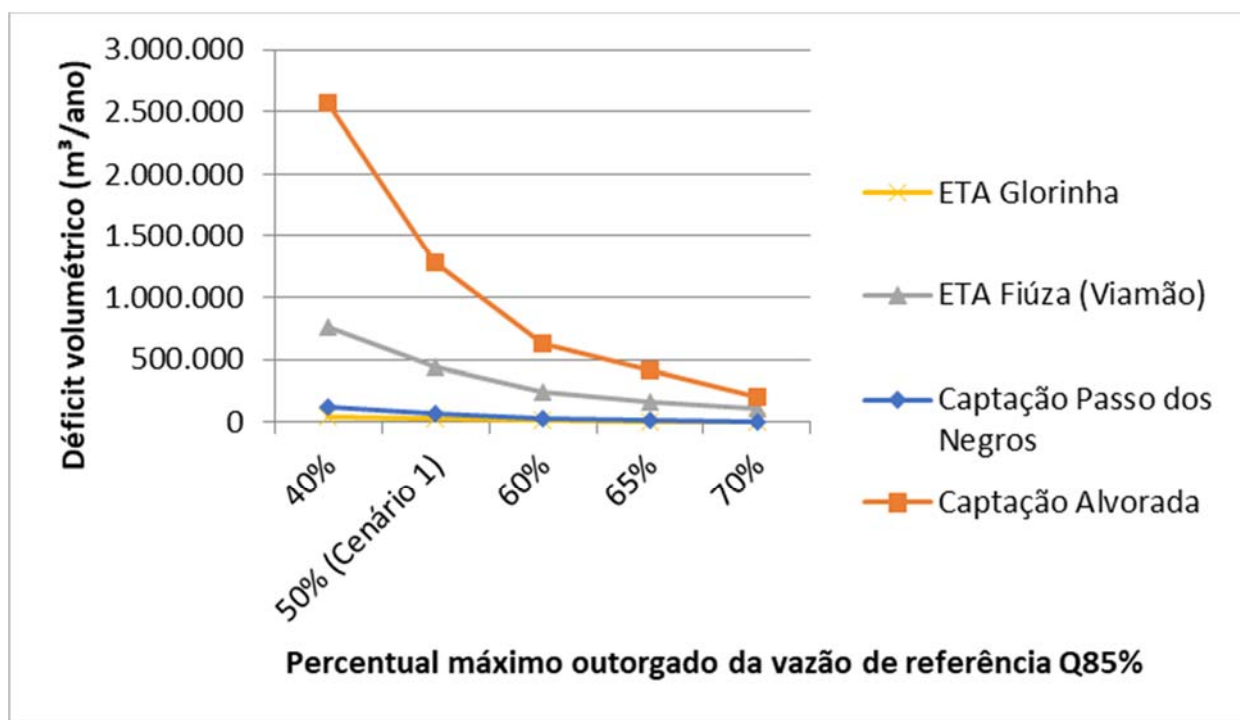


Figura 61 - Déficit médio anual volumétrico nas captações dentro da Bacia, $Q_{85\%}$ **Cenário 2**
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na Figura 62 e na Figura 63 são apresentados os “déficits” médios anuais nas captações dentro da bacia para 50% da vazão de referência $Q_{90\%}$ e da $Q_{85\%}$ em termos percentuais e volumétricos respectivamente.

Nota-se grande disparidade no déficit quando comparadas as utilizações das duas vazões de referência.

Tal fato pode ser explicado pela vazão remanescente ser maior quando utilizada a vazão de referência $Q_{85\%}$, e por isso, nos períodos de menor disponibilidade, o déficit é maior do abastecimento público quando comparado à utilização da $Q_{90\%}$ dada que a prioridade nº 1 é a demanda ambiental.

Na captação da ETA Alvorada, onde há o maior déficit absoluto, é onde se observam os maiores declínios de déficit volumétrico de atendimento. Os valores obtidos são valores médios anuais, portanto, podem ocorrer situações em que a escassez é mais crítica.

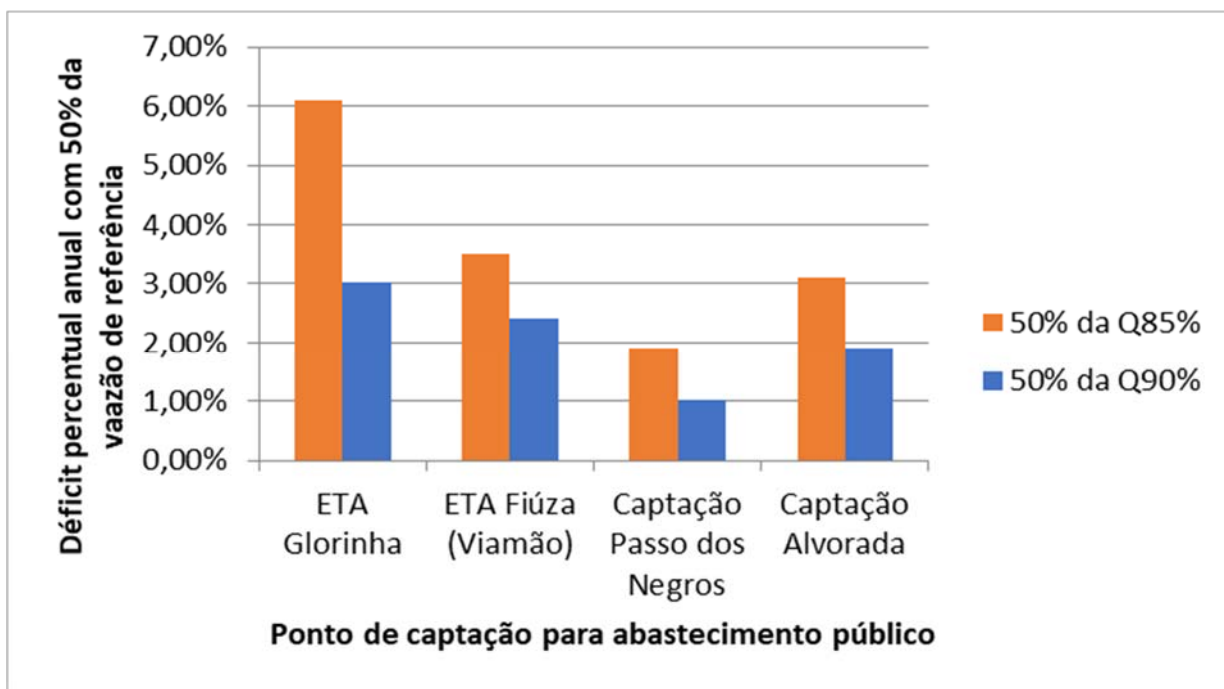


Figura 62 - Déficit médio anual percentual nas captações dentro da Bacia, 50% $Q_{85\%}$ e $Q_{90\%}$
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

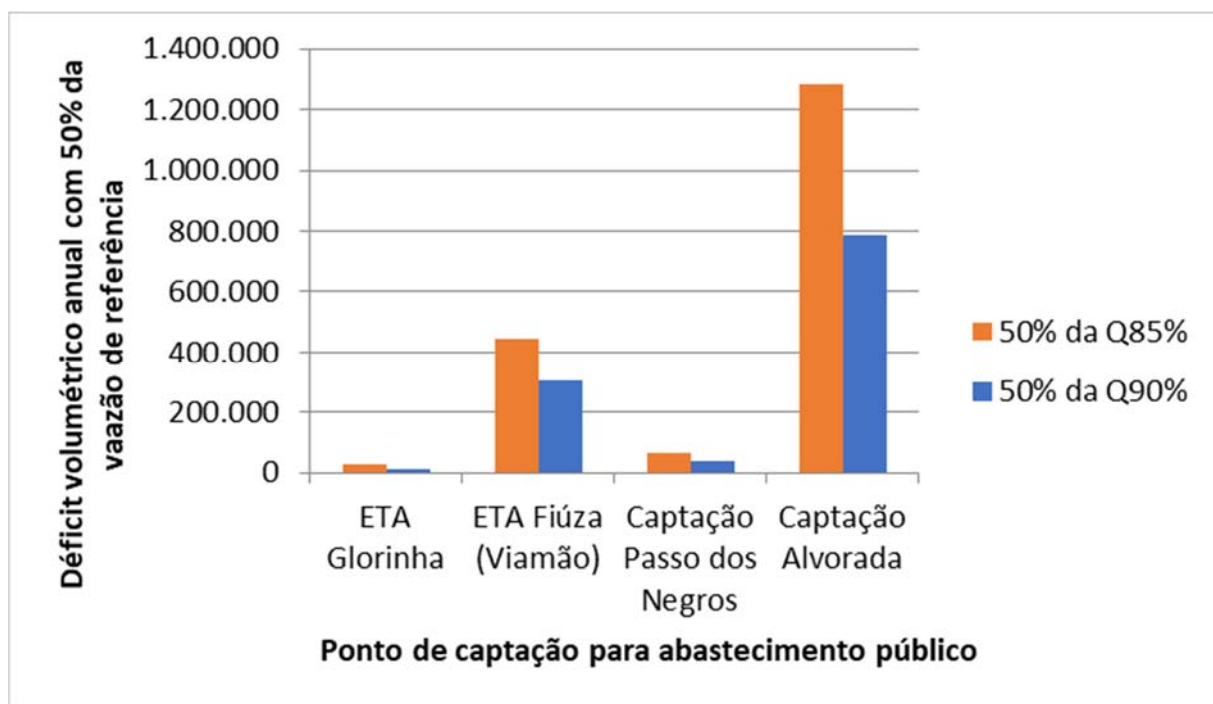


Figura 63 - Déficit médio anual volumétrico nas captações dentro da Bacia, 50% $Q_{85\%}$ e $Q_{90\%}$
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Conforme mencionado anteriormente, quanto maior é o objetivo pela manutenção da vida associada ao ambiente aquático, menor é o objetivo pela garantia de água para os usos consuntivos.

Visto que o Plano de Bacia não define a vazão remanescente da vazão de referência, não se tem claro quais são as reais demandas ambientais na bacia.

Portanto, a presente análise tem como intenção, servir de subsídios para a tomada de decisão dos órgãos fiscalizadores (DRH/FEPAM) e como orientação para as próximas revisões do Plano de Bacia com o enfoque nos impactos que diferentes decisões terão no abastecimento público.

Como ferramentas, devem ser utilizados os resultados apresentados nesse estudo, que em paralelo aos estudos desenvolvidos na SEMA/DRH (calibração de modelos hidrológicos para o estado), indicam as vazões de permanência em cada trecho da bacia hidrográfica.

Com o auxílio de tais ferramentas, deve-se utilizar o poder de gestão e fiscalização do Estado para o controle e regularização das outorgas existentes e futuras na bacia.

Portanto, como ferramentas de gestão, se apresentam:

O Anexo 5.1.1 - Resultados Hidrológicos para o Cenário 0 e o Anexo 5.1.2 - Mapas de Resultados Hidrológicos para o Cenário 0 que contém o mapa com a nomenclatura de cada trecho de rio e as vazões de permanência Q90% mensal para cada um destes trechos

No que tange o atendimento às demandas para irrigação, reitera-se que uma vez constatado que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia, a área de cultivo de culturas irrigadas na bacia deve diminuir.

Mesmo com a implantação das obras do Banhado, por terem um volume de acumulação pequeno dado o seu viés ambiental, não foi possível aumentar a disponibilidade hídrica de forma efetiva.

Portanto, o presente estudo indica a redução da área plantada de arroz na bacia para aproximadamente 5.000 hectares, **ou consumo equivalente**, sendo considerado nesse estudo em 10.000 m³/ano/ha que equivale a 50 hm³/ano para tal área de plantio.

Nota-se, conforme constatado na análise realizada no **Cenário 0**, capítulo 0, que para que haja um atendimento aceitável, com poucas perdas, a área total irrigada da bacia não deve passar dos 5.000 ha, com uma perda média anual de 2,15% da produção.

Pelo fato do viés desse trabalho ser a avaliação da disponibilidade hídrica, indicando soluções de forma a mitigar os efeitos das estiagens e obedecendo os dispositivos legais, cabe como proposta, **o cumprimento às vazões máximas outorgáveis por trecho apresentadas nesse estudo.**

O fato do volume disponível para irrigação converter-se ou não na área de plantio calculada e proposta, caberá tão somente à otimização do uso dos recursos hídricos disponibilizados aos agricultores.

O estudo também conclui que para que se assegure a disponibilidade hídrica para o abastecimento público, não é necessária a implantação de obras de reservação.

Devem ser observados **principalmente** os dispositivos de lei que indicam os atendimentos prioritários, com o uso da regulamentação e fiscalização, assim como uma melhor definição da vazão máxima outorgável. Para isso, **deve-se implementar uma Política de Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia de forma efetiva.**

3.9.1 Orçamento para Regularização e Fiscalização de Outorgas

Os custos de implantação da estrutura básica para desenvolver as atividades de fiscalização e controle do uso da água foram estimados em R\$ 9.180.000,00.

Adotados nas alternativas, que englobam os sistemas e necessidades principais, constituídos, basicamente, pelo conjunto de instrumentos e equipamentos a serem adquiridos e de estrutura para implantação do sistema.

Os principais itens que compõem este custo inicial são os apresentados no Quadro 54.

Quadro 54 - Custos de implantação da estrutura básica para controle do uso da água

Item	Descrição	Quant	Unidade	Valor
1	Caminhonete	5	unid.	R\$ 750.000,00
2	Treinamento	10	funcionários	R\$ 300.000,00
3	Compra sala de fiscalização	1	unid.	R\$ 2.000.000,00
4	Mobilização inicial de cadastramento das retiradas na bacia	1	ano	R\$ 1.000.000,00
5	Drone	2	unid.	R\$ 100.000,00
6	Contratação de consultoria para definição das demandas ambientais do banhado e da vazão remanescente para a otimização dos usos na bacia	1	unid.	R\$ 3.000.000,00
7	Monitoramento a montante do Banhado	2	estações	R\$ 500.000,00
8	Outros acessórios	-	-	R\$ 1.530.000,00
	Total			R\$ 9.180.000,00

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.10 Recuperação de Regiões Degradadas - Banhado Grande - Alternativa Única

3.10.1 Contextualização e Justificativa

✓ O Ecossistema Banhado

Vários termos são usados para definir sistemas que são caracterizados por um regime hidrológico peculiar e com vegetação adaptada às condições de anaerobiose permanente do substrato. Existem vários termos na literatura para definir diferentes unidades de paisagem com estas características, tais como: *swamp*, *marsh*, *floodplain* e *bog* (em inglês), e banhado, alagado e brejo (em português).

Mesmo assim, este termo apresenta em si uma dificuldade de definição, uma vez que cobre grande gama de ecossistemas. Terras úmidas incluem sistemas terrestres, fortemente influenciados pela água, e ecossistemas aquáticos rasos e próximos à terra seca, sendo, portanto, considerados áreas de transição (ecótonos) com limites difíceis de delinear precisamente.

A definição de referência é a da convenção RAMSAR a qual define *wetlands* como “áreas de banhado, turfeira (*marsh, fen, peatland*) ou água, tanto naturais como artificiais, permanentemente ou temporariamente, com água, que é estática ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas ou águas marinhas, a profundidade das quais a baixa maré não excede seis metros” (RAMSAR Convention, 1971).

Terras úmidas (banhados) são áreas inundadas ou saturadas por água superficial ou subterrânea, numa frequência e duração que suportem, sob condições normais, uma vegetação tipicamente adaptada à vida em solos saturados.

A vegetação que prevalece em terras úmidas, geralmente consiste de macrófitas aquáticas, as quais estão tipicamente adaptadas às áreas de solos saturados.

Essas espécies, através de adaptações morfológicas, fisiológicas ou reprodutivas, têm a habilidade de crescer, reproduzir ou persistir em ambientes aquáticos ou condições anaeróbicas de solo. Os solos, por sua vez, são genericamente classificados como solos hídricos ou aluviais, os quais possuem características que são associadas a condições redutoras (condições anaeróbicas).

Das várias definições que têm sido propostas para caracterizar as Terras Úmidas (banhados/*wetlands*), a que tem prevalecido e tem aplicação na gestão deste tipo de sistema é a resultante do trabalho de classificação de terras úmidas adotada nos EUA. O *U.S. Fish & Wildlife Service* define terras úmidas como: “terras de transição entre sistemas aquáticos e terrestres onde a lâmina de água está usualmente perto ou na superfície da terra ou a terra é coberta por águas rasas.

Dois grupos de critérios tipológicos permitem obter uma série de categorias: os Geomorfológicos (fonte de água e nutrientes), e os Ecológicos (regime hidrológico e estrutura de vegetação).

Esta última aproximação é a mais adequada para as características deste trabalho em particular considerando as restrições iniciais.

✓ **O hidroperíodo**

Uma vez que terras úmidas são criadas e mantidas pela água, a hidrologia, e, principalmente, o hidroperíodo, é um elemento básico na habilidade funcional de um banhado.

Este hidroperíodo é definido como a ocorrência periódica ou regular de inundação e/ou condições de solo saturado, sendo classificados de acordo com os modificadores do regime de águas.

✓ **Funções de terras úmidas**

As funções dos banhados são os processos físicos, químicos e biológicos ou atributos específicos de um banhado (terra úmida). Valores são os processos de banhados ou atributos que são valiosos ou benéficos para a sociedade ou o próprio ecossistema.

Funções de banhado incluem a recarga e descarga de água subterrânea, alterações de vazões de inundação, estabilização de sedimento/estabilização de margens, retenção de sedimento tóxicos, remoção/transformação de nutrientes, exportação de produção, diversidade/abundância aquática, diversidade/abundância de vida silvestre para reprodução, migração e permanência de inverno.

✓ **Valores de terras úmidas e conservação**

Estes sistemas desempenham papel importante em fenômenos e processos naturais (funções), sendo que seus recursos podem ser usados extensivamente para obtenção de produtos (tais como peixe e pasto) ou serviços (tais como transporte, recreação) e têm também atributos tais como diversidade biológica.

Numerosos processos e atividades econômicas poderiam ser alteradas ou mesmo desaparecer se terras úmidas não executassem suas funções adequadamente.

Por exemplo, protegem terras agrícolas a jusante ao limitar a extensão de inundação ou evitam o assoreamento de esquemas de irrigação a jusante ao funcionarem como armadilhas de sedimento.

Este tipo de ecossistema pode ainda servir para atividades futuras de turismo, potencial de plantas como fonte de proteína e resistência a doenças ou substâncias químicas de interesse médico, o que levou ao reconhecimento crescente do valor econômico da sua diversidade biológica.

Além disso, os atributos de banhados têm um valor intrínseco, isto é, um valor baseado em critérios éticos ou estéticos que independem do seu uso por seres humanos.

Esta categoria de valores, de um banhado, é denominada de não-consuntivos e inclui os valores cênico, recreacional, educacional, estético, arqueológico, herança e histórico, sendo experimentado diretamente por indivíduos.

