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

Contrato nº 003/2015

COHIDRO consultoria estudos projetos

MJ ENGENHARIA

encop

ETAPA - RELATÓRIO FINAL

PRODUTO Nº 18
RELATÓRIO FINAL



AGOSTO/2018

R01

CONTRATO N.º: **003/2015**	**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DE CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS**
DOCUMENTO N.º: **RT-AF-08-2018-PUB-02-01**	**PRODUTO 18** **RELATÓRIO FINAL**

Revisão	Data	Descrição	Elaborado p/	Aprovado p/	Status
R00	17/08/2018	Emissão inicial	Consórcio Sinos	METROPLAN	Revisão
R01	28/09/2018	Revisão Geral	Consórcio Sinos	METROPLAN	Para aprovação

Elaboração	Cliente	Responsáveis Técnicos
CONSÓRCIO SINOS	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. Thiago Araldi;
- Eng. Lucas Rangel Martins;
- Eng. Luiz Borges Costa;
- Eng. Carlos Wagner da Motta Meirelles;

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 11
2 INTRODUÇÃO 13
3 RELATÓRIO FINAL 14
3.1 Área de Estudo 14
3.2 Objetivos do Relatório 14
3.3 Base de Dados 14
3.3.1 Área de Abrangência da Base de Dados 16
3.3.2 Produtos Digitais 17
3.4 Diagnóstico 21
3.4.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos 21
3.4.2 Planejamento Urbano e de Infraestrutura 26
3.4.3 Drenagem Urbana e Inundações 28
3.4.4 Sistemas de Esgotamento Sanitário - SES 38
3.4.5 Resíduos Sólidos Urbanos 40
3.4.6 Cenários de Impactos e Aspectos Integrados e Conclusões 41
3.5 Levantamentos de Campo 44
3.5.1 Aerofotogrametria 44
3.5.2 Topobatimetria 46
3.6 Estudos Hidrológicos 47
3.6.1 Séries Pluviométricas 48
3.6.2 Séries Fluviométricas 49
3.6.3 Séries Climáticas 49
3.6.4 Seleção e Consistência de Dados Pluviométricos 49
3.6.5 Seleção e Consistência de Dados Fluviométricos 52
3.6.6 Caracterização Climatológica da Bacia 54
3.6.7 Discretização da Bacia e Ajuste do Modelo Hidrológico 55
3.6.8 Resultados dos Estudos Hidrológicos 59
3.7 Simulações Hidráulicas e Mapas de Inundação 61
3.7.1 Modelo Hidrodinâmico 61
3.7.2 Elaboração dos Mapas de Inundação 64
3.8 Cenários de Alternativas 98
3.8.1 Objetivos, Premissas e Diretrizes 98
3.8.2 Diagnóstico por Unidade de Análise Espacial 101
3.8.3 Composição dos Cenários 114
3.8.4 Identificação de Projetos de Intervenções Existentes na Bacia 116
3.8.5 Conceitos e Diretrizes do Zoneamento de Áreas Inundáveis 117
3.8.6 Cenário de Convivência com Cheias (Cenário 0) 121
3.8.7 Cenário de Alternativas 1 (C1) 129
3.8.8 Cenário de Alternativas 2 (C2) 148