Estes valores advêm (1) do direito de a natureza existir independentemente das necessidades dos seres humanos, (2) dos direitos de gerações futuras e (3) do papel que uma terra úmida pode tomar na herança cultural de um grupo de pessoas, uma nação ou comunidade local.

Assim ecossistemas tipo terras úmidas, naturais ou ligeiramente modificados, têm um valor maior como recursos econômicos do que terras úmidas radicalmente transformadas e exploradas intensivamente, embora não possam fornecer automaticamente todos os bens e serviços.

✓ **Efeitos das intervenções em banhados**

As intervenções locais ou fora da área de interesse podem alterar o funcionamento e evolução de um banhado de tal modo que os benefícios potenciais desta intervenção sejam transformados em danos e impactos ambientais de curto e médio prazos.

Os efeitos das intervenções são as modificações do ambiente físico, biológico e socioeconômico.

Estes mesmos efeitos, visando o uso de um recurso, tanto podem ser benéficos como danosos, sendo os denominados impactos ambientais.

Considerando então os impactos resultados de intervenções passadas e os atualmente em andamento, a seguir serão expostos vários tipos de intervenções, agentes e consequências das mesmas.

Quadro 55 - Efeitos Danosos de Intervenções

CATEGORIA DO EFEITO	SUBCATEGORIA	EFEITO NO BANHADO
Efeitos Físicos	Hidrológicos	Cheia reduzida
		Modificação do tempo de ocorrência de cheia
		Modificação do fluxo de base
		Modificação do pico de cheia
		Aumento da cheia
		Seca de solos de banhado
		Modificação do lençol freático
		Redução da capacidade de armazenamento de água
	Mudanças na Qualidade de Água	Redução da capacidade de retenção de nutrientes
		Conteúdo de nutrientes modificado
		Modificação da turbidez da água
		Eutrofização
		Poluição
	Modificação do Solo e Morfologia do Terreno	Erosão
		Fertilidade reduzida
Efeitos Biológicos		Modificação de habitats
		Modificação de fauna
		Obstrução de rotas de migração
		Criação de habitats para vetores de doenças
Efeitos Socioeconômicos		Aumento do acesso a recursos
		Perda de recursos
		Concentração de renda

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Uso racional de banhados**

As funções das terras úmidas (processos) definem valores, ou seja, processos ou atributos que são valiosos ou benéficos para a sociedade e de alguma forma para o próprio ecossistema (conservação).

Para que estas funções sejam mantidas, é necessário definir-se o hidroperíodo específico ou uma série de hidro períodos potencialmente utilizáveis no gerenciamento do ecossistema.

Quando as condições hidrológicas mudam, mesmo que ligeiramente, a biota pode responder com mudanças substanciais na riqueza de espécies, nas estruturas de comunidade, bem como na produtividade do ecossistema.

A manutenção da estrutura e funções de um banhado é a base para a permanência dos valores a eles associados.

A gestão deste tipo de ecossistema deve ser considerada na gestão de uma região e não especificamente. Esta gestão deve incluir os termos e critérios da RAMSAR Convention, 1971, desta forma aproveitando conhecimento e métricas já testadas e aceitas internacionalmente.

Para a manutenção de serviços ecossistêmicos é necessária uma abordagem multi-escala, sendo necessário estabelecer como e quando intervenções podem ser feitas e as decisões tomadas em relação a políticas e gerenciamento (Figura 64).

Neste sentido "uso racional" é a manutenção dos benefícios / serviços ecossistêmicos para garantir a manutenção em longo prazo da biodiversidade, bem como do bem-estar humano.

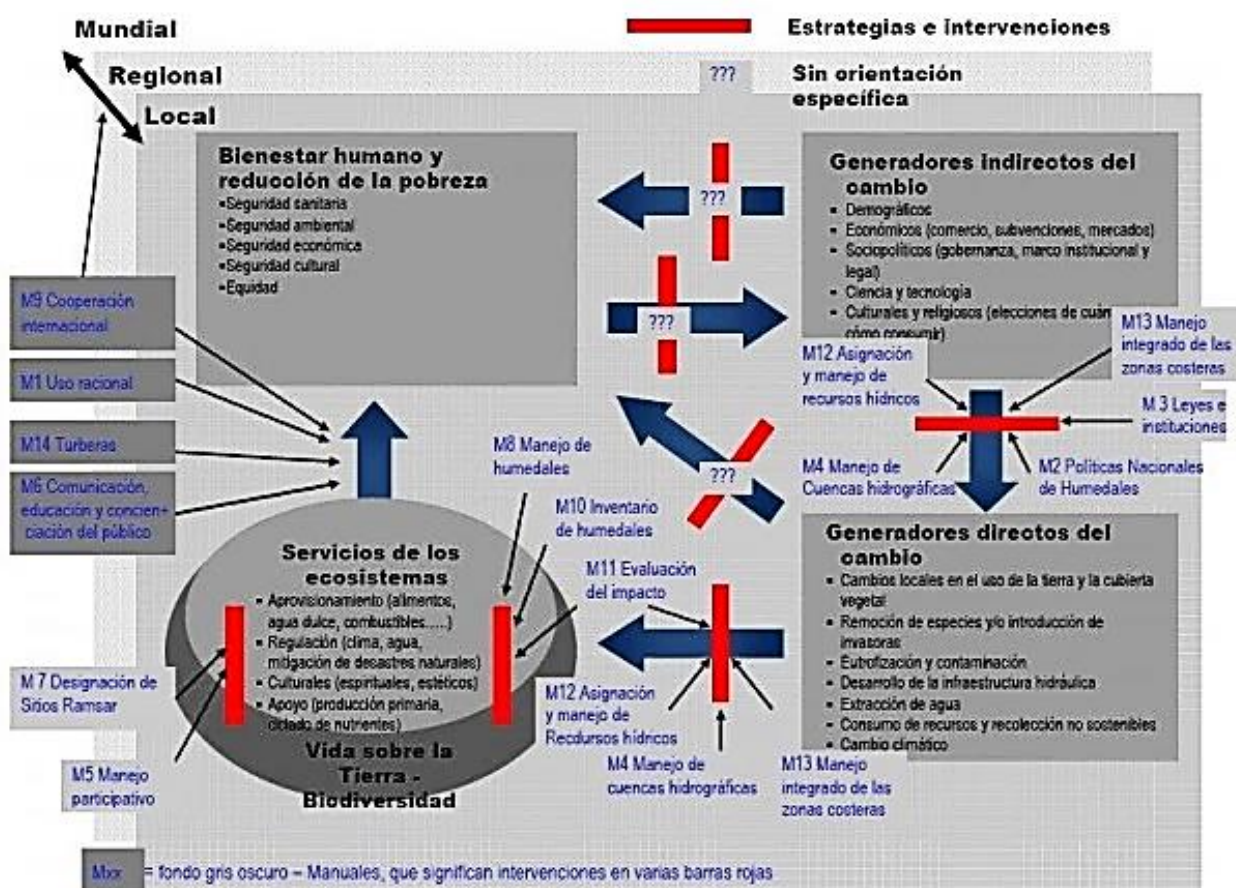


Figura 64. Enquadramento conceitual para o uso racional das zonas húmidas

Fonte: Relatório de EM para a Convenção de Ramsar: Ecosystem Services and Human Well-Being: Wetlands & Water: Synthesis. 2005. World Resources Institute, Washington D.C.

✓ Necessidades Complementares

Não foram considerados neste trabalho estudos relacionados à evolução das alterações históricas no caráter ecológico do banhado.

Caberá a futuros estudos, a definição das características almejadas de forma a retornar às condições ambientais antecedentes ao canal do DNOS.

Dessa forma, as intervenções propostas nesse momento, em nível de concepção, poderão ser ajustadas objetivando a melhoria de sua eficiência na revitalização das áreas degradadas.

Como exemplo, pode-se optar por restaurar o sistema às condições existentes no ano de 1960. Para isso, necessita-se conhecer as condições hidrológicas e ambientais àquela época. Uma forma de encontrar, por exemplo, a cota do fundo da calha principal do rio anterior às ações antrópicas na região, é realizando a datação radiométrica das camadas de solo da região.

A partir de tal datação, é possível definir as condições anteriores do terreno por meio de modelagem digital da superfície.

Assim, é possível simular as condições de escoamento e definir o hidroperíodo desejado. Definindo-se o hidroperíodo, são avaliadas alternativas estruturais capazes de o emularem.

Em termos genéricos, para o gerenciamento adequado é necessário obter a linha de base que estabelece a variação natural de componentes, processos e serviços em cada *site* dentro de um determinado período de tempo.

A mudança no caráter ecológico é a alteração adversa induzida por humanos de qualquer componente, processo e / ou benefício / serviço do ecossistema, sendo que benefícios do ecossistema são os benefícios, de qualquer natureza, que as pessoas recebem dos ecossistemas.

Procedimentos e ações devem ser adotados para a identificação, avaliação, acompanhamento e gestão do caráter ecológico das zonas úmidas de importância tanto internacional como locais, incluindo a avaliação dos riscos de zonas húmidas, avaliação de impacto, monitoramento, inventário e planejamento de gestão.

3.10.2 Concepção das Obras

A seguir, com vistas à minimização dos impactos hídricos decorrentes da expansão do cultivo do arroz irrigado e da construção do Canal do DNOS, são aqui analisadas e propostas intervenções estruturais na área de proteção ambiental do Banhado Grande, na bacia do Rio Gravataí.

✓ **Macrolocalização e caracterização da área**

A região localiza-se no compartimento geomorfológico denominado Planície Costeira do Rio Grande do Sul, caracterizando-se pela predominância de áreas úmidas interconectadas, em grande parte atualmente sob cultivo de arroz irrigado.

Os banhados remanescentes, como o Banhado dos Pachecos, Chico Lomã e Banhado Grande, integram o denominado Sistema Banhado Grande, o qual dá origem ao Rio Gravataí. As intervenções estruturais, que adiante serão propostas, localizam-se ao longo do Canal do DNOS, o qual está inserido na APA do Banhado Grande, praticamente no centro das referidas áreas úmidas (Figura 70).

O relevo é plano a levemente ondulado, predominantemente abaixo da altitude 10 m, sendo os talwegues preenchidos por depósitos paludais entrecortados por meandros fluviais.

O perfil longitudinal do Canal do DNOS, o qual atravessa as zonas paludais e intercepta meandros fluviais ativos e inativos, reflete a variação longitudinal de cotas desta área (Figura 65).

O canal, o qual interligou artificialmente uma área úmida elevada (cota 9,00 m) com outra mais baixa (cota 3,00 m), apresenta variações de cotas e declividades de fundo, como a seguir indicado:

- **Trecho inicial** (est. 0+000 m a 7+000 m) com cotas de fundo entre 1,50 m e 8,50m e declividades de fundo 0,5 m/1.000 m até 3,0 m/1000 m.
- **Trecho final** (est.7+000m a 26+000) praticamente plano, com cotas de fundo entre 0,00m e 1,50m e baixas declividades de fundo.

A construção do Canal do DNOS alterou a dinâmica natural dos meandros fluviais. A cota de fundo dos antigos meandros, no trecho correspondente às estacas 0+000 m e 16+000 m (Figura 66), encontra-se sistematicamente acima do fundo do canal.

Na data da avaliação, estes meandros encontravam-se secos, enquanto, entre as estacas 16+000 m e 24+000 m, os meandros estavam parciais a totalmente inundados.

A partir da estaca 24+000 m, já com influência do Rio Gravataí, passa a haver coincidência das cotas de fundo entre os meandros e o canal.

Na Figura 65 verifica-se os dois trechos com declividades distintas, sendo o trecho inicial com declividades entre 0,5 m : 1000 m e 3,0 m : 1000 m (estacas 0+000 m a 7+000 m), enquanto o trecho final (estacas 7+000 m a 26+000 m) é praticamente plano. Além disto, verifica-se a ocorrência de uma zona inundada (estacas 19+000 m a 24+000 m), sendo que a partir da estaca 26+000 m inicia o Rio Gravataí.

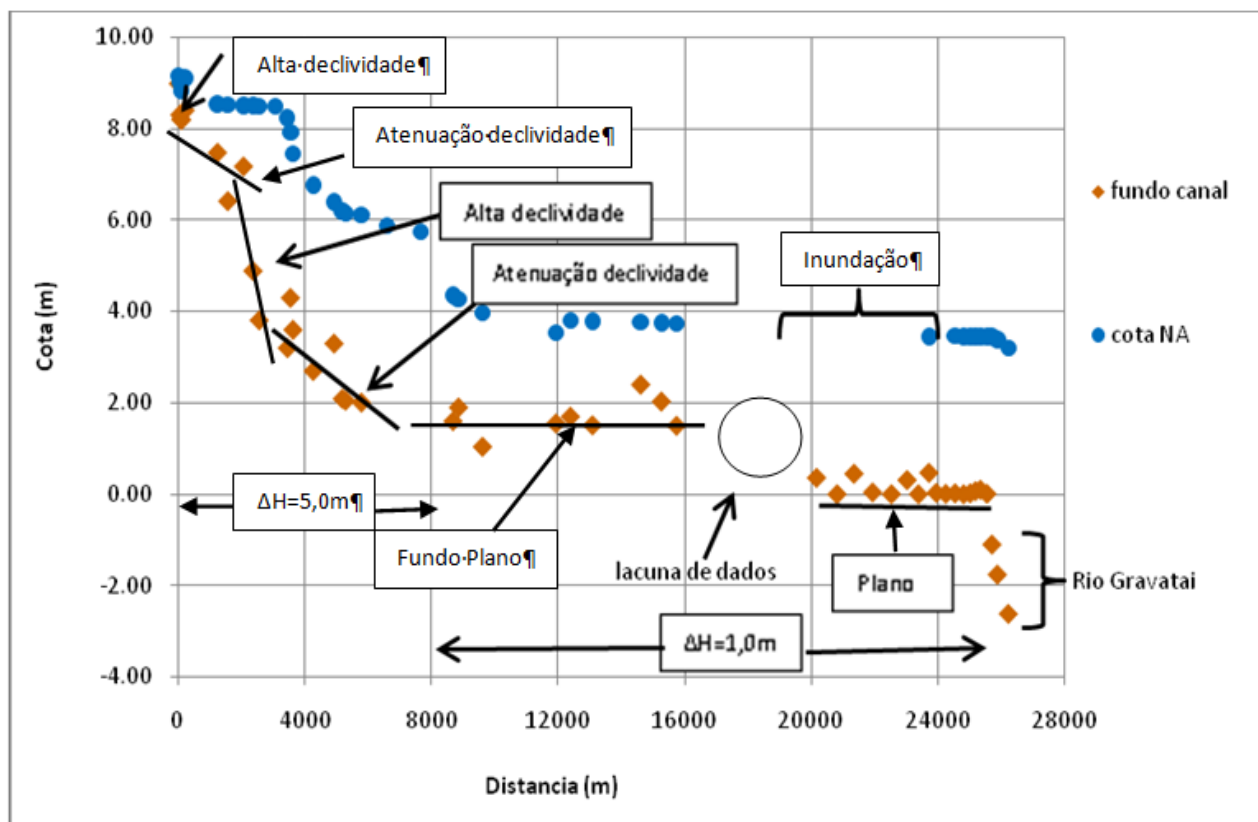


Figura 65 - Perfil longitudinal do fundo do Canal do DNOS.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Na Figura 66 verifica-se que a maior parte dos meandros se encontra acima da cota de fundo do canal do DNOS, por vezes até mais de 4,0 m.

Na data da avaliação, a qual não corresponde ao período sazonal de estiagem, vários meandros encontravam-se secos (estacas 0+000 m a 16+000 m).

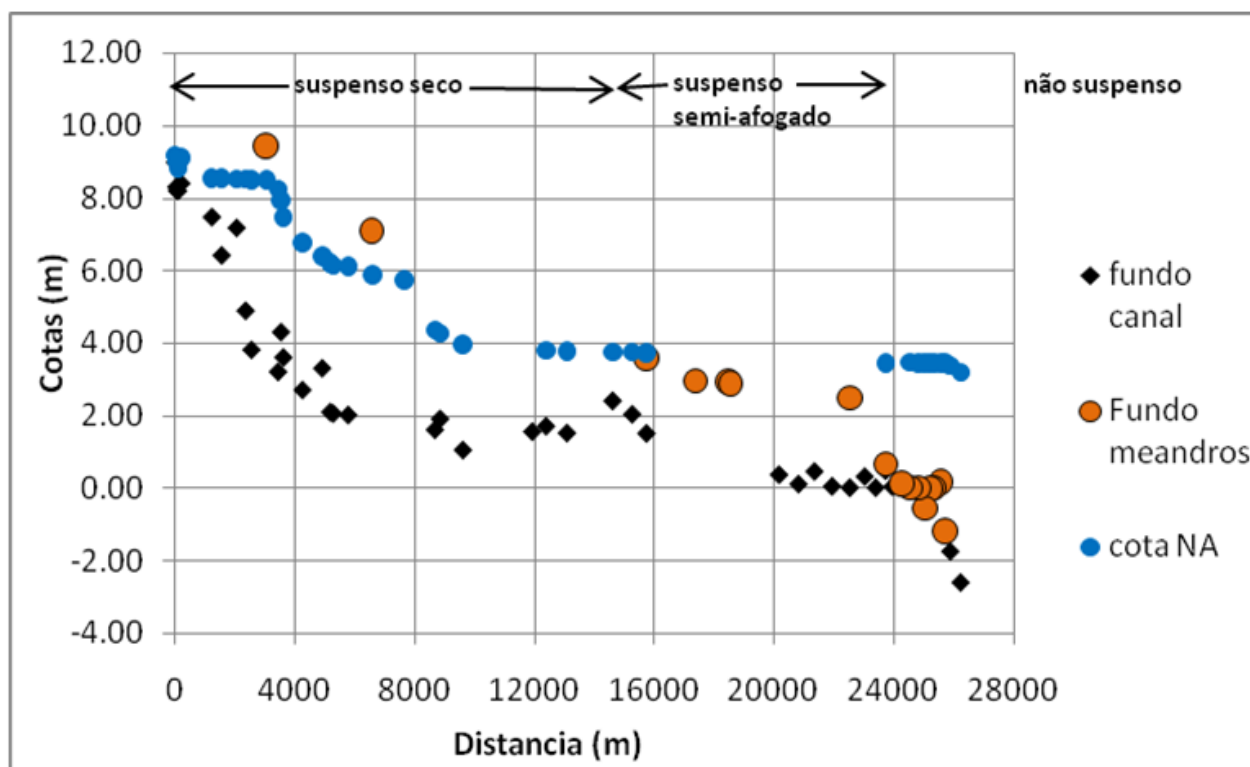


Figura 66 - Perfil comparativo das cotas de fundo dos meandros e do canal.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Geologia

O substrato geológico local, o qual constitui o Sistema Banhado Grande, é composto por depósitos sedimentares inconsolidados, tanto de origem lacustre-paludal, como de planícies lagunares (barreiras Pleistocênicas ou Holocênicas), ou ainda sedimentos aluvionares holocênicos. Estes depósitos sedimentares A seguir são sucintamente caracterizados.

• Depósitos Aluviais holocênicos

São constituídos por sedimentos inconsolidados e mal selecionados, como cascalhos, areias grossas a finas e sedimentos silto-argilosos.

Estes depósitos, os quais preenchem as calhas dos rios e suas planícies de inundação (Roisenberg et al., 2007), podem apresentar elevada permeabilidade e baixa resistência a erosão, sendo suscetíveis ao *piping*.

• Depósito de Planície Lagunar ou lacustre-paludais holocênicos e pleistocênicos

São depósitos constituídos por uma sequência sedimentar mista compreendendo areias finas a médias imaturas e mal classificadas, cor normalmente amarelo-acastanhada, sedimentos silto-argilosos e intercalações de argilas plásticas. Nos ambientes paludais (pântanos) predominam condições anaeróbicas.

O seu estado inconsolidado e a composição predominantemente silto-arenosa destes sedimentos confere-lhes baixa resistência à erosão, sendo suscetíveis ao *piping*.

Estima-se que na área estes sedimentos não ultrapassem uma espessura máxima de dez a quinze metros, estando assentes sobre rochas sedimentares como arenitos e siltitos.

✓ Hidrogeologia

O Sistema Aquífero Quaternário - SAQ, o qual se comporta como aquífero livre e granular localiza-se na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, na qual se situa o Sistema do Banhado Grande.

Este aquífero, constituído pelas camadas sedimentares arenosas inconsolidadas holocênicas e pleistocênicas, acompanha a rede de drenagem, como é o caso do próprio Rio Gravataí e seus afluentes.

Devido a sua proximidade à superfície, este sistema é vulnerável à contaminação, principalmente devido ao uso extensivo de agrotóxicos e fertilizantes, como os utilizados no cultivo de arroz. Em decorrência disto, a vulnerabilidade deste aquífero é alta e sua qualidade de água subterrânea é ruim.

As reservas hídricas subterrâneas, devido à pouca espessura do aquífero, variam significativamente com a sazonalidade da precipitação, de forma que, nos períodos de estiagem, o aquífero deveria fornecer água para o ecossistema aquático superficial.

Em contrapartida, o efeito de drenagem permanente exercido pela rede de canais instalados, como o Canal do DNOS, reduziu a contribuição do meio subterrâneo para a rede hídrica superficial, fazendo com que parte significativa da rede de drenagem permaneça seca nos períodos de estiagem.

O rebaixamento dos níveis d'água subterrâneos, o qual foi promovido pelo canal do DNOS, pode ser estimado entre 2,0 m a 5,0 m no trecho entre as estacas 0+000 m e 10+000 m (Figura 67).

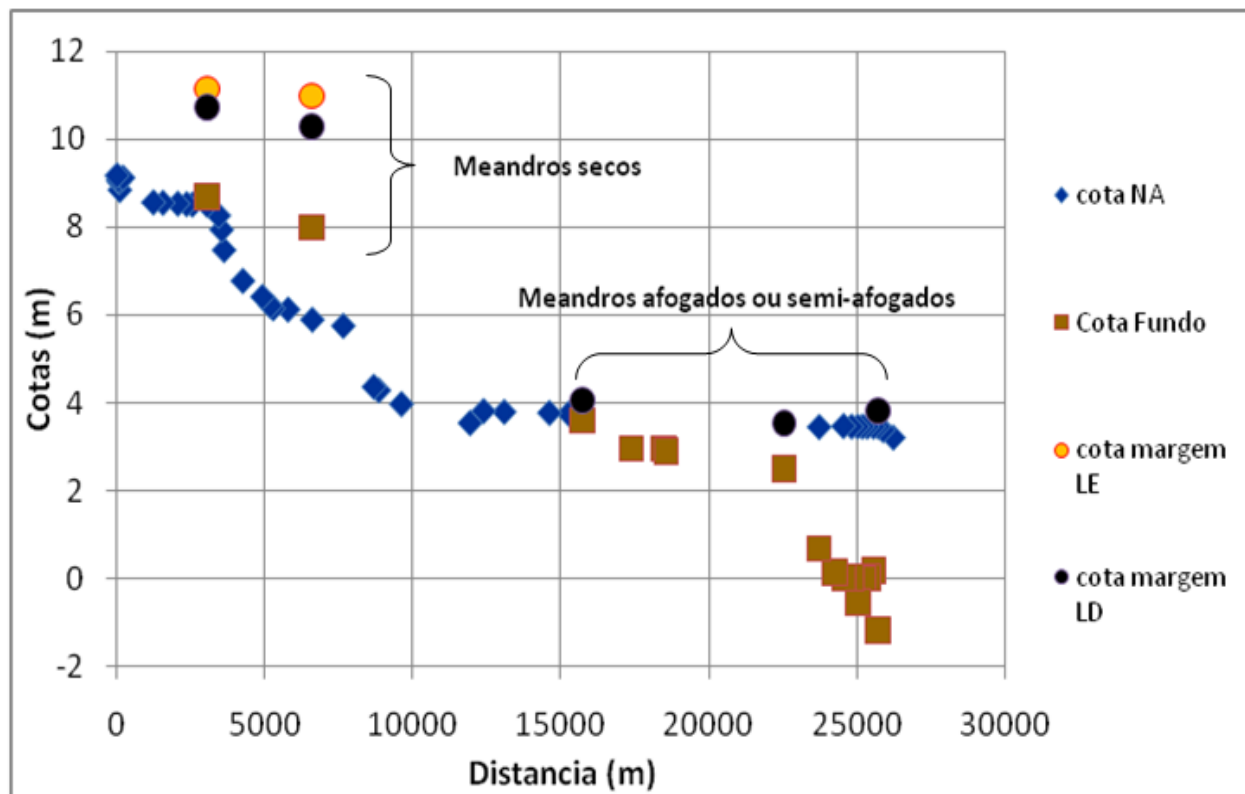


Figura 67 - Perfil atual da linha d'água no canal do DNOS e amplitude de cotas
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Além de afetar o comportamento dos aquíferos, através do aumento das taxas de descarga e da depleção permanente dos níveis de água subterrânea, a rede de canais construídos favorece a captação e o escoamento das águas superficiais, modificando de certa forma o comportamento hidrológico superficial da bacia hidrográfica.

✓ **Concepção**

A concepção das intervenções estruturais, as quais adiante serão propostas, baseou-se na identificação e análise dos impactos hídricos e ambientais na APA do Banhado Grande.

Além dos efeitos hidro geológicos anteriormente citados, os quais são decorrentes principalmente da construção do canal do DNOS, verificou-se em campo uma acentuada erosão no trecho de montante da área, processo que já havia sido identificado e analisado anteriormente por Etchelar (2014).

Com o objetivo de restaurar a região que anteriormente constituía um contínuo ecológico entre o exutório do Banhado Grande e a Lagoa da Anastácia foram concebidos mini barramentos ao longo do Rio Gravataí. Para tal efeito, considera-se que é necessária a saturação do solo de modo a permitir condições mínimas para a viabilidade do ecossistema.

O efeito principal atingido pelos barramentos é a elevação dos níveis médios dentro do canal principal do Rio Gravataí, proporcionando as condições de saturação supracitadas.

O segundo efeito benéfico para a proteção do Banhado Grande é a redução das velocidades médias no Rio Gravataí, desta forma reduzindo a capacidade erosiva incrementada artificialmente após a retificação do rio (canal do DNOS).

Na inspeção de campo verificou-se que ocorreu um alargamento acelerado do canal do DNOS, bem como a instalação de voçorocas laterais ao mesmo, além de tubos de erosão subterrânea (*piping*) nas margens e trechos de deposição acentuada de sedimentos no leito do canal.

Nos trechos do canal que estão sendo assoreados, observa-se que ocorre uma elevação localizada dos níveis d'água, sendo que o canal deixa de ser retilíneo, tendendo à antiga forma de meandros. Com o objetivo de avaliar a intensidade e a distribuição dos processos de erosão e assoreamento, examinou-se o perfil longitudinal do Canal do DNOS, tendo-se identificado que:

- Os sedimentos depositam-se no final dos trechos de maior declividade (3,0 m/1000 m), sempre que o fundo do canal se torna plano ou pouco declivoso.
- Nas zonas de assoreamento, os sedimentos depositados no fundo do canal (carga móvel) atingem espessuras superiores a 2,0 m.
- O trecho com maior carga de sedimentos depositados no leito do canal, tanto por deposição/assoreamento, como por colapso das margens adjacentes, situa-se entre as estacas 5+000 m e 16+000 m.

A deposição e assoreamento do canal no trecho entre as estacas 6+000 e 15+000m são observáveis na Figura 68, a qual permite uma avaliação preliminar do volume de sedimentos depositados no fundo do canal.

Estimando-se uma espessura média de 1,50 m de sedimentos de fundo, bem como uma largura de 30 m para o canal no trecho entre as estacas 5+000 m e 16+000 m (vide seções transversais), chega-se a um volume de 495.000 m³ de sedimentos de fundo.

Resultados quantitativos anteriores, os quais foram obtidos por Etchelar (2014) para apenas uma voçoroca na margem direita do canal em torno da estaca 3+000 m, indicam que a área erosiva desta voçoroca aumentou, entre 2003 e 2012, de 1.409 para 8.814 hectares.

Isto significa que, para cada centímetro de remoção erosiva do perfil do terreno na área de expansão da voçoroca, a produção de sedimentos para o canal é superior a 750.000 m³.

Estes dados bibliográficos, assim como a inspeção de campo e o exame do perfil do canal do DNOS, apontam no sentido de uma erosão linear acelerada a montante e um grande aporte de sedimentos ao canal.

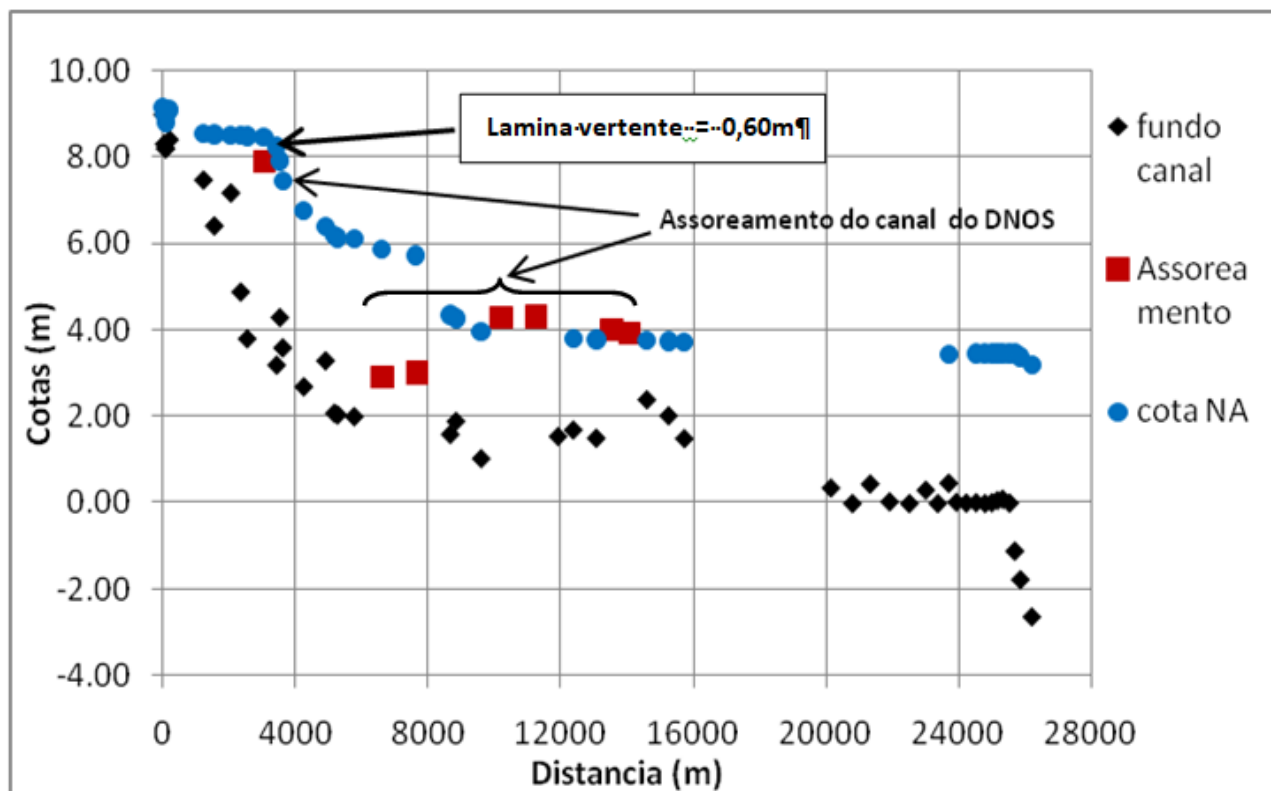


Figura 68 - Perfil longitudinal do Canal do DNOS com assoreamento
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Em vista dos processos hídricos e ambientais identificados, as intervenções estruturais foram concebidas para atender os seguintes critérios:

- Reativação dos antigos meandros naturais e restauração do ecossistema aquático.
- Restauração das reservas hídricas subterrâneas.
- Minimização dos efeitos antrópicos nos fluxos d'água superficial e subterrânea.
- Minimização dos processos erosivos subterrâneos e superficiais.

Considerando-se as características da região, a minimização dos custos de construção e redução ao máximo da necessidade de manutenção assim como do impacto estético da área foram propostas barragens executadas em gabiões tipo caixa.

Tais barragens terão sua soleira vertente significativamente abaixo do nível da planície de inundação, ficando frequentemente submersas.

Além da elevação dos níveis médios devem ser observadas condições mínimas em critérios hidrológicos e ambientais de modo a reduzir eventuais impactos negativos em tais áreas.

Para tal devem ser observadas: a manutenção das vazões mínimas para manutenção dos ecossistemas aquáticos e a existência de condições hidráulicas para transposição de fauna do rio. As condições mínimas para transporte de sedimentos também devem ser observadas.

✓ **Critérios Ecológicos**

Desconhecendo-se as características específicas de locomoção da fauna aquática neste trecho específico do Rio Gravataí, serão utilizados como critérios ecológicos parâmetros comuns encontrados na literatura.

As condições hidráulicas a serem atendidas dizem respeito à profundidade mínima para locomoção, velocidade máxima (de contra fluxo) e condições de turbulência máximas, conforme listados a seguir:

- Profundidade hidráulica mínima para locomoção de fauna: 30 cm
- Velocidade máxima para travessia (velocidade de explosão): 2,50 m/s
- Distância máxima para travessia individual (20 s) = 50 m
- Dissipação de energia e turbulência mínima = Ressalto Ondulado (Froude $\leq 1,7$)

✓ **Critérios Hidráulicos/Hidrológicos**

Além dos critérios ecológicos deve-se observar a capacidade do barramento de: atender as vazões mínimas para manutenção da qualidade d'água e permitir a fluxo de sedimentos ao longo do curso do rio de modo a não se agravar os problemas de erosão.

Para atender tais critérios propõe-se que os minis barramentos possuam um descarregador.

- Descarregador: Tubo de Concreto DN300 (x1), altura da entrada elevada em 500 mm.
- Vazão mínima para passagem de fauna: 500 l/s (menor que $Q_{99\%}$ para qualquer trecho).

A Figura 69 apresenta o comportamento dos barramentos para as diferentes condições hidráulicas.

A Figura 70 mostra a localização do Canal do DNOS, o qual coincide aproximadamente com o limite municipal de Gravataí, Glorinha e Viamão.

As áreas úmidas interconectadas, nas quais se insere o Banhado Grande, além destes municípios, encontra-se também localizado em Santo Antônio da Patrulha.