3.8.9 Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta - Alternativa Única 231
3.8.10 Seguros de Cobertura de Inundações - Alternativa Única 234
3.9 Análise de Viabilidade Econômica 236
3.9.1 Cenário 0- Prejuízos 237
3.9.2 Cenário 1 - Prejuízos 248
3.9.3 Cenário 2 - Prejuízos 248
3.9.4 Comparativo entre Cenários 249
3.9.5 Análise Econômica das Cheias 249
3.9.6 Conclusões 251
3.10 Análise Multicritério e Cenário Consolidado 251
3.10.1 Análise Multicritério 253
3.11 Intervenções Selecionadas 288
3.11.1 Conclusões e Recomendações 291
3.12 Modelagem Institucional 292
3.12.1 Modelagem Institucional 292
3.12.2 Gestão da Infraestrutura do Governo do Estado do RS 296
3.12.3 Alternativa de Gestão dos Serviços no Nível Municipal 299
3.12.4 Gestão dos Serviços dos Municípios - Estrutura Administrativa 301
3.12.5 Implementação e Manutenção das Obras e Planos - Arranjo Institucional 302
3.12.6 Mecanismos Recuperação de Custos das Medidas Implantadas 302
3.12.7 Aparato Legal para os Mecanismos de Controle Social e Econômico 305
3.12.8 Capacitação e Adequação dos Serviços de Gestão de Águas Pluviais 306
3.12.9 Regulação para Controle da Vazão de Novos Empreendimentos 307
3.12.10 Estratégia de Integração para os Serviços de Saneamento 307
3.12.11 Conclusão 308
3.13 Plano de Ação 309
3.13.1 Implementação dos Programas de Longo Prazo 310
3.13.2 Ações de Adequação 311
3.13.3 Ações de Manutenção 314
3.13.4 Ações de Preparação 318
3.13.5 Resumo das Metas 319
3.13.6 Intervenções Estruturais 320
3.13.7 Datas de Licitação e Contratação das Obras 321
3.13.8 Cronograma de Execução 323
4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 324
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 328

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Situação e localização da Bacia do Rio dos Sinos 14
Figura 2 - Mapa de sub-bacias e microbacias propostas do Rio dos Sinos 18
Figura 3 - Planejamento urbano dos municípios que compõem a bacia 26
Figura 4 - Sistemas de Proteção Contra Cheias de Canoas 32
Figura 5 - Sistemas de Proteção Contra Cheias de Novo Hamburgo e São Leopoldo 33
Figura 6 - Sistemas de Proteção Contra Cheias de Novo Hamburgo - Bairro Santo Afonso 34
Figura 7 - Perfil das estações fluviométricas 52
Figura 8 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica. 57
Figura 9 - Escopo da área de modelagem hidrodinâmica. 62
Figura 10 - Calibração dos Parâmetros Hidráulicos para a seção Passo das Canoas Auxiliar 69
Figura 11 - Área de risco de inundação de TR 5 anos Rio dos Sinos. 73
Figura 12 - Área de risco de inundação de TR 10 anos Rio dos Sinos. 74
Figura 13 - Área de risco de inundação de TR 25 anos Rio dos Sinos. 75
Figura 14 - Área de risco de inundação de TR 50 anos Rio dos Sinos. 76
Figura 15 - Área de risco de inundação de **TR 100** anos Rio dos Sinos. 77
Figura 16 - Área de risco de inundação de TR 5 anos Rio Paranhana e Grande. 78
Figura 17 - Área de risco de inundação de TR 10 anos Rio Paranhana e Grande. 79
Figura 18 - Área de risco de inundação de TR 25 anos Rio Paranhana e Grande. 80
Figura 19 - Área de risco de inundação de TR 50 anos Rio Paranhana e Grande. 81
Figura 20 - Área de risco de inundação de **TR 100** anos Rio Paranhana e Grande. 82
Figura 21 - Área de risco de inundação de TR 5 anos Rio Rolante/Areia. 83
Figura 22 - Área de risco de inundação de TR 10 anos Rio Rolante/Areia. 84
Figura 23 - Área de risco de inundação de TR 25 anos Rio Rolante/Areia. 85
Figura 24 - Área de risco de inundação de TR 50 anos Rio Rolante/Areia 86
Figura 25 - Área de risco de inundação de **TR 100** anos Rio Rolante/Areia 87
Figura 26 - Área de risco de inundação de TR 5 anos Meio e Caraá. 88
Figura 27 - Área de risco de inundação de TR 10 anos Meio e Caraá. 89
Figura 28 - Área de risco de inundação de TR 25 anos Meio e Caraá. 90
Figura 29 - Área de risco de inundação de TR 50 anos Meio e Caraá. 91
Figura 30 - Área de risco de inundação de **TR 100** anos Meio e Caraá. 92
Figura 31 - Área de risco de inundação de TR 5 anos Riozinho. 93
Figura 32 - Área de risco de inundação de TR 10 anos Riozinho. 94
Figura 33 - Área de risco de inundação de TR 25 anos Riozinho. 95
Figura 34 - Área de risco de inundação de TR 50 anos Riozinho. 96
Figura 35 - Área de risco de inundação de **TR 100** anos Riozinho. 97
Figura 36 - Baixo Sinos - área inundada para **TR 100** 103
Figura 37 - Baixo Sinos - São Leopoldo - área inundada para **TR 100** 104
Figura 38 - Baixo Sinos - Novo Hamburgo, Campo Bom e Sapiranga área inundada para **TR 100** 105
Figura 39 - Baixo Sinos - Sapucaia do Sul área inundada para **TR 100** 106

Figura 40 - Baixo Sinos - Novo Hamburgo e São Leopoldo área inundada para **TR 100** 107
Figura 41 - Baixo Sinos - Campo Bom área inundada para **TR 100** 108
Figura 42 - Baixo Sinos - Nova Santa Rita, Esteio e Canoas - área inundada para **TR 100** 109
Figura 43 - Médio Sinos - Igrejinha, Parobé, Taquara e Três Coroas - área inundada para **TR 100**.....111
Figura 44 - Alto Sinos - Rolante - área inundada para **TR 100**.....113
Figura 45 - Diagrama do perigo de inundação.....119
Figura 46 - Cenário Tendencial (C0) - projeção das áreas de expansão urbana.....122
Figura 47 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação, sem obstruções 132
Figura 48 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundaçã, com aterros.....133
Figura 49 - Mapa de Perigo C1 135
Figura 50 - Elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Baixo Sinos.....139
Figura 51 - Ellevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Médio Sinos 140
Figura 52 - Ellevação do nível d'água entre os cenários 0 e 1 - Alto Sinos.....141
Figura 53 - Zoneamento de Áreas Inundáveis **Cenário 1** - Baixo Sinos 142
Figura 54 - Zoneamento de Áreas Inundáveis **Cenário 1** - Médio Sinos 143
Figura 55 - Zoneamento de Áreas Inundáveis **Cenário 1** - Alto Sinos.....144
Figura 56 - Zoneamento de Áreas Inundáveis **Cenário 1** - Alto Sinos Formadores 145
Figura 57 - Plano Diretor do município de Campo Bom 149
Figura 58 - Área atingida por evento de **TR 100** anos no município de Campo Bom 149
Figura 59 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Sinos - C2-BS-A 152
Figura 60 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Sinos - C2-BS-B 152
Figura 61 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Sinos - C2-BS-C 153
Figura 62 – Intervenções junto a BR-116 e ao centro urbano de São Leopoldo.....154
Figura 63 - Seção transversal dos canais a jusante da ponte sobre a BR-116 em S.Leopoldo 155
Figura 64 - Localização das sondagens geotécnicas ao lado da ponte da BR-116 em S. Leopoldo.....156
Figura 65 - Arranjo geral das obras nos canais, sob a BR-116 em S.Leopoldo.....159
Figura 66 - Seção transversal-tipo do canal secundário, elevação dos muros e dos diques.....160
Figura 67 - Intervenções a leste da BR-448, diques, valas de drenagem e bombeamento.....161
Figura 68 - Seção transversal da vala de drenagem lateral à BR-448 e vala corta-dreno.....164
Figura 69 - Seção de canalização do Arroio Esteio, somente com dique da margem esquerda.....165
Figura 70 - Seções transversais da canalização do arroio Sapucaia, com diques laterais.....166
Figura 71 - Seção-tipo do dique Sul.....167
Figura 72 - Dique em Canoas e Esteio protegendo as áreas já ocupadas da planíce de inundação.....169
Figura 73 - Seção-tipo dos diques 1, 2 e 3 de proteção em Canoas e Esteio C2B.....171
Figura 74 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Sapucaia C2B. 172
Figura 75 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Esteio C2B. 173
Figura 76 - Seção-tipo do corta-dreno junto à BR-448 no trecho de Esteio. 173
Figura 77 - Dique em Canoas e Esteio protegendo áreas já ocupadas no eixo da ferrovia. 175
Figura 78 - Seção-tipo dos diques 1, 2, 3 e 4 de proteção em Canoas e Esteio C2C. 177
Figura 79 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Sapucaia C2C.....178