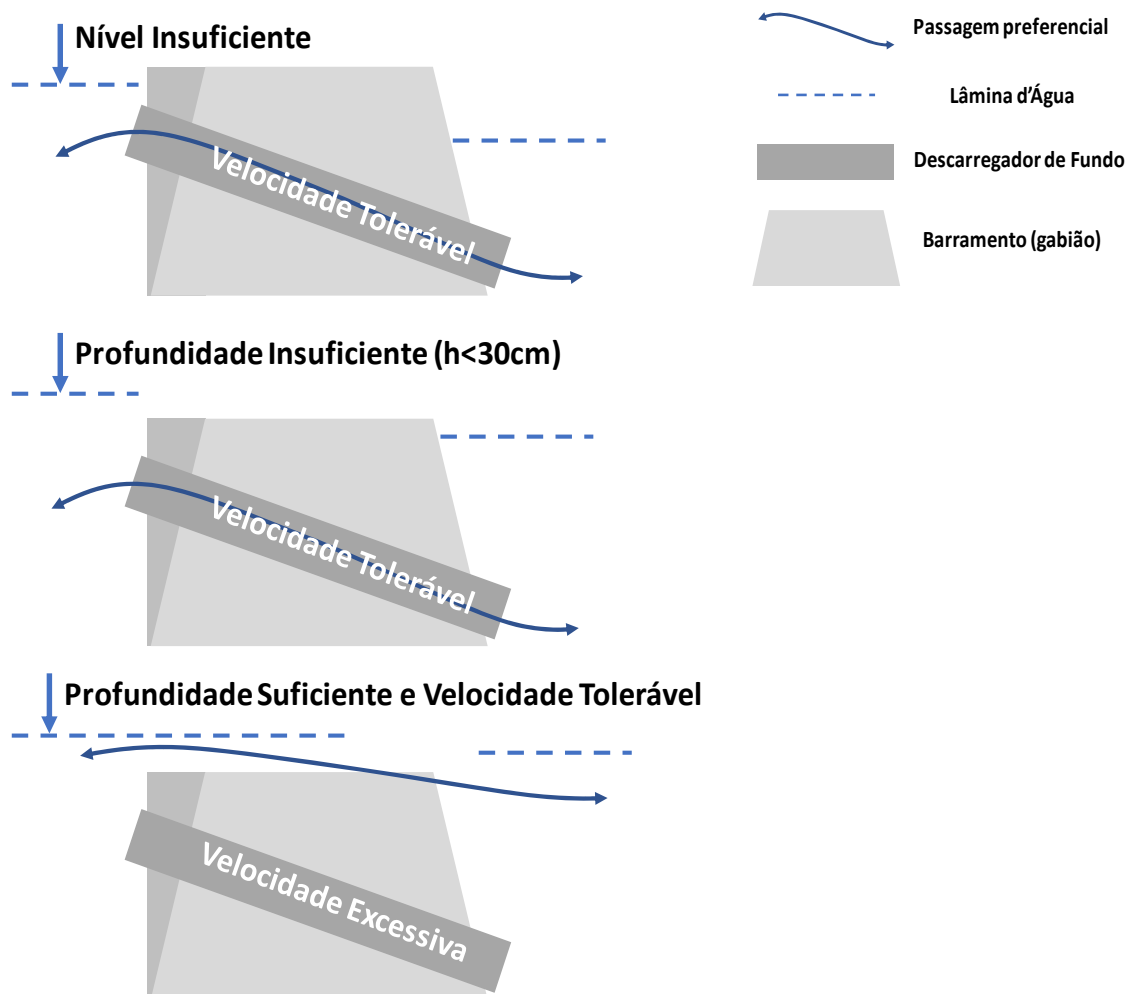
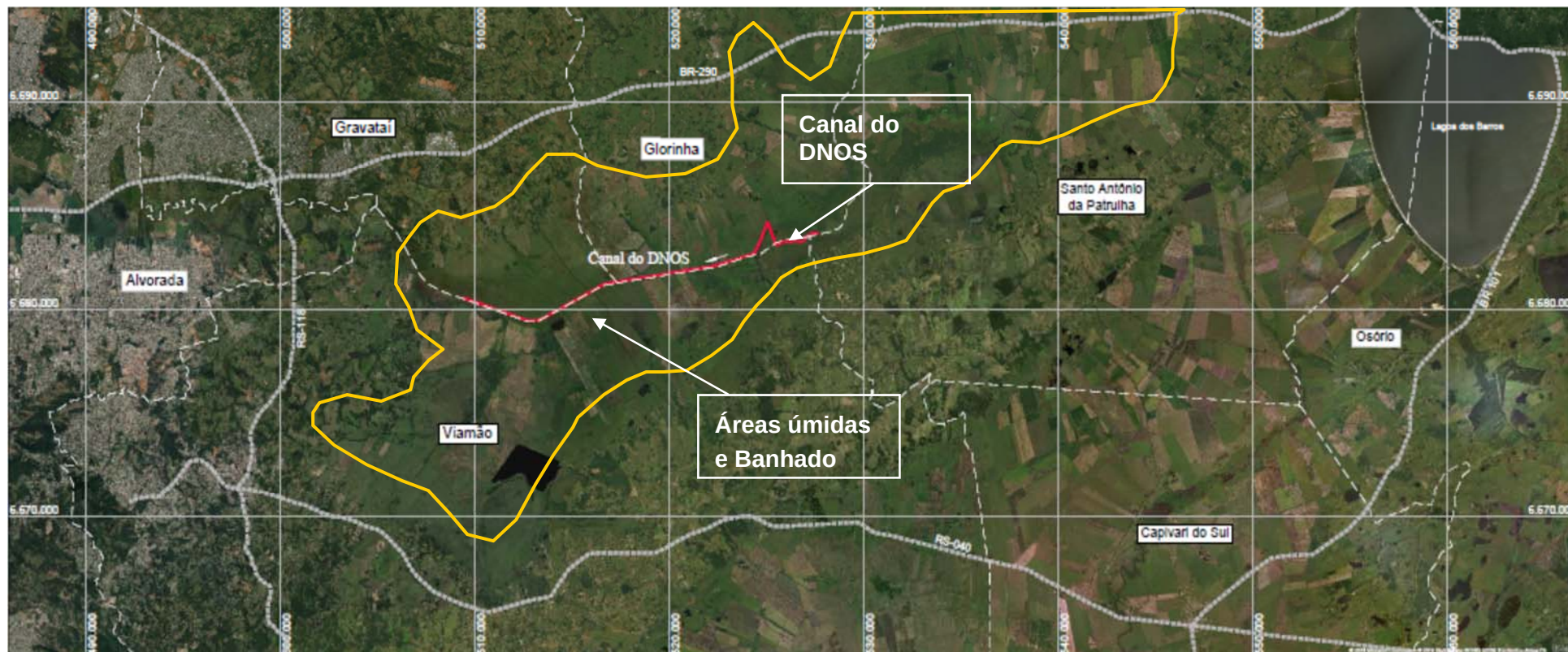


Figura 69 - Diferentes condições hidráulicas para passagem de fauna.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí



*Figura 70 - Localização do Canal do DNOS (em vermelho)
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

✓ **Intervenções estruturais propostas (localização, seções e plantas-tipo)**

Buscando atender os critérios de projeto citados, optou-se pela alternativa de pequenos barramentos galgáveis posicionados de forma escalonada ao longo do Canal do DNOS, os quais deverão promover a elevação generalizada dos níveis de água subterrânea, bem como a redução dos processos erosivos subterrâneos e superficial.

A elevação dos níveis d'água permitirá a reativação dos antigos meandros fluviais, os quais se encontram em parte secos, bem como a progressiva restauração dos ecossistemas aquáticos.

A localização e as características geométricas destes barramentos encontram-se indicadas no Quadro 56 e na Figura 71.

Quadro 56 - Localização e características geométricas dos barramentos galgáveis

Barr.	Estaca	Cotas				Larguras			
		Terreno LE	Talvegue	Terreno LD	Vertedor	Ombreira esq.	Fundo Canal	Ombreira dir	Total
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	1+040	9,00	7,50	9,00	8,00	19,00	14,70	38,00	71,70
2	1+400	9,00	7,50	9,00	7,50	7,50	17,00	20,00	44,50
3	3+630	8,00	3,50	8,50	7,00	21,60	17,00	24,1	62,70
4	4+000	8,00	2,80	8,00	6,50	24,00	14,00	25,6	63,60
5	5+580	7,00	2,50	8,00	6,00	22,50	25,00	21,2	68,70
6	6+020	7,00	2,00	7,10	5,50	25,20	30,00	25,5	80,70
7	9+050	6,00	2,00	6,20	5,00	21,90	25,00	23,3	70,20
8	12+000	4,60	1,40	4,10	4,50	13,00	35,00	13,50	61,50
9	12+400	4,00	1,50	4,20	4,00	12,30	30,00	12,2	54,50
10	13+000	4,20	1,50	4,00	3,50	12,00	35,00	12,5	59,50
11	15+000	4,30	1,00	4,50	3,00	15,90	25,00	16,70	57,60
12	18+800	3,10	0,00	3,00	2,50	12,20	27,00	20,90	60,10
13	20+600	2,00	0,00	1,00	2,00	20,00	50,00	20,00	90,00
14(*)	24+020	-	-	-	-	-	-	-	-
15(*)	25+135	-	-	-	-	-	-	-	-

(*)Deve ser avaliada a necessidade na etapa de projeto básico.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os barramentos 14 e 15, localizados nas estacas 24+020 e 25+135 km devem ter a sua necessidade verificada nas etapas de projeto básico.

A região apresenta declividades baixas, portanto, num primeiro momento não se verificou a necessidade de implantação destas unidades num contexto global para a diminuição do gradiente hidráulico e consequente diminuição dos processos erosivos.

No entanto, através do relato da comunidade local, foi indicada a necessidade de reativação de meandros, uma vez parcialmente desativados após a construção do canal do DNOS.



*Figura 71 - Localização dos pequenos barramentos galgáveis
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí*

As cotas de fundo do canal do DNOS e dos meandros devem ser levantadas com maior grau de detalhe, para que se possa verificar a necessidade destes barramentos. O intuito de tais mini barramentos é a reativação dos meandros no local, por isso a necessidade de realização de um levantamento topobatimétrico detalhado nesses locais para a averiguação da diferença de cotas do canal do DNOS e dos meandros.

Os barramentos serão construídos em gabiões tipo caixa, os quais serão montados e preenchidos manualmente com rachão nos próprios locais de barramento. A vedação de montante será feita com o próprio solo local, o qual será escavado e espalhado sem controle de compactação com escavadeira hidráulica. Não haverá, portanto, a necessidade de exploração de jazidas e transporte de solos. Na interface aterro-gabião será colocada uma manta geotêxtil para evitar a mobilização de finos.

As seções-tipo e a planta baixa dos barramentos são apresentadas na Figura 72, Figura 73 e Figura 74.

As alturas dos barramentos em relação ao fundo atual do canal são apresentadas no Quadro 57.

Quadro 57 - Altura dos barramentos acima do fundo do canal

Barramento	Estaca	Talvegue	Crista vertedor	Altura barramento (em relação ao fundo)
		(m)	(m)	(m)
1	1+040	7,50	8,00	0,50
2	1+400	7,50	7,50	0,00
3	3+630	3,50	7,00	3,50
4	4+000	2,80	6,50	3,70
5	5+580	2,50	6,00	3,50
6	6+020	2,00	5,50	3,50
7	9+050	2,00	5,00	3,00
8	12+000	1,40	4,50	3,10
9	12+400	1,50	4,00	2,50
10	13+000	1,50	3,50	2,00
11	15+000	1,00	3,00	2,00
12	18+800	0,00	2,50	2,50
13	20+600	0,00	2,00	2,00
14(*)	24+020			
15(*)	25+135			

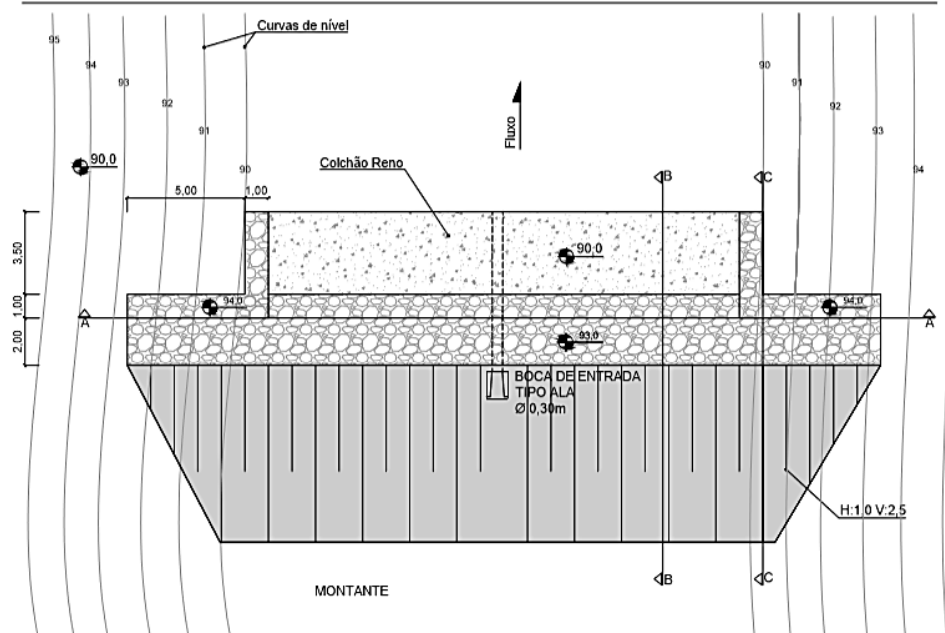
(*)Deve ser avaliada a necessidade na etapa de projeto básico.

Obs: além da altura indicada em relação à cota de fundo do canal, deve ser ainda feita a remoção dos sedimentos de fundo para a impermeabilização das fundações, de forma que a altura final do barramento será maior do que a acima indicada.

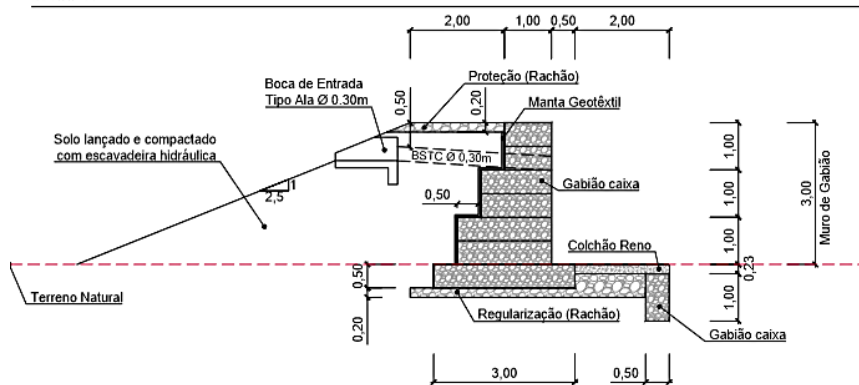
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os efeitos destes pequenos barramentos galgáveis, embora nitidamente favoráveis e adequados à recuperação hídrica e ambiental da APA do Banhado Grande, **devem ser monitorados no seu período operacional, de forma a permitir que seja detectada a necessidade e efetuados ajustes localizados para melhorar a sua eficiência.**

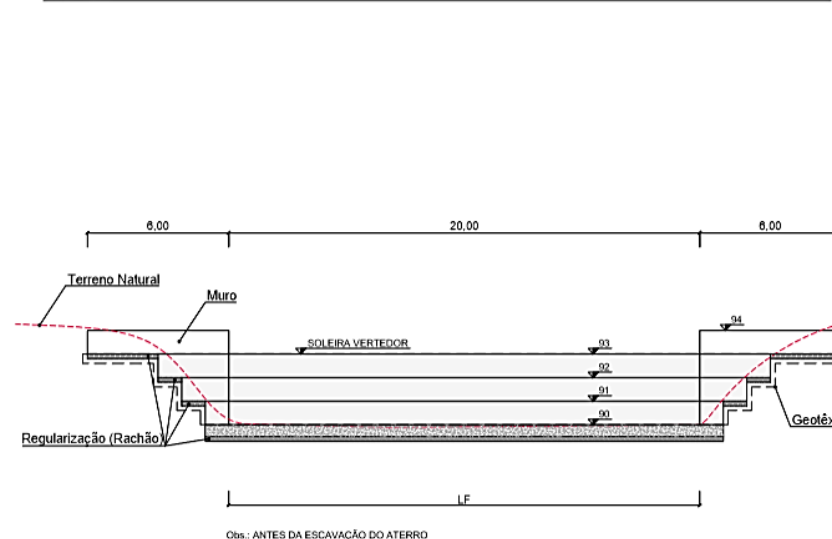
PLANTA BAIXA
ESC.: 1/200



SEÇÃO - Corte BB
ESC.: 1/400



CORTE AA
ESC.: 1/200



SEÇÃO - Corte CC
ESC.: 1/400

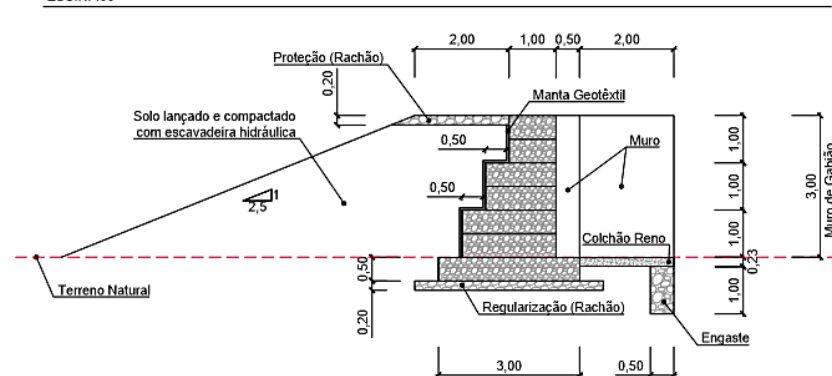
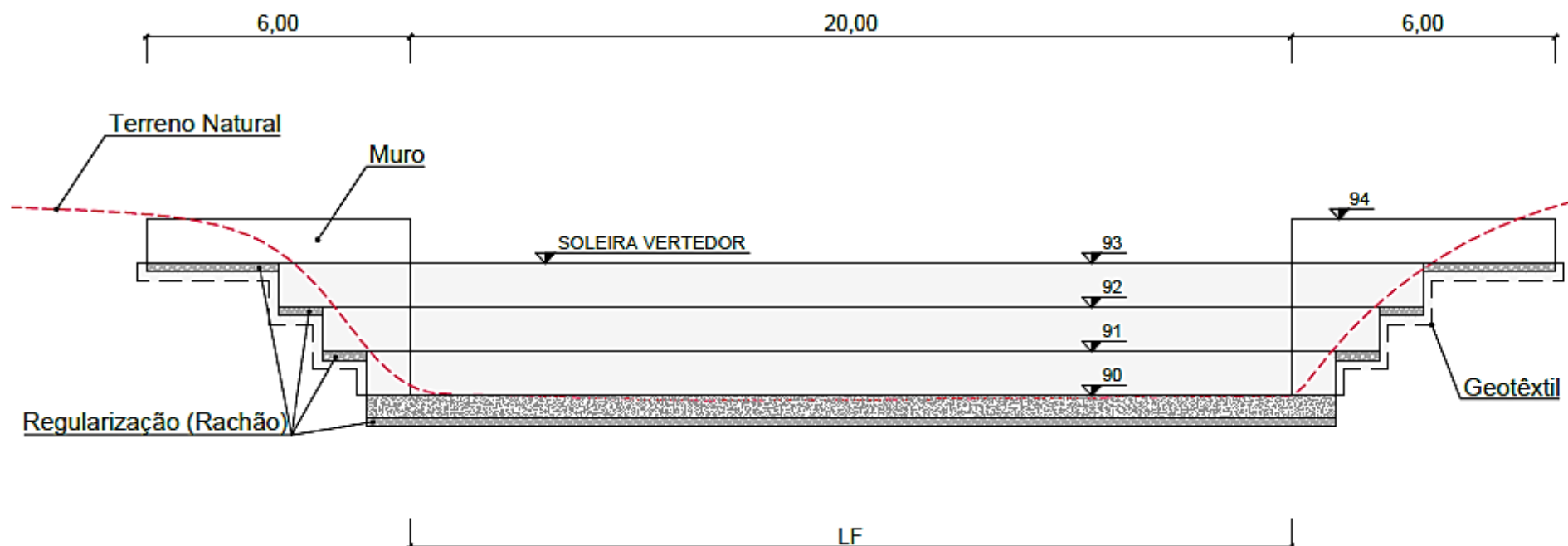


Figura 72 - Seção transversal tipo dos barramentos galgáveis em Gabiões
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Figura 73 - Planta-baixa tipo dos barramentos galvâneos em gabiões
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí



Obs.: ANTES DA ESCAVAÇÃO DO ATERRO

Figura 74 - Seção-tipo longitudinal dos barramentos galgáveis em gabiões.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ **Métodos construtivos e quantitativos**

As obras propostas têm os quantitativos indicados no Quadro 58.

Quadro 58 - Quantitativos dos barramentos galgáveis em gabiões.

Item	Itens de custo	Unidade	Quantidade
1	Gabiões tipo caixa (0,50 m x 1,00 m x 1,50m)	m ³	5.152,00
2	Colchão Reno dimensões (0,23 m x 2,00 m x 3,00 m)	m ²	1.724,00
3	Rachão para preenchimento manual dos gabiões e colchão reno	m ³	5.549,00
4	Tubo de Concreto Armado p/Águas Pluviais Classe 300 PA4	m	300,00
5	Boca Normal - Bueiro Simples Tubular de Concreto	un	34
6	Manta geotextil tipo bidim OP-40 ou similar	m ²	2.000,00
7	Supressão vegetal, destocamento, remoção camada vegetal até 0,30m de profundidade	m ²	6.800,00
8	Escavação em material de 1ª. Categoria	m ³	3.597,00
9	Aterro em rachão com 0,50m de espessura executado com escavadeira hidráulica para regularização das fundações	m ³	930,00
10	Aterro com solo local lançado e espalhado com escavadeira hidráulica	m ³	8.447,00

Obs.1: Para cálculo do custo do rachão, normalmente vendido por R\$ 26,00 por tonelada na região metropolitana de Porto Alegre - RS, considerar para os gabiões uma massa específica aparente de 18 ton/m³ para o rachão já colocado manualmente nas caixas e colchão Reno.