Figura 80 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Esteio C2C. 179
Figura 81 - Seção-tipo do corta-dreno junto à BR-448 no trecho de Esteio. 180
Figura 82 - Dique em Nova Santa Rita na margem direita do Rio 182
Figura 83 - Dique em Sapucaia do Sul na margem esquerda do Rio 183
Figura 84 – Dique no Arroio Cerquinha. 184
Figura 85 - Dique no bairro Feitoria em São Leopolo e sistema de bombeamento 186
Figura 86 – Dique em Novo Hamburgo / Lomba Grande na margem esquerda do Rio 187
Figura 87 - Dique no Bairro N em Campo Bom e sistema de bombeamento. 188
Figura 88 – Dique junto à foz do Arroio Schmidt e sistema de bombeamento. 190
Figura 89 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Médio Sinos C2A 192
Figura 90 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Médio Sinos C2B 193
Figura 91 - Dique no Arroio Angabei e sistema de bombeamento. 194
Figura 92 - Diques em Igrejinha Norte e sistemas de bombeamento Alternativa A 195
Figura 93 - Diques em Igrejinha Sul e sistemas de bombeamento Alternativa A 196
Figura 94 - Diques em Igrejinha Norte e sistemas de bombeamento - Alternativa B 198
Figura 95 - Diques em Igrejinha Sul e sistemas de bombeamento Alternativa B 199
Figura 96 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Alto Sinos 201
Figura 97 - Diques em Rolante às margens do A. Areia e sistemas de bombeamento. 202
Figura 98 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções 207
Figura 99 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com diques 207
Figura 100 - Mapa de Perigo C2-A 210
Figura 101 - Mapa de Perigo C2-B 211
Figura 102 - Mapa de Perigo C2-C 212
Figura 103 - Elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Baixo Sinos 216
Figura 104 - Elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Médio Sinos C2A 217
Figura 105 - Elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Médio Sinos C2B 218
Figura 106 - Elevação do nível d'água entre os cenários 0 e 2 - Alto Sinos 219
Figura 107 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Baixo Sinos C2A 220
Figura 108 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Baixo Sinos C2B 221
Figura 109 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Baixo Sinos C2C 222
Figura 110 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Médio Sinos C2A. 223
Figura 111 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Médio Sinos C2B 224
Figura 112 - Zoneamento de Áreas Inundáveis - Alto Sinos 225
Figura 113 - Fluxograma de Ações. 311

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Dados do Contratante 11
Quadro 2 - Dados do Consórcio 12
Quadro 3 - Dados do Contrato 12
Quadro 4 - Produtos previstos no contrato e status de execução 13
Quadro 5 - Municípios e sua localização nas Bacias Hidrográficas 17
Quadro 6 - Áreas das Sub-Bacias Hidrográficas 19
Quadro 7 - Comparação de classes de uso dos solos entre os anos de 1993 e 2009 24
Quadro 8 - Problemas e impactos identificados na bacia 43
Quadro 9 - Quantitativos topobatimetricos 46
Quadro 10 - Séries Pluviométricas Utilizadas 51
Quadro 11 - Séries Fluviométricas Utilizadas. 52
Quadro 12 - Resumo da Estação Taquara Montante. 53
Quadro 13 - Resumo das Características da Estação Campo Bom. 53
Quadro 14 - Resumo da Estação São Leopoldo. 54
Quadro 15 - Coeficientes de rugosidade propostos 66
Quadro 16 - Níveis do Guaíba considerados 68
Quadro 17 - Análise combinatória de efeitos (Sinos x Guaíba). 70
Quadro 18 - Parâmetros Hidráulicos e Computacionais 71
Quadro 19 - Alternativas estrutural e não-estrutural para os cenários 116
Quadro 20 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 5** 124
Quadro 21 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 10** 125
Quadro 22 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 25** 126
Quadro 23 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 50** 127
Quadro 24 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 100** 128
Quadro 25 - Novas áreas edificadas sujeitas aos eventos de cheias (m²) 129
Quadro 26 - Segurança das pontes quanto a capacidade de escoamento da cheia de **TR 100** 130
Quadro 27 - Áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias C1 136
Quadro 28 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições C1 137
Quadro 29 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no **Cenário 1** 146
Quadro 30 - Custos das Intervenções na Área - C1 147
Quadro 31 - Estações de Bombeamento na região da BR-448 163
Quadro 32 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas no Baixo Sinos C2A, C2B e C2C. 213
Quadro 33 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas no Médio Sinos C2A e C2B. 214
Quadro 34 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas no Alto Sinos C2. 214
Quadro 35 - Quantificação das áreas de convivência de cheias no Baixo Sinos C2A, C2B e C2C. 214
Quadro 36 - Quantificação das áreas de convivência de cheias no Médio Sinos C2A e C2B. 215
Quadro 37 - Quantificação das áreas de convivência de cheias no Alto Sinos C2. 215
Quadro 38 - Custo do zoneamento, desapropriação e revitalização no Baixo Sinos C2A, C2B e C2C 226
Quadro 39 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização no Médio Sinos C2A e C2B 226

Quadro 40 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização no Alto Sinos C2 227
Quadro 41 - Custo Total da Intervenção no Baixo Sinos C2 228
Quadro 42 - Custo Total da Intervenção no Médio Sinos C2 229
Quadro 43 - Custo Total da Intervenção no Alto Sinos C2 230
Quadro 44 - Custos de instalação, operação e manutenção de estações hidrometeorológicas 234
Quadro 45 - Características de seguros contra inundações. 234
Quadro 46 - Escopo considerado para a Análise Econômica de Cheias 237
Quadro 47 - Intervalos considerados nas manchas de inundação 238
Quadro 48 - Área totais atingidas pelas manchas de inundação por TR (km²) 238
Quadro 49 - Resumo da quantificação das áreas construídas por município (m²) - **Cenário 0** 239
Quadro 50 - Custos unitários básicos de construção - outubro/2017 239
Quadro 51 - Dados gerais dos municípios atingidos 240
Quadro 52 - Quantificação de Prejuízos Indiretos sobre Prejuízos Diretos 241
Quadro 53 - Prejuízos Públicos contabilizados pela Defesa Civil 242
Quadro 54 - Prejuízos registrados pela Defesa Civil em Inundações na Bacia 243
Quadro 55 - Tempo de Limpeza em áreas edificadas 244
Quadro 56 - Renda média mensal e média de moradores por residência discriminadas por município 245
Quadro 57 - Comparativo de Prejuízos entre Cenários 249
Quadro 58 - Resultado dos Critérios Econômicos de Avaliação das obras propostas 251
Quadro 59 - Pesos atribuídos para cada área 254
Quadro 60 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação 256
Quadro 61 - Análise Multricritério Global - Baixo Rio dos Sinos 257
Quadro 62 - Análise Multricritério Global - Médio Rio dos Sinos (Paranhana) 259
Quadro 63 - Análise Multricritério Global - Alto Sinos (Rolante/Caraá/Riozinho) 261
Quadro 64 - Análise Multricritério - Região do Município de Nova Santa Rita 263
Quadro 65 - Análise Multricritério - Município de Sapucaia do Sul 265
Quadro 66 - Análise Multricritério - Região do Município de São Leopoldo - Arroio Cerquinha 267
Quadro 67 - Análise Multricritério - Região do Município de Canoas e Esteio 269
Quadro 68 - Análise Multricritério - Região do Município de Campo Bom - Bairro N 271
Quadro 69 - Análise Multricritério - Município de Campo Bom – A. Schmidt 273
Quadro 70 - Análise Multricritério - Região do Município de São Leopoldo - Bairro Feitoria 275
Quadro 71 - Análise Multricritério - Novo Hamburgo - Bairro Lomba Grande 277
Quadro 72 - Análise Multricritério - Município de Igrejinha 279
Quadro 73 - Análise Multricritério - Município de Três Coroas 281
Quadro 74 - Análise Multricritério - Município de Rolante 283
Quadro 75 - Análise Multricritério - Município de Riozinho 285
Quadro 76 - Análise Multricritério - Município de Caraá 287
Quadro 77 - Levantamento de custos de implementação das intervenções consolidadas 289
Quadro 78 - Intervenções consolidadas na Bacia - Fluxo de caixa de investimentos 290
Quadro 79 - Níveis institucionais envolvidos por grupo de ações 293