Obs.2: Para o aterro em rachão com 0,50 m de espessura, o custo inclui o fornecimento do material e a execução do aterro lançado e compactado com escavadeira hidráulica ou trator de esteira.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Os procedimentos e a sequência construtiva A seguir são indicados

- **Limpeza:** Será feita a supressão vegetal, destocamento e a remoção camada vegetal até 0,30 m de profundidade em toda a área emersa das fundações do barramento.
- **Ensecadeiras e desvio do canal:** As ensecadeiras poderão ser parciais e alternadas (duas etapas), ou ainda totais (uma etapa), neste último caso é necessária a construção de um desvio lateral do canal. As ensecadeiras serão construídas com o próprio solo local, com o solo a ser removido do eventual canal de desvio.
As ensecadeiras, terão taludes 1 V : 2,5 H e 4,0 m de largura de plataforma. A vedação destas ensecadeiras será construída por montante, utilizando-se para isso solos locais com no mínimo 10% de argila.
- **Escavações:** As escavações, tanto das fundações da estrutura em gabiões como da obra de terra, serão executadas em toda a área do barramento e bacia de dissipação até que seja atingida a rocha ou camada com capacidade de suporte e deformabilidades adequadas à obra em gabiões. No final da bacia de dissipação deverá ser feita a escavação de trincheira para a colocação de um dente em gabiões, ao qual será solidarizado o colchão Reno.
- **Tratamento e regularização das fundações:** As fundações do trecho em gabiões e colchão Reno serão regularizadas com rachão com 0,50 m de espessura, o qual será colocado e compactado com escavadeira hidráulica

- **Estrutura em gabiões:** a estrutura em Gabiões tipo caixa (0,5 m x 1,0m x 1,5 m) e colchão Reno (0,23 m x 2,0m x 3,0 m) serão montadas e preenchidas manualmente com rachão. Especial atenção deverá ser dada a amarração e solidarização dos elementos individuais em gabiões. Toda a face de montante desta estrutura, na interface com o aterro, deverá ser recoberta com manta geotêxtil tipo bidim OP-40 ou similar.
- **Aterro de montante:** O aterro de montante da barragem será construído com talude 1 V : 2,5 H (vide seção-tipo), com o mesmo material local proveniente das escavações.
- **Fechamento do desvio:** Nos locais onde foi executado o desvio lateral do canal do DNOS, deverá ser feito o fechamento do desvio com o mesmo solo local e sem compactação.

Os desenhos dos anteprojetos dos minis barramentos são apresentados no anexo 5.5.6.

3.10.3 Orçamento das Obras para Revitalização das Áreas Degradadas

Para estimar os custos de implantação de mini barramentos para a revitalização das áreas degradadas, foram consultadas as tabelas de custo do SINAPI, SICRO e DAER/RS. No Quadro 59 está apresentado o levantamento dos custos.

Para cálculo do custo do rachão, considerou-se para os gabiões uma massa específica aparente de 18 t/m³ para o rachão já colocado manualmente nas caixas e colchão Reno.

Para o aterro em rachão com 0,50 m de espessura, o custo inclui o fornecimento do material e a execução do aterro lançado e compactado com escavadeira hidráulica ou trator de esteira.

O orçamento leva em consideração os seguintes procedimentos e técnica construtiva:

- Limpeza do terreno;
- Ensecadeiras e desvio do canal;
- Escavações;
- Tratamento e regularização das fundações;
- Estrutura em gabiões;
- Aterro de montante;
- Fechamento do desvio.

Os custos foram apresentados sem a inclusão da composição do BDI, sendo tal elemento incorporado na etapa de análise da viabilidade do cenário. Os mini barramentos 14 e 15 não tiveram o seu custo incluído nesta fase de concepção.

Quadro 59 - Orçamento dos Mini - barramentos

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unidade	Valor Unit.	Total
1	SINAPI 92743	Muro de gabião, enchimento com pedra de mão tipo rachão, de gravidade, com gaiolas de comprimento igual a 2 metros, altura do muro de até 4 metros - fornecimento e execução. Af 12/2015	5.152,00	m³	404,09	2.081.871,68
2	DAER 7076	Execução gabião colchão reno H=0,23m - inclusive transporte	1.724,00	m²	651,2	1.122.668,80
3	SINAPI 83665	Fornecimento e instalação de manta bidim rt - 14	2.000,00	m²	6,57	13.140,00
4	-	Rachão para preenchimento manual dos gabiões e colchão reno	5.549,00	m³	(Incluso no item Gabião)	
5	DAER 8009	Transporte rachão Y=3,73Xs+1,59Xr+1,10Xp+2,32(Xs=1, Xr=10 e Xp=2 em km)	5548,52	m³	24,15	133.996,76
6	SINAPI 73672	Desmatamento e limpeza mecanizada de terreno com arvores até ø 15cm, utilizando trator de esteiras	6.800,00	m²	0,32	2.176,00
7	DAER 2	Destocamento árvores c/ d>30cm	500,00	Unidade	73,9	36.950,00
8	DAER 3	Desgalhamento, corte em toras e empilhamento de árvores	2.500,00	m³	103,96	259.900,00
9	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	3.597,00	m³	2,24	8.057,28
10	DAER 839	Fornecimento rachão enchimento brita e camada bloqueio - exclusive transporte	3438	m³	33,01	113.488,38
11	DAER 840	Execução rachão - exclusive mat e transporte	3438	m³	3,63	12.479,94
12	DAER 8009	Transporte rachão Y=3,73Xs+1,59Xr+1,10Xp+2,32(Xs=1, Xr=10 e Xp=2 em km)	3438	m³	24,15	83.027,70
13	SINAPI 72961	Regularização e Compactação de Subleito até 20 cm de Espessura	5158,666667	m²	1,18	6.087,23
14	SINAPI 83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m³	8.447,00	m³	2,24	18.921,28
15	DAER 131	Espalhamento bota-fora		m³	1,48	12.501,56

Fonte: DAER: Base maio/2017; SINAPI: Base fevereiro/2018; Consórcio METROPLAN Bacia do Rio Gravataí.

Quadro 60 - Itens relativo ao apoio técnico e valor total das obras dos mini barramentos

Item	Base de Custo	Descrição	Quant.	Unidade	Valor Unit.	Total (sem BDI)
16	SINAPI 78472	Serviços Topográficos para Pavimentação, Inclusive Nota de Serviços, Acompanhamento e Greide	5.158,67	m²	0,35	1.805,53
17	Estimativa	Projeto Executivo	2,34	%		91.425,49
18	Estimativa	Licenciamentos	1,50	%		58.606,08
19	Estimativa	Instalação e Canteiro de Obras	1,50	%		58.606,08
20	Estimativa	Administração Local da Obra	4,04	%		157.845,71
21	Estimativa	Controle tecnológico dos Serviços e Materiais	0,60	%		23.442,43
TOTAL						4.296.997,94

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.11 Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta - Alternativa Única

3.11.1 Diagnóstico do Sistema Atual

✓ SEMA/RS

A Sala de Situação da SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável funciona como um centro de prevenção, monitoramento e mapeamento de eventos hidrológicos integrado à Agência Nacional de Águas. Sua missão é contribuir para a gestão integrada de bacias hidrográficas e identificação de ocorrência de eventos extremos, mediante acompanhamento e previsão das condições hidrometeorológicas, com o fim de minimizar os efeitos adversos de secas e inundações. A operação da sala de situação é feita pela SOMAR Meteorologia, uma empresa contratada pela SEMA.

A Sala de Situação é resultado de um Acordo de Cooperação Técnica, firmado entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e a SEMA, no dia 18 de janeiro de 2013. Atualmente a sala de situação da SEMA trabalha com as seguintes ações:

- Previsão hidrometeorológica;
- Emissão de boletins (diários, semanais e mensais);
- Emissão de avisos à Defesa Civil;
- Plantão em eventos hidrológicos extremos;
- Relatórios de eventos críticos ocorridos;
- Estudos dos pontos mais recorrentes de inundação;
- Estabelecimento de limiares de alerta de eventos extremos.

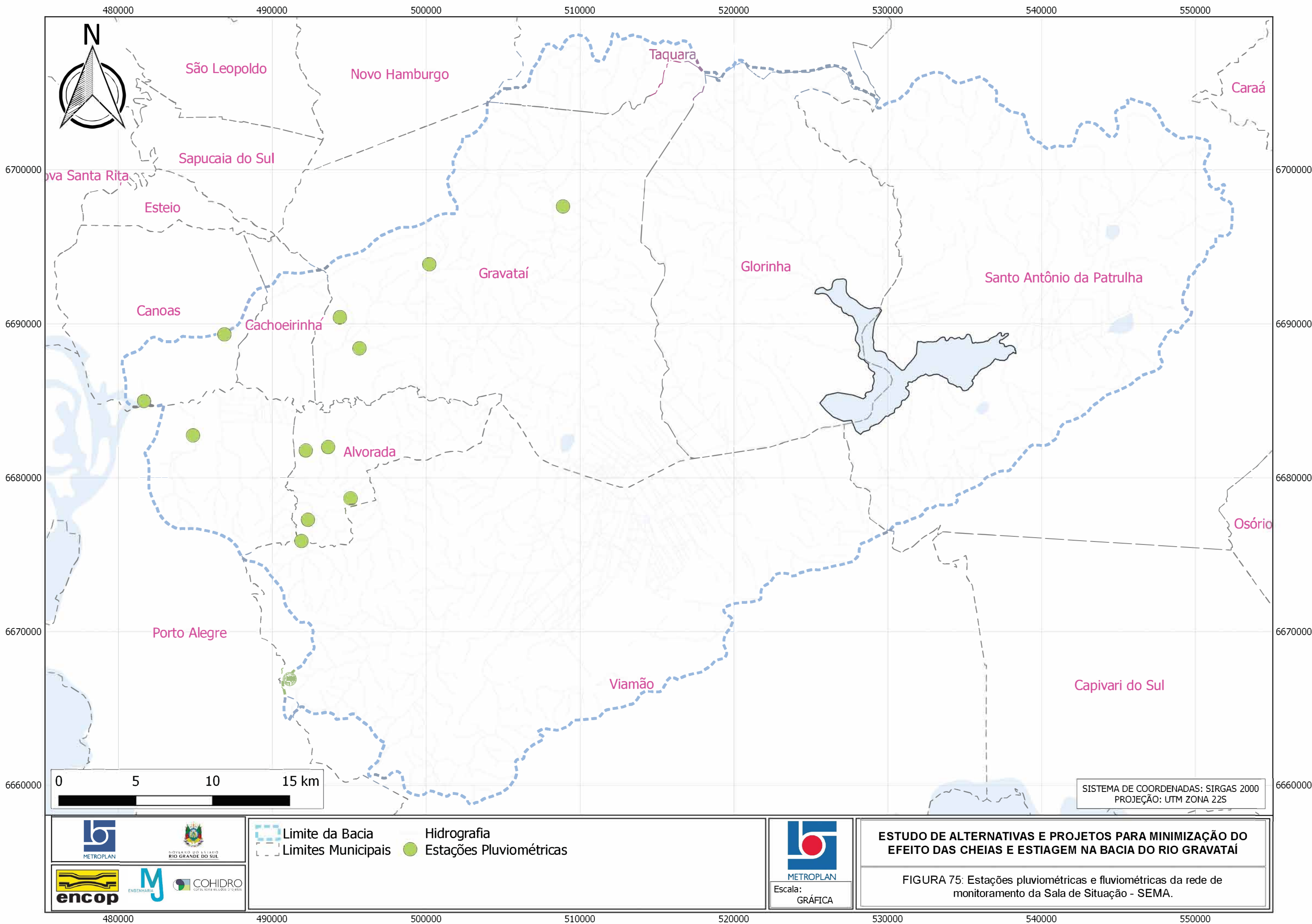
Dentro das ações futuras buscadas pela sala de situação têm-se a ampliação da rede hidrométrica do estado e o mapeamento das áreas de risco de inundação. Dentro destes objetivos futuros, as áreas de risco identificadas no presente estudo na bacia hidrográfica do Rio Gravataí fornecerão importantes subsídios para o aprimoramento do trabalho da Sala de Situação da SEMA.

Atualmente a Sala de Situação utiliza o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações do estado do Rio Grande do Sul para identificação das áreas de risco, que foi um trabalho desenvolvido pela DIPLA (Divisão de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - SEMA) em parceria com a ANA (Agência Nacional de Águas).

O monitoramento é feito por uma rede composta por estações que medem o nível dos rios e a quantidade de chuva, via comunicação telemétrica por satélite. Esta rede é integrada ao Sistema Nacional de Monitoramento Hidrometeorológico.

Nas bacias hidrográficas do Gravataí a rede pluviométrica é constituída em sua totalidade pelas estações com medições horárias do CEMADEN. O total de estações pluviométricas na Bacia do Rio Gravataí é 11. A distribuição das estações está concentrada em regiões mais densamente urbanizadas a jusante, sendo que a bacia do Rio Gravataí não possui nenhuma estação em suas partes mais a montante.

Em relação ao monitoramento horário do nível dos rios, não existe nenhuma estação na Bacia do Rio Gravataí. A Figura 75 apresenta as estações fluviométricas e pluviométricas componentes da rede de monitoramento da Sala de Situação da SEMA.



A previsão meteorológica utilizada pela Sala de Situação é obtida a partir do modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*), na qual são utilizados produtos nas resoluções de 2,5 e 15 km.

Em relação à previsão nos rios, atualmente a Sala de Situação está em fase de calibração do modelo MGB-IPH para todo o Rio Grande do Sul, na qual os dados de entrada de chuva no modelo são oriundos do modelo meteorológico WRF, também se utiliza como condição inicial do modelo os dados de monitoramento horário das estações linimétricas.

No entanto, não há estações linimétricas com dados horários na bacia.

Os alertas da Sala de Situação são enviados para a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC), ligada à Casa Militar e órgão central do Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil - SIEPDEC (Decreto nº 51.547, de 3 de junho de 2014).

A CEPDEC por sua vez integra o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), conforme o Decreto nº 7.257, de 04/08/2010, e atua nas fases de prevenção, mitigação, preparação, resposta e reconstrução de cenários, nos desastres naturais ou provocados pelo homem.

Em conjunto com a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, a CEPDEC é responsável por coordenar as ações realizadas pela Defesa Civil dos municípios.

✓ **CEMADEN**

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) foi criado com intuito de, em parceria com várias instituições, implementar, complementar e consolidar a rede de instrumentos meteorológicos, hidrológicos e geotécnicos para monitoramento ambiental.

A principal missão do CEMADEN é monitorar as ameaças naturais em áreas de riscos em municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, além de realizar pesquisas e inovações tecnológicas que possam contribuir para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, com o objetivo final de reduzir o número de vítimas fatais e prejuízos materiais em todo o país.

A Figura 76 mostra todos os municípios monitorados na região sul do Brasil.

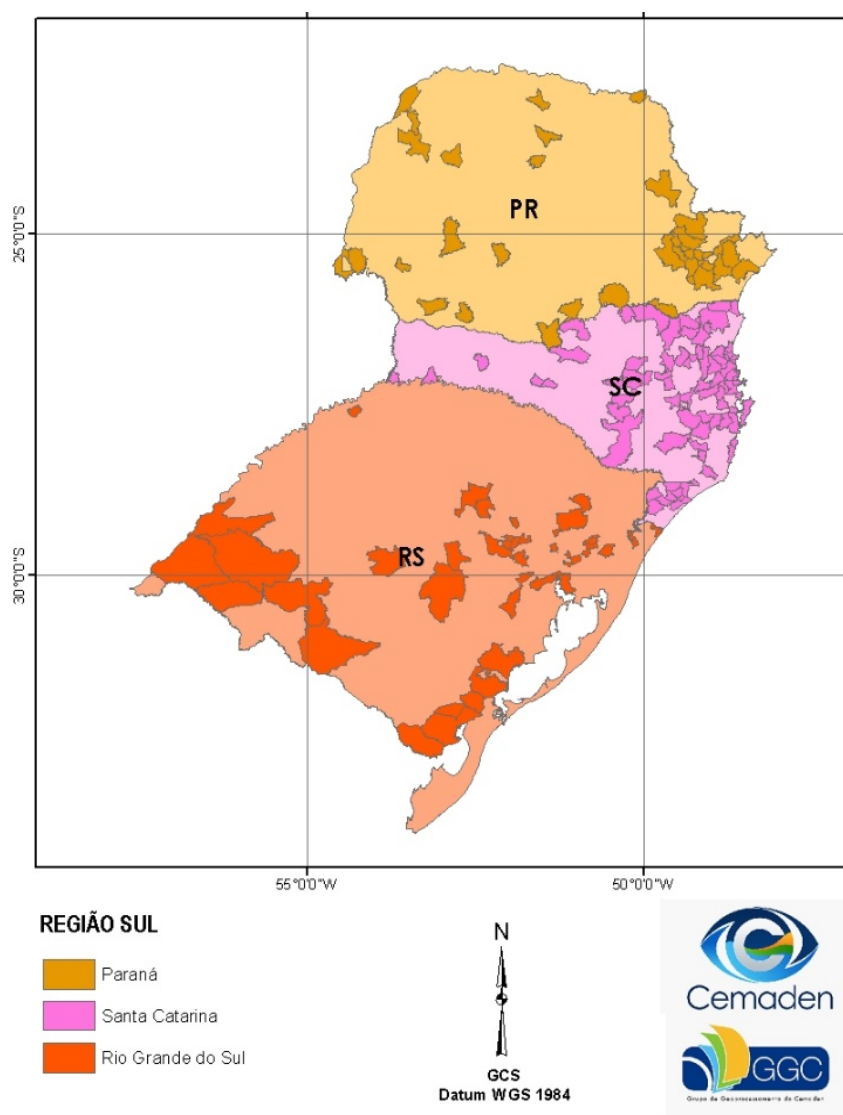


Figura 76 - Municípios monitorados pelo CEMADEN.
Fonte: CEMADEN

Dentro da bacia hidrográfica do Gravataí os municípios monitorados são: Canoas, Cachoeirinha, Alvorada, Viamão, Gravataí e Porto Alegre. Não há estações nos municípios de Glorinha e Santo Antônio da Patrulha.

Em relação ao monitoramento das precipitações pelo CEMADEN, as áreas compreendidas pela bacia hidrográfica do Rio Gravataí é amplamente.

O total de estações pluviométricas na Bacia do Rio Gravataí é 11. A distribuição dos postos está concentrada em regiões a jusante, sendo que a bacia do Rio Gravataí não possui nenhuma estação em suas partes mais a montante.

De acordo com o CEMADEN, o objetivo da rede de monitoramento pluviométrico horário é melhorar o conhecimento sobre as chuvas nos municípios, melhorar a precisão no monitoramento e dos alertas emitidos pelo CEMADEN, contribuir para o aumento da segurança das operações de defesa civil, etc.