Quadro 80 - Áreas protegidas pelo sistema de diques 303
Quadro 81 - Disponibilização de Informação 312
Quadro 82 - Atualização dos Planos Diretores 312
Quadro 83 - Programa de Educação Ambiental 313
Quadro 84 - Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo 314
Quadro 85 - Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem 315
Quadro 86 - Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos de Cheias 316
Quadro 87 - Programa de Inspeção e Manutenção Periódica 316
Quadro 88 - Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais 317
Quadro 89 - Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais 317
Quadro 90 - Elaboração dos Planos de Contingências 318
Quadro 91 - Instalação de rede de previsão e alerta 319
Quadro 92 - Metas Institucionais relativas ao planejamento 319
Quadro 93 - Projetos Básicos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias 321
Quadro 94 - Projetos Executivos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias 322
Quadro 95 - Licenciamento Ambiental dos Sistemas de Proteção Contra Cheias 323
Quadro 96 - Cronograma de Execução de Projetos e Implantação das Obras 323

1 APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante do “Estudo de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias na Bacia do Rio dos Sinos”, e trata do “PRODUTO 18 - RELATÓRIO FINAL”, conforme descrito no Edital CELIC-RS nº 008/14 na modalidade de Regime de Contratação Diferenciada (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 dos Sinos, 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 dos Sinos

Quadro 2 - Dados do Consórcio

DADOS DO CONSÓRCIO	
Nome Fantasia	Consórcio Metroplan Bacia Rio dos Sinos
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@mjengenharia.com
	ricardo.santiago@mjengenharia.com

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 3 - Dados do Contrato

DADOS DO CONTRATO	
Termo de Compromisso do Estado do RS com União	0402.532-34/2012-RS
Edital CELIC	RDC 008/14
Número do contrato com a METROPLAN	003/2015
Objeto	Elaboração de estudos e projetos necessários para a gestão de inundações na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos
Ordem de início	16 de junho de 2015
Prazo	540 dias (término estimado em 07/12/16)
Prazo Prorrogado Cfe. 1º Aditivo Contratual de 08/06/2016. FPE Nº 023001/2014 Exp. Administrativo 686-22.64/14-5	12 meses a contar de 07/12/2016 (término estimado em 07/12/17)
Prazo Prorrogado Cfe. 2º Aditivo Contratual de 08/06/2016. FPE Nº 023001/2014	120 dias a contar de 8/12/ 2017 (término estimado em 07/04/18)
Prazo Prorrogado Cfe. 3º Aditivo Contratual de 06 /04/2018 FPE Nº 023001/2014	105 dias a contar de 06 de abril de 2018 (término estimado em 20/07/18)
Prazo Prorrogado Cfe. 4º Aditivo Contratua lde 20/07/2018 FPE Nº 023001/2014	30 dias a contar de 20 de julho de 2018 (término estimado em 19/08/18)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

2 INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve a metodologia, as atividades desenvolvidas e os produtos resultantes da elaboração do “PRODUTO 18 - RELATÓRIO FINAL", referente à Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, localizada no estado do Rio Grande do Sul, conforme solicitado no Termo de Referência:

> ***PRODUTO 18 - RELATÓRIO FINAL***
>
> *Ao final dos trabalhos deverá ser formulado um relatório final que contemplará uma resenha das atividades desenvolvidas culminando com as conclusões que levarão as soluções dos problemas ocasionados pelas cheias na área de interesse e as soluções desenvolvidas.*
>
> *O documento em pauta deverá conter todos os elementos que o torne totalmente compreensível, como textos explicativos, desenhos, planilhas, anexos, etc.*

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.

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**	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3 RELATÓRIO FINAL

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 dos Sinos
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.2 Objetivos do Relatório

O PRODUTO 18 - Relatório Final tem por objetivo geral descrever as atividades desenvolvidas ao longo do estudo, apontando as conclusões e soluções desenvolvidas para a mitigação dos problemas das cheias, estiagens e questões ambientais.

Os objetivos específicos do Produto 18 são:

- Apresentar os elementos que culminaram na proposição das soluções;
- Apresentar as soluções desenvolvidas e o cenário proposto;
- Concluir o estudo.

3.3 Base de Dados

A Base de Dados foi consolidada através do Produto 5, que além do Relatório Técnico, contempla uma série de arquivos digitais.

A maior parte desses arquivos contemplam dados espaciais e estão estruturados nos seguintes formatos de software de Sistema de Informação Geográfica (SIG):

- Composição de mapas: arquivos de projeto ArcGIS formato MXD;
- Camadas vetoriais: arquivos em formato ESRI shapefile;
- Imagens georreferenciadas: arquivos em formato GeoTiff.

Os arquivos digitais não espaciais incorporados na base de dados apresentam os seguintes formatos:

- Tabelas: em formato de planilha eletrônica XLS;
- Figuras: em formato de imagem JPG;
- Documentos públicos de terceiros referenciados: em formato PDF.

O Produto 5 contempla um conjunto de dados espaciais produzidos especificamente para o presente estudo, ou que sofreram algum tipo de ajuste para enquadramento no projeto, ou que foram incorporados exatamente como foram obtidos de sua fonte original.

A organização em pastas no sistema de arquivos para os dados espaciais foi desenvolvida conforme a itemização do Relatório Técnico 5 que, por sua vez, segue a lógica estabelecida no Termo de Referência.

A listagem completa do conteúdo dos arquivos mxd apresentados no relatório de Base de Dados está disponível na pasta raiz do produto digital, no arquivo “Lista_Mapas_Camadas.xlsx”.

✓ **Sistema de Referência Cartográfica**

Adotou-se como sistema de referência cartográfica o padrão nacional planimétrico reconhecido pelo IBGE, que é o SIRGAS 2000.

A área de abrangência da Bacia dos Sinos é perfeitamente adequada para a utilização da projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator - UTM, fuso 22.

Tal projeção já é utilizada na maioria das fontes de dados consultada. Entretanto, uma quantidade significativa de dados foi apresentada no Datum SAD 69, cuja utilização foi descontinuada pelo IBGE em 2014.

A transformação de Datum foi executada utilizando-se o método de "transformação geocêntrica", indicado pelo IBGE. No software ArcGIS, o parâmetro de transformação encontra-se no item "Transformations":

SAD_1969_To_SIRGAS_2000_1 : Geocentric Translation - dx=-67,35 dy=3,88 dz=-38,22

A base de dados do projeto **"Estudo de alternativas e projetos para minimização do efeito das cheias na Bacia do Rio dos Sinos**” é composta por dados secundários compilados de diversas fontes. As principais fontes de dados são descritas a seguir.

✓ **Plano de Bacia do Rio dos Sinos [PRH-SINOS]**

O processo de planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos iniciou em 2008 com os estudos do Plano de Bacia do Rio dos Sinos elaborados pelo Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (Consórcio Pró-Sinos), pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), contando com articulação social do Comitê Sinos.

O Plano de Bacia do Rio dos Sinos foi finalizado em 2011 e abrangeu em seu escopo técnico a constituição de um grupo multi-institucional de acompanhamento do processo do elaboração do Plano (**meta 1**), a mobilização social (**meta 2**), o diagnóstico da bacia (**meta 3**), o prognóstico (**meta 4**), incluindo cenários futuros e a retomada do processo de Enquadramento) e a definição de um programa de ações e critérios de outorga (**meta 5**, Plano de Bacia).