Em relação ao monitoramento dos rios, o CEMADEN atualmente dispõe de uma estação limimétrica com dados disponíveis com monitoramento horário na bacia do Rio Gravataí.

As estações linimétricas foram instaladas em municípios monitorados pelo CEMADEN, situados em bacias com rápido tempo de resposta e alta densidade populacional com a finalidade básica de realizar a medida, o armazenamento e a transmissão de dados hidrológicos, essas estações monitoram o nível do rio (usando sensor tipo radar).

A Figura 77 apresenta as estações fluviométricas e pluviométricas componentes da rede de monitoramento do CEMADEN.

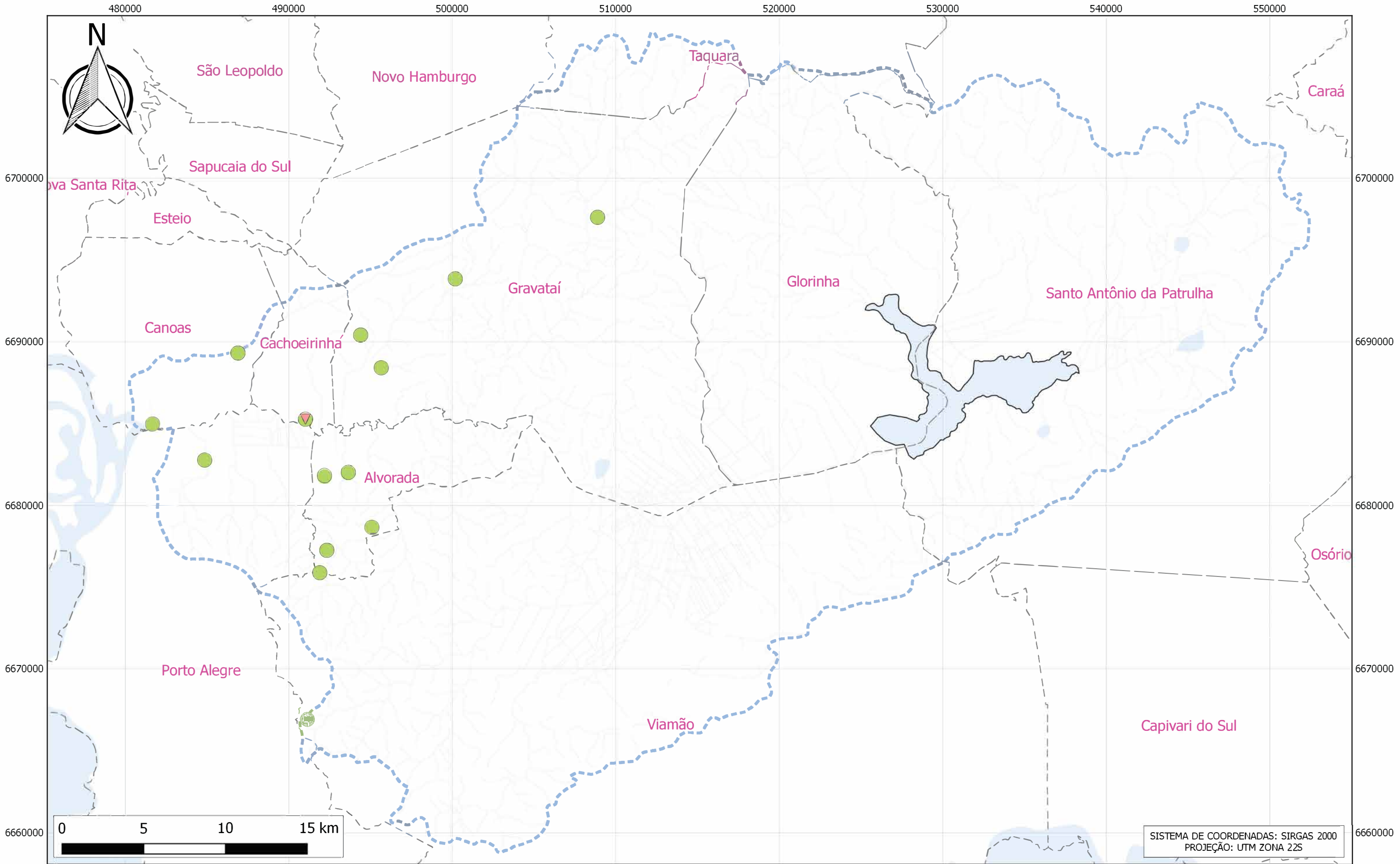
Com base nas informações advindas da rede de monitoramento, em conjunto com dados de monitoramento geotécnico, é possível ao CEMADEN desenvolver sistemas pilotos de alerta de cheias e enxurradas e de alerta de movimentos de massa no Brasil, considerando metodologias que usam observações de precipitação por redes de pluviômetros automáticos e radares meteorológicos, bem como previsões meteorológicas de curtíssimo e curto prazo.

A rede de estações do CEMADEN visa atender a vários propósitos, tais como:

- Melhorar o entendimento do processo de transformação chuva–vazão em bacias de resposta rápida;
- Verificar através de evidências fotográficas a ocorrência de enxurradas e os montantes pluviométricos deflagradores desses eventos;
- Verificar através de evidências fotográficas a ocorrência de solapamento de margens;
- Permitir o ajuste de modelos hidrológicos;
- Auxiliar na emissão de alertas com dados em tempo real;
- Permitir a atualização do modelo hidrológico (assimilação de dados) a partir de informações coletadas em tempo real de maneira a melhorar a confiabilidade das previsões de extremos hidrológicos.

A grande quantidade de informações levantadas em tempo real pelo CEMADEN é analisada pelo Sistema de Alertas e Visualização de Áreas de Risco (SALVAR), que é uma plataforma computacional desenvolvida para monitorar dados ambientais.

Essa plataforma de visualização de áreas de risco, disponibilizada na Sala de Situação, e utilizada pelos operadores que trabalham durante 24 horas por dia, 7 dias por semana, integra diversas bases de dados fornecidos por instituições intragovernamentais e intergovernamentais, bem com aquelas não-governamentais.







 Limite da Bacia

 Limites Municipais

 Hidrografia

 Estações Fluvimétricas

 Estações Pluviométricas



Escala:
GRÁFICA

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS E ESTIAGEM NA BACIA DO RIO GRAVATAÍ

FIGURA 77: Estações Pluviométricas e Fluvimétricas da rede do CEMADEN.

Essa ferramenta facilita a previsão de riscos hidrológicos e geodinâmicos, uma vez que permite combinar em um único ambiente, por exemplo, previsões, dados em tempo real e dados pretéritos, como acumulados de chuva, nível e vazão de rios etc.

Dentro do procedimento de monitoramento, elaboração e emissão de alertas pelo CEMADEN existem quatro diferentes níveis de operação e alerta, sendo eles:

- (i) Observação;
- (ii) Moderado;
- (iii) Alto;
- (iv) Muito Alto, conforme apresentado na Figura 78.



Figura 78 - Alertas emitidos pelo CEMADEN.
Fonte: CEMADEN

O envio de um alerta de risco de desastres naturais é realizado em conjunto com a equipe multidisciplinar após a avaliação do ambiente favorável ao evento. O Protocolo de Ação entre o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD)/Ministério da Integração (MI) e o CEMADEN regulamenta que todo alerta de risco de desastres naturais emitido pelo CEMADEN deverá ser enviado ao CENAD, para se constituir em subsídio fundamental na tomada de ações preventivas de proteção civil, entre outros aspectos legais.

Este procedimento está ilustrado no fluxograma que integra as ações do CEMADEN com seus parceiros apresentado na Figura 79.

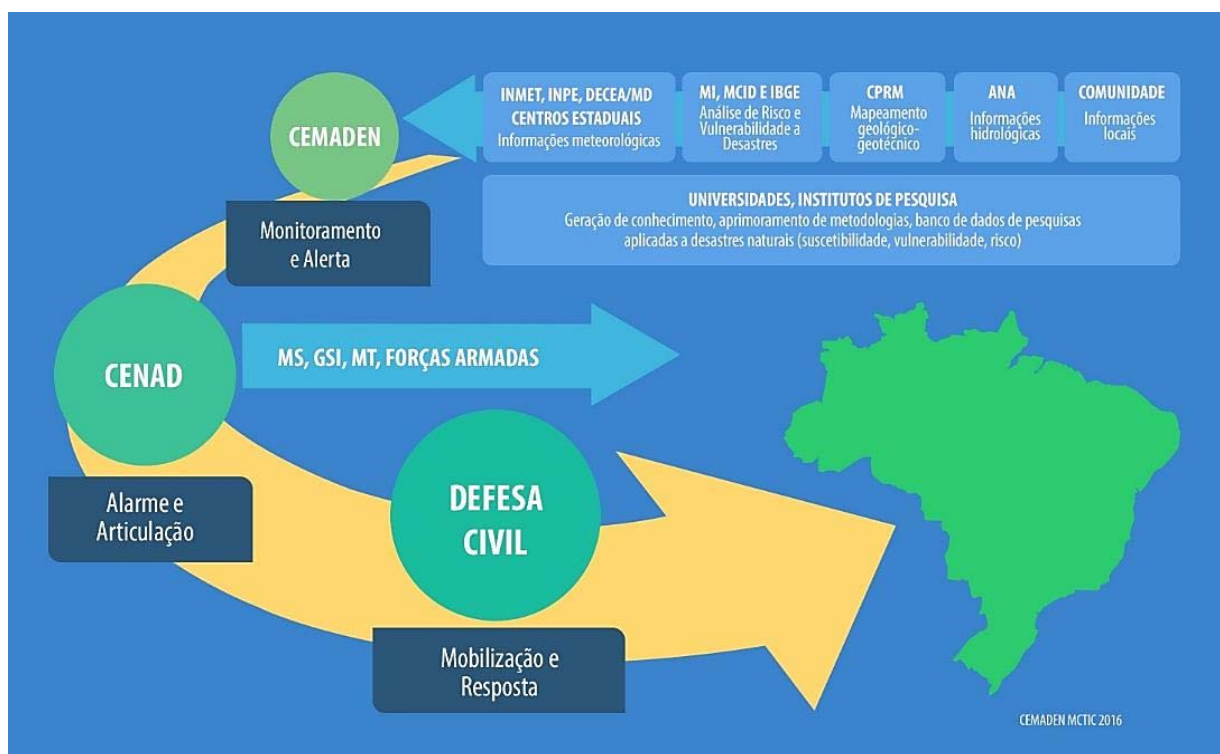


Figura 79 - Fluxograma de ações.

Fonte: CEMADEN

Os alertas são repassados para os órgãos de Defesa Civil Estadual e Municipal, onde os responsáveis iniciam a fase de preparação para o desastre, onde os recursos necessários para a resposta são mobilizados.

Em 2017 foram concluídas duas consultorias, a da Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres e a da Arquitetura do Sistema Integrado de Gestão de Risco de Desastres (SEGIRD). Este Sistema deverá atuar de forma integrada, abrangendo os cinco macroprocessos da gestão de riscos e desastres (Prevenção, Mitigação, Preparação, Resposta e Recuperação) e, com o envolvimento de várias instituições e profissionais das mais diferentes áreas.

Como resultado dos estudos, é proposta a criação de um Centro Integrado de Gestão de Riscos de Desastres (CIGERD) para o Estado do Rio Grande do Sul.

Nesta estrutura deverão estar integradas a Defesa Civil do Estado e um corpo técnico específico oriundo das instituições participantes do SEGIRD.

Assim, estariam alocadas neste Centro as ações de monitoramento e alerta, a Sala de Situação, o Centro de Operações da Defesa Civil, o sistema de hidrometeorologia, profissionais das áreas de meio ambiente (geologia, pedologia, geomorfologia, topografia, recursos hídricos, etc.), de infraestrutura básica (áreas urbanas, rede viárias, pontes, transportes, energia e comunicações, etc.), socioeconômica (sociólogos, economistas, planejadores, etc.) além de informações sobre mapeamento de áreas de risco e de vulnerabilidade, planos de contingência, planos de ações emergenciais e de gestão de crise e resposta a eventos adversos.

Adicionalmente, em situações de anormalidade este centro deverá estar em contato com as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil e com as Defesas Civas municipais.

3.11.2 Proposição de Melhorias - Cenários 1 e 2

✓ Complementação da rede de monitoramento

Conforme descrito, há concentração de postos nas regiões mais densamente urbanizadas a jusante e carência a montante.

As estações pluviométricas com medições horárias são todas da rede do CEMADEN, que tem seus postos concentrados nos municípios de jusante (Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí, Porto Alegre, Sapucaia do Sul e Viamão) e não possui nenhuma estação nas áreas de montante da Bacia do Rio Gravataí.

Propõe-se aparelhar estações pluviométricas já implantadas anteriormente e com dados disponíveis, para possibilitar medições horárias na porção de montante da bacia, conforme apresentado no Quadro 61.

Quadro 61 - Estações Pluviométricas a serem aparelhadas

Dado	Tipo	Nome	Código	Longitude	Latitude	Cidade	Operador
Plu	Diário	Agropecuária Anjú	2950059	524881	6701501	Glorinha	CPRM
Plu	Diário	Faz. N. S. da Conceição	2950062	538648	6685487	Sto. Ant. Patrulha	CPRM
Plu	Diário	Glorinha	2950016	520385	6694185	Gravataí	ANA
Plu	Diário	Lombas	3050008	528733	6676006	Viamão	CPRM
Plu	Diário	Morungava	2950061	508666	6697740	Gravataí	ANA
Plu	Diário	Sto Antônio	2950031	546245	6701310	Sto. Ant. Patrulha	CEEE
Plu	Diário	Sto Antônio da Patrulha	2950060	543609	6699782	Sto. Ant. Patrulha	CPRM

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Não há estações linimétricas com dados horários na bacia. Por este motivo, propõe-se aparelhar estações fluviométricas já implantadas anteriormente e com dados disponíveis, para possibilitar medições horárias na porção de montante da bacia, conforme apresentado no Quadro 62.

Quadro 62 - Estações Fluviométricas a serem aparelhadas

Dado	Tipo	Nome	Código	Longitude	Latitude	Cidade	Operador
Cota	Diário	Banhado Grande	87398700	531388	6685846	Sto. Ant. Patrulha	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Cerâmica Cherubini	87401600	504372	6689679	Gravataí	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Passo das Canoas	87400000	499354	6686013	Gravataí	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Passo das Canoas Auxiliar	87399000	502142	6685159	Gravataí	CPRM
Cota/Vaz	Diário	Passo Grande	87398800	509308	6695307	Glorinha	ANA

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

✓ Modelo Hidrometeorológico para Previsão de curto Prazo

Em relação à previsão nos rios, atualmente a Sala de Situação da SEMA-RS está em fase de calibração do modelo MGB-IPH para todo o Rio Grande do Sul, na qual os dados de entrada de chuva no modelo são oriundos do modelo meteorológico WRF (*Weather Research and Forecasting*, na qual são utilizados produtos nas resoluções de 2,5 e 15 km), e também se utiliza como condição inicial do modelo os dados de monitoramento horário das estações linimétricas.

O modelo é adequado. Há necessidade, apenas, de atualização permanente do modelo à medida que se faz coleta de novos dados e complementação da rede de monitoramento.

Além disto, os resultados de previsão do modelo devem continuar a ser disponibilizados à Defesa Civil, que deverá contar com Programa de Capacitação, para poder interpretar e utilizar as informações de forma adequada.

3.11.3 Orçamento das Melhorias no Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta de Cheias

A melhoria proposta no sistema de monitoramento previsão e alerta de cheias que geram custos **adicionais** foi a melhor estruturação da rede hidrometeorológica da bacia, com a adição e modernização dos equipamentos.

Foi proposto um aprimoramento da rede de monitoramento da bacia, com a inclusão de novas estações de monitoramento pluviométrico e fluviométrico telemétrico, assim como a automatização e telemetrização de estações já existentes. Foram orçados os valores de instalação, e operação e manutenção.

A Sala de Situação do Departamento de Recursos Hídricos da SEMA que realiza o acompanhamento do monitoramento em tempo real, utiliza modelos de previsão e emite alertas de cheias já se encontra em funcionamento, portanto não se propõe um aumento de custos de funcionamento desse departamento do estado, somente a sua manutenção.

Por já ser um custo de manutenção existente e pelo fato da Sala de Situação ter como objetivo monitorar todos os possíveis desastres naturais do estado, essa quantificação não foi incluída no presente estudo.

Para estimar os custos de aprimoramento da rede hidrometeorológica, foram consultados valores de projetos semelhantes.

No Quadro 63 está apresentado o levantamento dos custos.

Quadro 63 - Custos de instalação, operação e manutenção de estações hidrometeorológicas

Instalação				
Descrição	Unidade	Quant	Valor Unitário	Valor Total (sem BDI)
Instalação de estação fluviométrica	un	5	R\$ 40.000,00	R\$ 200.000,00
Instalação de estação pluviométrica	un	7	R\$ 30.000,00	R\$ 210.000,00
Operação e Manutenção anual				
Operação e manutenção de estação fluviométrica	estação/ano	5	R\$ 60.000,00	R\$ 300.000,00
Operação e manutenção de estação pluviométrica	estação/ano	7	R\$ 30.000,00	R\$ 210.000,00

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

Considerou-se os custos de instalação em campo, aquisição de equipamentos, testes comissionamento, assim como, na parte de operação e manutenção o custo de reposição de peças, os custos de transmissão de dados, realização de medições de vazão nas estações fluviométricas, levantamentos topobatimétricos da seção e traçado de curva-chave.

3.12 Seguros de Cobertura de Inundações - Alternativa Única

3.12.1 Revisão

A seguir estão apresentadas informações que tratam dos seguros contra inundações em diferentes países, abordando suas peculiaridades e diferentes formatações.

As informações apresentadas foram obtidas a partir de Atreya et al. (2015), Jha et al. (2012), Seifert et al. (2013) e Graciosa (2009).

Catástrofes recentes têm gerado significantes perdas, os custos médios globais anuais para desastres naturais entre 2000 e 2012 foram estimados em aproximadamente 100 bilhões.

Em todo o mundo, entre todos os desastres naturais, as inundações estão entre as mais dispendiosas e afetam a maioria das pessoas.

Ao longo dos últimos anos, o número de eventos de inundações registrados vem aumentando significativamente.

A Figura 80 apresenta o número de eventos de inundação registrados no mundo entre os anos de 1950 e 2010.

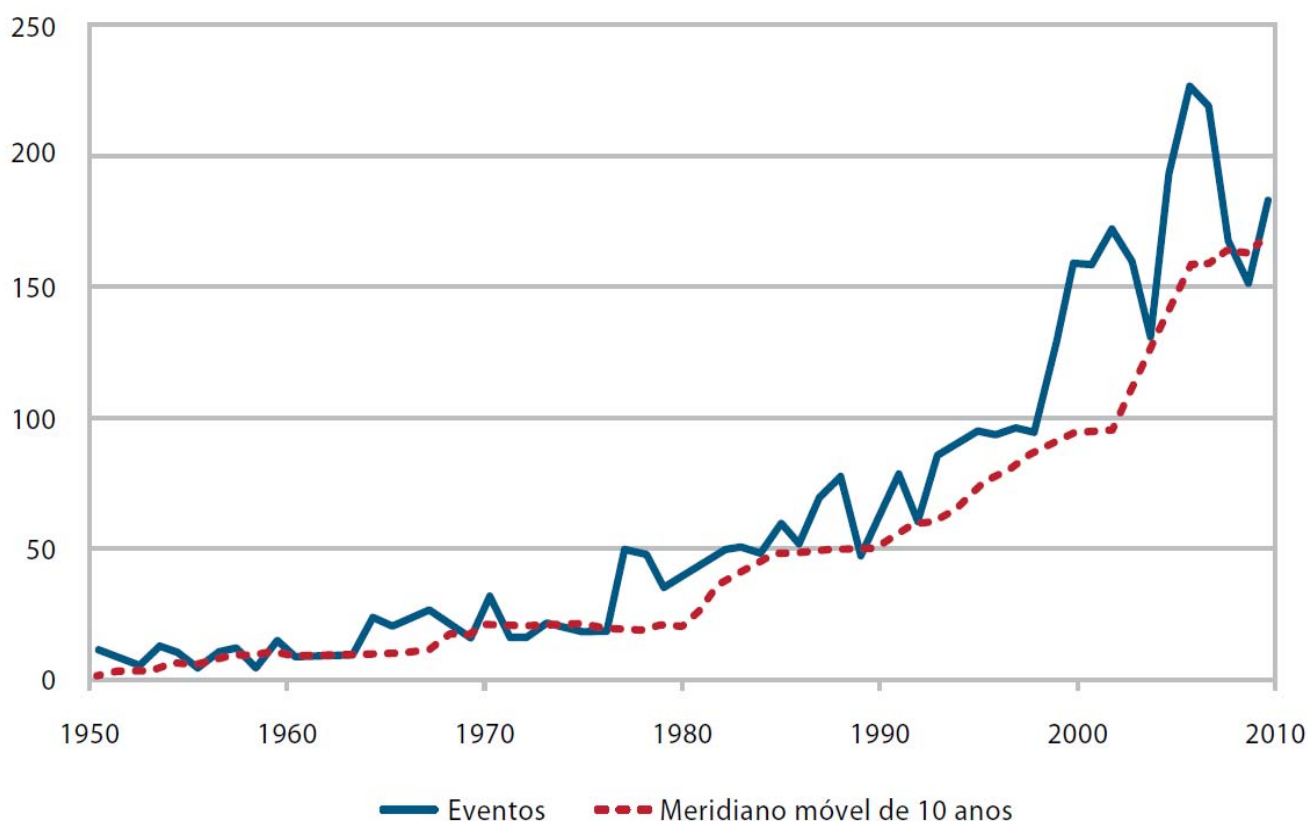


Figura 80 - Número de eventos de inundação registrados
Fonte: Jha et al., 2012

Já a Figura 81 apresenta o número de inundação por país entre os anos de 1970 e 2011.

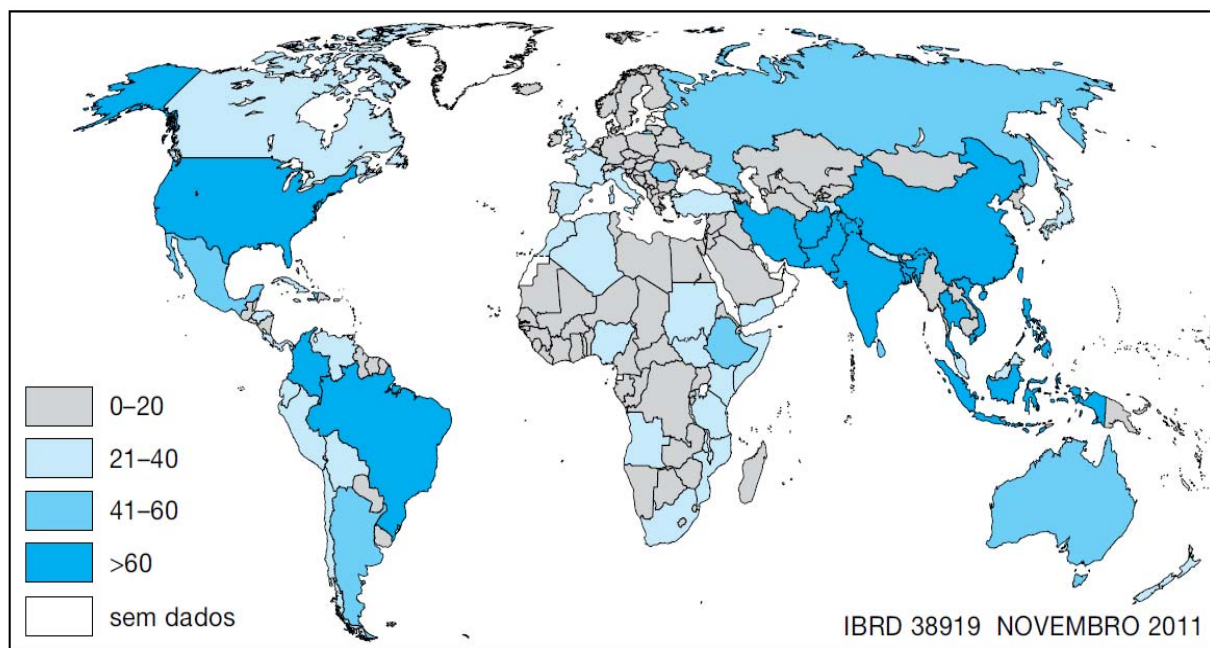


Figura 81 - Eventos de inundação por país
Fonte: Jha et al., 2012

A perda imediata de vidas devido a inundações está aumentando mais lentamente ou até mesmo diminuindo com o decorrer do tempo, o que reflete a implementação bem-sucedida das ações de gestão de risco de inundações.

Embora isto seja encorajador, as fatalidades ainda são significativas em países em desenvolvimento, onde os casos de inundação têm um impacto desproporcional em regiões socialmente desfavorecidas.

As inundações afetam assentamentos urbanos de todos os tipos, desde pequenos vilarejos a cidades de médio porte e centros de negócios, como por exemplo, ao longo do Rio Indu, até as cidades importantes, megalópolis e áreas metropolitanas como Sendai, Brisbane, Nova Iorque, Karachi e Bangkok. Todas foram atingidas por inundações em anos recentes.

Estas inundações recentes têm desencadeado níveis históricos de perdas, alimentando intensos debates nacionais sobre quem deve pagar as consequências econômicas das catástrofes das inundações e os papéis dos setores públicos e privados.

Os debates têm questionado os seguros quanto aos princípios de risco e abordado as questões de acessibilidade. Em economias em desenvolvimento e de baixa renda, onde os seguros estão muito menos desenvolvidos, também ocorrem discussões nacionais sobre as soluções adaptadas às realidades locais.

Esta revisão busca mostrar como diferentes países estabeleceram diferentes opções de formatação de seguros residenciais contra inundação.

Levando em consideração as diferenças culturais, restrições de mercado e perdas históricas, no Quadro 64 são apresentadas diferentes escolhas-chaves que devem ser consideradas.

Quadro 64 - Características de seguros contra inundações.

Característica	Descrição
Público/Privado	O seguro contra inundações pode ser vendido somente pelo setor privado, somente pelo setor público, ou por uma colaboração entre ambos setores. No caso de colaboração, o papel de cada um deve ser definido. Nas medidas de implementação da redução de riscos, é preciso definir se o governo desempenhará o papel de seguradora primária, resseguradora ou auxiliar. As seguradoras poderão assumir todo o risco, compartilhá-lo ou simplesmente intermediar financeiramente pelas suas redes.
Voluntário/Obrigatório	O seguro contra inundações pode ser obtido de maneira voluntária ou obrigatória. Definição se as seguradoras precisarão ou não oferecer seguros de inundação a proprietários que vivem em zonas de alto risco ou com hipoteca.
Agrupado/Individual	Estabelecer se o seguro contra inundação deve ser vendido como parte dos seguros privados das propriedades ou como uma cobertura autônoma.
Subsidiado/Baseado em Risco	Definição de quem e como os prêmios de seguro serão definidos. Avaliação se coberturas devem ser baseadas na exposição ao risco, parcialmente baseadas, ou uniformes para todos os proprietários. Existência de subsídio a famílias que necessitem de tratamento especial.
Incentivos Econômicos	Existência de incentivos econômicos para proprietários ou comunidades que vinculem o seguro contra inundações com medidas de redução de risco.
Assistência Federal a Desastres	Existência de mecanismos de compensação pós-desastre e sua interferência nas soluções de seguros existentes.

Fonte: Atreya et al., 2015

A seguir estão apresentadas com maiores detalhes as características apresentadas no quadro resumo acima.

✓ **Público ou Privado**

O seguro de risco de inundação pode ser um arranjo totalmente privado ou totalmente público, mas, na prática, a maioria das soluções envolve algum esforço colaborativo entre os setores público e privado.

O setor de seguros privados atualmente desempenha um dos seguintes papéis no mercado de seguros contra inundações: subscreve e assume risco como seguradora primária com ou sem regulação (Alemanha, Noruega e Reino Unido); subscreve o risco em nome do governo, mas não tem risco (EUA); desempenha o papel de um ressegurador para um programa governamental (Romênia).

O segurador primário é a entidade que se compromete a ressarcir os prejuízos provocados pelo evento de inundação, recebendo para isso um valor mensal/anual (prêmio) calculado com base no dano ou prejuízo associado ao evento.

O ressegurador faz o seguro do segurador, ou seja, é responsável por diluir, ou pulverizar os riscos de desastres naturais ao longo de uma área e de um número de pessoas maior do que a abrangência do segurador, o ressegurador permite ao segurador cobrar preços mais baixos, viabilizando uma maior penetração de mercado, uma vez que, por possuir maior área de abrangência tem mais capacidade de absorção de riscos.

No Brasil, a política de resseguros é apresentada pela Lei de Resseguros (nº 126 de 15 de janeiro de 2007), que permitiu a implementação de seguros para desastres naturais no Brasil, por possibilitar a atuação de resseguradoras internacionais.

O papel desempenhado pelo governo nos mercados de seguros contra inundações pode ter sua origem em diferentes situações:

- As seguradoras consideram que o risco não é segurável por causa de sua natureza catastrófica, nenhuma transferência de risco mutuamente vantajosa pode ser explorada pelo consumidor e fornecedor de seguros, ou a demanda seria considerada baixa demais;
- Existência de uma cultura de solidariedade (França), resultando no governo que oferece a maior parte do seguro de desastres para tudo;
- Como o governo é considerado o principal responsável pela prevenção de perdas por inundações, ele pode ser visto por alguns como também responsável por essas perdas;
- Existência de uma forte dependência da intervenção do governo, como pode ser observado em alguns países (Áustria).

Os papéis do setor público em relação aos mercados de seguros contra inundações são mais diversos do que para o setor privado, pois os governos podem funcionar como: 1) segurador primária; 2) ressegurador; 3) garantindo segurança para o setor de seguros (credor) e 4) regulador do mercado de seguros.

A segurança para o setor de seguros é importante para viabilizar o pagamento de indenizações, o furacão Andrew, que devastou a Flórida em 1992, destruiu 60.000 propriedades, causando um prejuízo de 30 bilhões de dólares, além disso, levou consigo sete companhias de seguros, que se tornaram inadimplentes com o acúmulo de indenizações.

Levando em consideração as características locais, sugere-se, para a Bacia do Gravataí, o estabelecimento de um esforço colaborativo entre os setores público e privado, onde o setor público exerceria função de Ressegurador e de Regulador.

✓ **Voluntário ou Obrigatório**

A cobertura de seguro pode ser voluntária (existem produtos de seguros disponíveis, mas os residentes não são obrigados a comprá-los) ou obrigatória (os residentes são obrigados a comprar um seguro, seja como parte de uma política de todos os riscos ou como autônomo).

O seguro obrigatório pode assumir diferentes formas, em que a legislação pode exigir que os proprietários adquiram um seguro.

O seguro obrigatório de país ou estado apresenta diversas vantagens, uma vez que todos os proprietários são supostamente segurados, há menos necessidade de assistência especial de socorro pós-desastre.

Uma segunda vantagem é a redução das diferenças de acesso a informações privilegiadas entre segurados e seguradores, uma vez que todos os proprietários, e não apenas aqueles com alto risco, compram cobertura.

Em terceiro lugar, dependendo do tamanho do país ou região, o grupo de seguros pode ser mais diversificado geograficamente através deste requisito.

O seguro obrigatório também pode ser baseado em fatores que não sejam geográficos. Mais comumente, os bancos podem exigir um seguro para proteger suas hipotecas do proprietário não segurado inadimplente após sofrer danos graves de uma inundação.

Nos Estados Unidos, por exemplo, o requisito de comprar seguro contra inundações em zonas de alto risco aplica-se apenas aos que possuem uma hipoteca com garantia federal. Na Eslováquia, as construções financiadas por hipotecas devem ser 100% seguradas devido ao requisito do credor.

O requisito obrigatório também pode ser baseado no fornecimento se as seguradoras estiverem obrigadas a oferecer seguros. O consumidor pode então rejeitar a cobertura, como no caso da Bélgica e da Espanha.

Enquanto o seguro obrigatório tem a vantagem de aumentar a penetração no mercado, pode haver barreiras. Em alguns países, por exemplo, na Hungria, houve discussões sobre se a obrigação de se proteger é constitucional.

As discussões também ocorreram nos Estados Unidos em torno do mesmo argumento feito contra aqueles que sugeriram que o seguro contra inundações deveria ser necessário para todos em áreas propensas a inundações, independentemente de ter ou não uma hipoteca com apoio federal. Nesse caso, muitos sentiram que o governo não pode obrigar as pessoas a fazê-lo contra a sua livre vontade.

Levando em consideração as características locais, propõe-se, para a Bacia do Gravataí, a criação de um Seguro Obrigatório, que pode ser complementado por Seguro Voluntário, nos moldes do Seguro Veicular Obrigatório.

✓ **Agrupado à Apólice de Seguros ou Individual**

Outra escolha de formatação é se o seguro contra inundações é vendido de forma independente ou agrupado com as apólices de seguro dos proprietários.

Quase todos os países avaliados adotaram algum tipo de sistema empacotado, onde a cobertura do risco de catástrofe (incluindo inundação) é anexada a políticas de seguro de proprietário ou acidente.

O seguro de propriedade dos proprietários geralmente abrange fogo, roubo e, na maioria dos países, riscos de catástrofe como inundação, vento, etc.

O lote de cobertura apresenta várias vantagens. Primeiro, os proprietários estão conscientes de que estão cobertos por todos os tipos de desastres, evitando custos legais para determinar qual perigo realmente causou o dano.

Em segundo lugar, reduz os custos administrativos e de busca: em vez de comprar políticas para diferentes perigos de várias seguradoras, o proprietário compra apenas uma política.

Em terceiro lugar, pode aumentar a penetração do seguro de inundação, na medida em que muitos outros proprietários irão comprar toda a cobertura de riscos do que uma única política de inundação porque estão preocupados com perdas de outros desastres (por exemplo, fogo, terremoto, tornados).

Em quarto lugar, ao cobrir riscos múltiplos, existe uma diversificação de riscos cruzados, uma vez que a inundação é independente de muitos riscos, como roubo e terremoto.

Na Alemanha, a penetração média no mercado de seguros está entre 3 e 4% em combinação com o seguro de construção e 10% em combinação com os seguros residenciais.

No entanto, a cobertura agrupada pode aumentar a chance de uma perda catastrófica correlacionada, como danos no vento e na água de um furacão. É importante que os proprietários saibam que parte do seu prêmio cobre cada tipo de risco.

Levando em consideração as características locais, propõe-se, para a Bacia do Rio Gravataí, um sistema agrupado à Apólice de Seguros, onde a cobertura do risco de catástrofe (incluindo inundação) é anexada a políticas de seguro de proprietário ou acidente, podendo abranger fogo, roubo e riscos de catástrofe como inundação, vento e outros.

✓ **Custo e Prêmio**

O seguro é um instrumento amplamente reconhecido baseado no mercado que difunde os custos econômicos de eventos catastróficos em muitos segurados. As companhias de seguros estabelecem prêmios diferentes, dependendo das categorias de risco, como as zonas de inundação e, em geral, cobrem o custo dos danos, utilizando o prêmio que cobram dos segurados.

Muitos economistas argumentam que o preço baseado no risco adequadamente irá incentivar a mitigação de riscos.

A diferenciação do prêmio ao seguro contra inundações (uma taxa mais elevada para as famílias que estão localizadas em áreas propensas a inundações) constitui um incentivo para que os indivíduos limitem a sua exposição ao risco para que se tornem elegíveis para prêmios mais baixos.

Também pode encorajar os proprietários a reduzir os riscos e, assim, receber reduções nos prêmios.

Na Alemanha, as propriedades são classificadas com base em mapas de inundação. Do total, a maioria das residências está localizada em zonas de inundação menores que o TR200, 10 a 12% estão localizadas na zona de inundação entre o TR50 e o TR200, e somente 3% estão localizadas em zonas entre TR10 e TR50.

As zonas localizadas dentro do TR10 são consideradas não seguráveis, entre o TR50 e TR200 podem ser seguradas com determinadas condições, acima do TR200 as propriedades são classificadas como seguráveis.

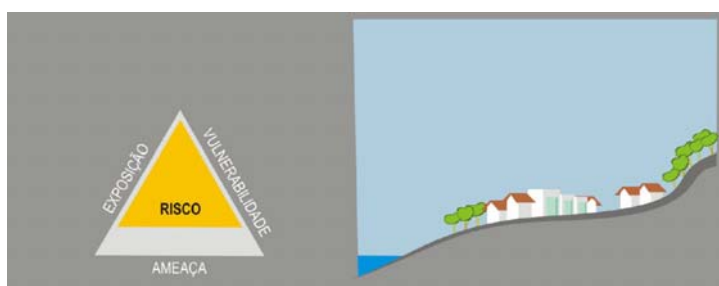
Na comparação entre os seguros de médio impacto de inundação na Alemanha (média probabilidade de ocorrência) e alto impacto de inundação na Holanda (baixa probabilidade de ocorrência) mostraram que a procura na Alemanha é maior.

Isso é explicado pelas experiências recentes de evacuação e dano vividas pela Alemanha, a maior demanda também é relacionada a maior percepção ao risco nesse país, além disso, a inexistência de seguros privados na Holanda criou uma forte expectativa de que o governo irá compensar os danos causados por inundações, diferentemente da Alemanha onde existem seguros privados disponíveis.

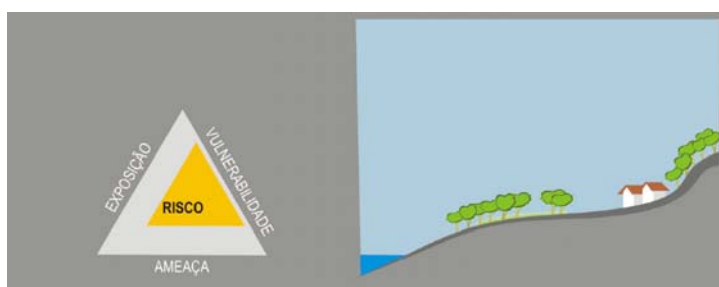
Um prêmio baseado em risco, em teoria, leva em consideração os três elementos de risco: ameaça, exposição e vulnerabilidade.

A união dos três elementos permite que o risco seja quantificado, qualquer aumento ou diminuição desses elementos afetam o risco.

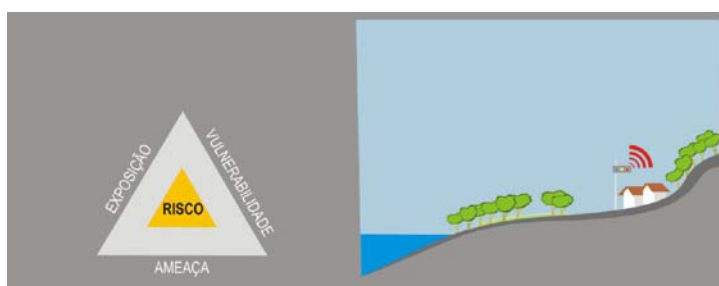
A Figura 82 a seguir ilustra as três componentes de risco.



Redução da componente ameaça
(medidas hidráulicas, controle na fonte)



Redução da componente exposição
(lei de zoneamento, preservação das várzeas)



Redução da componente vulnerabilidade
(sistemas de alerta antecipado, planos de evacuação, sistemas de proteção)

*Figura 82 - Elementos de risco
Fonte: Andrade (2006) adaptado de Crichton (1999)*

Os proprietários de imóveis podem reduzir o prêmio de seguro que pagam através de medidas de redução de perdas e limitando o impacto adverso desses elementos de risco.

Por exemplo, os proprietários receberiam reduções de prêmio se reduzissem a sua exposição (deslocando para fora da zona de perigo), se reduzissem a sua vulnerabilidade (lei de zoneamento) ou se a sua comunidade reduzisse o perigo (construindo um dique).

Nos sistemas de seguro existentes, no entanto, os prêmios raramente levam em conta os três elementos de risco.

Portanto, são apresentadas quatro categorias de prêmios existentes de acordo com a medida que eles diferencialmente cobram o risco:

- o Preços baseados em risco total levando em consideração o perigo, exposição e vulnerabilidade de cada propriedade segurada sem subsídio;
- o Preços parciais de risco baseados em risco e exposição (mas não vulnerabilidade), por exemplo, zonas de risco e valor de propriedade (Reino Unido, Alemanha, EUA);
- o Preços mínimos baseados no risco, tendo em conta apenas o valor da propriedade (percentagem do valor da propriedade, independentemente da localização, tipo de construção, etc.) (França, Noruega);
- o Nenhum preço baseado em risco (prêmios fixos): os prêmios fixos são indiretamente baseados em risco, uma vez que são calculados como uma taxa padrão por pessoa do seguro do proprietário que normalmente é calculada com base no valor da propriedade (Espanha, Romênia).

✓ **Prêmios de Seguro e os Esforços de Mitigação de Riscos**

Ao recompensar o comportamento que reduz os riscos e possíveis danos, os acordos de seguro são capazes de reduzir a perda total e os impactos econômicos moderados de eventos adversos.

Os arranjos de seguro também podem limitar os danos ao recompensar edifícios bem projetados com prêmios mais baixos, deduções mais baixas e maiores limites de cobertura nas apólices de seguro.

Pesquisas mostram que no período anterior à enchente de 2002 na Alemanha, os agregados familiares segurados tendiam a estar mais informados sobre a mitigação e eram mais propensos a se proteger de inundação do que as famílias não seguradas.

Existem evidências limitadas nos mercados de seguros de riscos de inundações residenciais que os governos ou as companhias de seguros incentivam ativamente as medidas cautelares, ligando o custo do seguro aos esforços individuais (ou vinculando o prêmio à vulnerabilidade).

Uma exceção é o dos EUA, onde o governo federal instituiu um sistema comunitário especializado em inundações específicas, em que as ações tomadas pelas comunidades para melhorar a preparação para inundações e reduzir a exposição ao risco permitem que seus residentes se beneficiem de descontos de prêmios de inundação que podem chegar a 45%.

Embora as medidas de mitigação de riscos públicas de grande escala sejam realizadas principalmente por governos, os seguros públicos e privados e outros mecanismos de transferência de risco têm o potencial de incentivar a mitigação de riscos privados.

Também as parcerias público-privadas podem vir a ser possíveis opções para aumentar a conscientização e mitigação do risco.

Estudos de caso demonstram que as seguradoras estão envolvidas em atividades que aumentam a conscientização do cliente sobre seus riscos e medidas para mitigação (Áustria).

As seguradoras também podem influenciar os formuladores de políticas públicas para mudar os regulamentos ou investir diretamente na redução de risco.

Um exemplo recente é fornecido pela Associação das Seguradoras Britânicas que está ativamente defendendo maior investimento público em defesa contra inundações.

Como outra atividade de redução de risco, as seguradoras podem colocar requisitos (garantias ou cláusulas de obrigação) em seus contratos que o segurado tome medidas específicas para reduzir o risco.

Como um exemplo familiar, o seguro de carro geralmente não cobre danos ao roubo se o carro for deixado em execução, devidamente trancado ou se uma abertura de janela ou telhado foi deixada aberta ou desbloqueada.

Para as políticas de seguro contra inundações, não parece haver nada específico; A cobertura de risco às vezes inclui condições semelhantes; no entanto, estes são tipicamente gerais, como exigir que os proprietários mantenham a propriedade segurada em bom estado e tomar todas as medidas razoáveis para evitar danos sem nomear explicitamente quaisquer medidas preventivas.

Finalmente, e raramente, as seguradoras fazem investimentos diretos em medidas de mitigação, como as seguradoras de monopólios dos cantões suíços (KGV) que financiam o Serviço de Incêndio e os Serviços Cantonais de Defesa Civil. Além disso, a KGV disponibilizou fundos em muitos cantões suíços para fornecer apoio financeiro para medidas preventivas.

Para este estudo, além do preço baseado em risco, também interessam nos requisitos contratuais para medidas de prevenção de perdas, garantias ou cláusulas obrigatórias, bem como atividades de conscientização.

Existem apenas evidências limitadas para as cláusulas obrigatórias, enquanto as atividades de conscientização são encontradas em vários níveis na maioria dos sistemas de seguros.

✓ **Redes de Segurança Pública e Nível de Coordenação com Arranjos de Seguros**

As ajudas governamentais pós-desastre, bem como a infraestrutura pública de proteção contra inundações, enquanto não fazem parte de uma escolha de modelo para um mercado de seguros de inundações, podem influenciar a funcionalidade e a utilidade do seguro de risco de desastre.

Quase todos os países com uma história de inundações fornecem ajuda específica para isso em caso de eventos catastróficos, pois é difícil para os políticos se isentar quando o eleitorado é afetado por uma catástrofe natural (ou provocada pelo homem).

Embora a maioria dos auxílios não seja obrigatória por lei e, portanto, não esteja garantida, em muitos casos é dado como certo (Alemanha e a maioria dos países da Europa Central e Oriental). Mesmo os países com fundos de alívio de desastre designados foram conhecidos por adicionar recursos financeiros se o fundo estivesse esgotado (Áustria).

E mesmo em países que tem tradicionalmente pouco envolvimento do governo em alívio de desastres, a série de recentes catástrofes mudou consideravelmente essa tendência, 50% do custo do furacão Katrina (EUA) foi compensado por alívio federal; e mais de 80% do custo do furacão Sandy (EUA) foi pago através de recursos governamentais.

Os fundos de alívio de desastres são, na maioria das vezes, itens de orçamento alimentados pelos contribuintes, que são usados para compensar as vítimas das inundações diretamente ou são usados para reconstruir a infraestrutura pública e cobrir perdas não seguradas.

Os fundos de socorro são diferentes da ajuda específica para este fim, uma vez que são instrumentos de política baseados em prognósticos e em suposições, legalmente estabelecidos (Áustria, Holanda e Canadá).

Quando a ajuda pós-desastre permanece desordenada com os acordos de seguro, ela pode influenciar negativamente os mercados de seguros, bem como a percepção de risco e a redução do risco privado do risco das famílias.

A mitigação do risco público pode ter efeitos negativos semelhantes, pois pode reduzir a conscientização do risco, mas, se bem gerenciado, também pode ser propício para a disponibilidade de apólices de seguro acessíveis.

À medida que o prejuízo das inundações aumenta em todo o mundo, mais países estão considerando seu mercado de seguro contra inundações e o papel dos setores público e privado em compartilhar esse risco, proporcionando proteção adequada aos residentes expostos e fornecendo os incentivos certos para que a redução de risco seja implementada.

Embora não exista uma única solução que possa ser aplicada de forma semelhante em todos os países, este trabalho apresenta uma análise importante de diferentes características e modo de operação desses mercados em diferentes países.

A análise pode ser usada pelos formuladores de políticas e pelo setor de seguros para refletir sobre as semelhanças e diferenças que existem entre sua solução nacional para garantir riscos de inundações residenciais e como outros fora de seu país responderam a esse desafio.

O Estudo também pode fornecer um conjunto de critérios para ajudar a medir a atratividade de uma solução e alternativas específicas.

A escolha mais apropriada deve ser feita pelos órgãos governamentais responsáveis.

Dito isto, dependendo dos objetivos finais (por exemplo, alta penetração no mercado para evitar a necessidade de alívio do governo, grande investimento em medidas de redução de risco, abordando a acessibilidade do seguro contra inundações, etc.), esta revisão pode ser útil para avaliar como os diferentes métodos podem ajudar a alcançar esses objetivos.

O Quadro 65 apresenta um resumo de todos os temas abordados anteriormente e suas diferentes possibilidades de configuração para 25 países.

Quadro 65 - Sumário das configurações dos seguros contra inundação em 25 países.

Países	Regras Privadas			Regras Públicas				Interação Público-Privada		Voluntário ou Obrigatório			Agrupados ou Individuais		Configurações de Prêmio				Relação Entre os Seguros e a Redução de Riscos			Políticas	
	Segurador Primário	Ressegurador	Administrador	Segurador Primário	Ressegurador	Garantia	Regulador	Coordenada	Coexistente	Voluntário	Aquisição Obrigatória	Oferta Obrigatória	Agrupado	Individual	Baseada no Risco	Parcialmente Baseada no Risco	Minimamente Baseada no Risco	Subsídio no Prêmio	Garantias	Limite de Prêmio/Dedutível/Indenização	Consultoria de Consolidação	Fundo para Desastres	Auxílio Específico
Áustria	X	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-
Austrália	X	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	X	SI	SI	SI	SI	X	-
Bélgica	X	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	SI	X	-	X	-
Canadá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
República Checa	X	-	-	X	x	-	X	X	-	-	X	X	X	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-
Suíça	X	SI	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	SI	X	X	-
Alemanha	X	X	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	X	X	-	X	-	-	SI	X	-	-	X
Espanha	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Finlândia	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	SI	SI	SI	-	-
França	X	X	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	SI	X	-	-	X
Hungria	X	SI	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X
Indonésia	SI	SI	-	X	X	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-
Islândia	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-
Japão	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-
Marrocos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SI	SI	SI	-	X
México	X	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	X	X	-
Países Baixos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Noruega	X	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	SI	SI	-	X	-
Nepal	X	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Peru	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	-
Polônia	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Roménia	X	-	-	X	-	-	X	SI	SI	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Eslováquia	X	-	-	SI	SI	SI	SI	SI	SI	X	-	-	X	-	-	-	X	-	SI	SI	SI	-	X
Reino Unido	X	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
Estados Unidos	-	-	X	X	-	-	X	X	-	X	-	-	-	X	X	-	-	X	-	X	X	X	X

"X" = Aplicável/Em Uso, "-" = Não Aplicável/Não em Uso, "SI" = Sem Informação

Fonte: Atreya et al., 2015

3.12.2 Diagnóstico e Proposições - Cenários 1 e 2

Não foi identificada informação quanto a sistemas de seguros de cobertura de inundações na região.

Com base nos elementos apresentados, propõe-se a seguinte composição:

a) Público ou Privado

Esforço colaborativo entre os setores público e privado, onde o setor público exerceria função de Ressegurador e de Regulador.

b) Voluntário ou Obrigatório

É sugerida a existência de um Seguro Obrigatório, que pode ser complementado por Seguro Voluntário, nos moldes do Seguro Veicular Obrigatório.

Os bancos podem exigir um seguro para proteger suas hipotecas do proprietário não segurado inadimplente após sofrer danos graves de uma inundação.

c) Agrupado à Apólice de Seguros ou Individual

Agrupado à Apólice de Seguros, onde a cobertura do risco de catástrofe (incluindo inundação) é anexada a políticas de seguro de proprietário ou acidente, podendo abranger fogo, roubo e riscos de catástrofe como inundação, vento e outros.

d) Subsidiado ou Baseado em Risco

Parcialmente baseado no Risco, com base em mapas de inundação (baseado nos moldes da Alemanha) e com Subsídio no Prêmio (redução no valor do prêmio para proprietários que adotarem medidas de redução de risco).

e) Assistência Federal a Desastres

Existência de mecanismos de compensação pós-desastre e sua interferência nas soluções de seguros existentes, com a constituição de fundos de alívio de desastre.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo de alternativas de cenários apresentados se mostrou uma abordagem satisfatória para a resolução dos problemas em diferentes locais da bacia, mitigando em termos gerais os efeitos das inundações na região através da aplicação de soluções de engenharia tanto estruturais quanto não estruturais.

Foram apresentadas soluções validadas em termos técnicos, quanto à viabilidade construtiva, a não criação de externalidades a regiões vizinhas, a operacionalidade e eficácia na resolução dos problemas alvo.

O estudo demonstrou através das simulações hidrodinâmicas diversas regiões impactadas pelos eventos de cheias, com regiões sujeitas a inundações, quando avaliados os TR de 5 a 100 anos, como é o caso de Porto Alegre, Gravataí e Cachoeirinha.

Foram descartadas as alternativas para a solução dos problemas através do armazenamento, uma vez que o foco do trabalho foi a mitigação dos efeitos das cheias dos rios principais, e caso se levasse essa alternativa adiante isso implicaria na construção de reservatórios de magnitudes significativas o que geraria passivos ambientais desproporcionais.

Quanto ao armazenamento através de bacias de detenção, essa solução é encorajada dentro do contexto de macrodrenagem dos municípios, juntamente à regulamentação de uso e ocupação do solo nas áreas urbanas para a solução dos problemas relacionados à incapacidade de escoamento dos afluentes urbanos.

As soluções que mostraram os maiores benefícios diretos, com menores externalidades, foram as soluções não-estruturais por zoneamento e estruturais com a criação de polderes. Ambas apresentam limitações, uma vez que o zoneamento implica na desapropriação de determinadas regiões para a criação de parques e os polderes implicam na construção de diques que alteram as características de escoamento na planície.

No que tange as externalidades da construção dos polderes, foram avaliadas no quesito aumento da lâmina d'água e da área de inundação com a implantação dos diques em comparação ao cenário sem a estrutura.

O incremento de lâmina d'água foi limitado a 30 cm em comparação ao cenário base para que nenhuma região fosse preterida para a resolução de problemas de outra. No caso da criação de polderes que implicassem em possíveis aumentos de lâmina em regiões vizinhas, foram dadas as soluções necessárias para que fossem criadas soluções conjuntas, ou seja, de forma integrada.

No que tange o atendimento às demandas para irrigação, reitera-se que uma vez constatado que a área de cultivo de arroz existente hoje na bacia (em torno de 23.000 ha de acordo com as projeções desse estudo) não é compatível com o atendimento às demandas prioritárias na bacia, a área de cultivo de culturas irrigadas na bacia deverá diminuir.

Portanto, o presente estudo indica a redução da área plantada de arroz na bacia para aproximadamente 5.000 hectares, **ou consumo equivalente**, sendo considerado nesse estudo em 10.000 m³/ano/ha que equivale a 50 hm³/ano para tal área de plantio.

Pelo fato do viés desse trabalho ser a avaliação da disponibilidade hídrica, indicando soluções de forma a mitigar os efeitos das estiagens e obedecendo os dispositivos legais, cabe como proposta, **o cumprimento às vazões máximas outorgáveis por trecho apresentadas nesse estudo.**

O fato do volume disponível para irrigação converter-se ou não na área de plantio calculada e proposta, caberá tão somente à otimização do uso dos recursos hídricos disponibilizados aos agricultores.

Quanto à recuperação de áreas degradadas, o estudo apresentou soluções com o intuito de diminuir os processos erosivos em tais áreas devido ao contínuo aumento do gradiente hidráulico na região causado pelos canais artificiais ali contruídos.

Com a implementação das obras sugeridas, espera-se diminuir o gradiente, assim diminuindo o potencial erosivo do fluxo, em um solo já bastante propício à erosão. Espera-se recuperar os níveis do fundo do canal natural do Rio Gravataí anterior às condições atuais com a construção do canal do DNOS.

Recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados das consequências ambientais da implementação de tais obras, anteriormente à sua execução.

Recomenda-se o monitoramento hidroambiental da região anterior a sua fase de implantação e durante a sua operação para que sejam realizados os ajustes necessários, uma vez que a obra proposta pode ser moldável as necessidades verificadas ao longo do tempo.

Verificou-se a necessidade de caracterizar o hidro-período da região de banhado e da realização de ensaios de datação radiométrica das camadas de solo da região para se encontrar a cota do antigo leito do rio.

O sistema de monitoramento, previsão e alerta já é se encontra em operação, no entanto, ainda sendo melhorado em termos de aumento da rede de monitoramento e calibração/validação dos modelos chuva-vazão, uma vez que há no Estado uma Sala de Situação para a emissão de alerta em operação conjunta com a defesa civil.

Portanto, esse estudo apresenta sugestões para a melhoria da rede existente de forma a melhor alimentar os modelos os quais já se encontram em operação.

Dessa forma, espera-se que os informes de alertas sejam cada vez mais acurados e com maior tempo de antecedência. Recomenda-se, assim, a contínua operação da rede, através de manutenções regulares, a contínua calibração do modelo de previsão e a consolidação da parceria SEMA e Defesa Civil.

Em relação aos sistemas de seguro de cobertura de inundações, acredita-se que seja uma alternativa viável para não incentivar novas ocupações em áreas com frequente inundação, uma vez que a indicação é de seguro baseado em risco.

Além disso, no caso da modalidade obrigatória na planície de inundação, incentivaria a desocupação das áreas ocupadas.

Recomenda-se ao Estado a avaliação dos quesitos legais para a efetiva implementação das modalidades de seguro sugeridas no estudo.

O Plano de Ação apresentará a ordem de prioridade e a cronologia que deverão seguir as obras para que se obtenham os resultados mais satisfatórios da solução a ser consolidada.