✓ **Planos de Saneamento e Drenagem [PRS-SINOS] e [PMS]**

Os planos municipais de saneamento [PMS] apresentaram um conjunto de bases geográficas de forma independente, conforme a disponibilidade de dados em cada município.

Já o Plano Regional de Saneamento Básico [PRS-SINOS], executado posteriormente, limitou-se a agregar os dados dos planos municipais de saneamento, sem produzir novas bases geográficas.

Nos [PMS] as bases geográficas de um subconjunto de municípios da bacia foram disponibilizadas em arquivos formato DWG.

Dessa forma, foi necessário executar uma série de procedimentos para transformar dados em CAD para bases SIG. Foi priorizada a transformação de camadas de dados relevantes para o projeto e que não coincidem com outras fontes já formatadas para SIG.

✓ **Bases da METROPLAN**

A METROPLAN concedeu ao Consórcio, por meio de solicitação formal, os dados dos projetos descritos a seguir. Alguns projetos, ainda que não finalizados constituíram boa fonte de dados para o estudo em questão. São eles:

- Projeto Base Cartográfica METROPLAN - GEOPLAN.
- Projeto de compatibilização dos Planos Diretores da RMPA.
- Projeto de Base Cartográfica AULINOR.
- Projeto de Mapeamento dos processos de Parcelamento do solo.

✓ **Fontes Públicas de Dados**

Diversas fontes públicas de dados puderam vir a ser consultadas e incorporadas à base de dados geográfica do projeto, conforme a evolução dos estudos. Dentre as fontes mais significativas, pode-se destacar:

- Laboratório de Geoprocessamento de Ecologia da UFRGS.
- Portal Hidroweb, da Agência Nacional de Águas.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

3.3.1 Área de Abrangência da Base de Dados

A área de abrangência do presente estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, conforme definido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, na Lei 9.433/1997.

O Quadro 5 relaciona os municípios e sua localização em função dos divisores de água das bacias hidrográficas que compõem a Região Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Quadro 5 - Municípios e sua localização nas Bacias Hidrográficas

MUNICÍPIO	BACIAS HIDROGRÁFICAS
Araricá	Rio dos Sinos
Cachoeirinha	Rio dos Sinos e Rio Gravataí
Campo Bom	Rio dos Sinos
Canela	Rio dos Sinos e Rio Caí
Canoas	Rio dos Sinos e Rio Gravataí
Caraá	Rio dos Sinos
Dois Irmãos	Rio dos Sinos e Rio Caí
Estância Velha	Rio dos Sinos e Rio Caí
Esteio	Rio dos Sinos
Glorinha	Rio dos Sinos e Rio Gravataí
Gramado	Rio dos Sinos e Rio Caí
Igrejinha	Rio dos Sinos e Rio Caí
Nova Hartz	Rio dos Sinos
Nova Santa Rita	Rio dos Sinos e Rio Caí
Novo Hamburgo	Rio dos Sinos
Parobé	Rio dos Sinos
Portão	Rio dos Sinos e Rio Caí
Riozinho	Rio dos Sinos
Rolante	Rio dos Sinos
Santo Antônio Da Patrulha	Rio dos Sinos, Rio Gravataí e Litoral Médio
São Francisco De Paula	Rio dos Sinos, Rio Caí, Rio Mampituba, Rio Tramandaí e Taquari-Antas
São Leopoldo	Rio dos Sinos
Sapiranga	Rio dos Sinos e Rio Caí
Sapucaia Do Sul	Rio dos Sinos
Taquara	Rio dos Sinos
Três Coroas	Rio dos Sinos e Rio Caí
Obs.: Os municípios grifados em cinza compõem o escopo deste estudo, por apresentar zonas urbanizadas sujeitas às inundações ribeirinhas ao longo do Rio dos Sinos.	

Fonte: Plano Regional de Saneamento Básico - Prósinos / 2014

3.3.2 Produtos Digitais

A base digital desenvolvida no projeto é organizada como um sistema de arquivos e uma estrutura de pastas. Buscando preservar a origem dos dados, arquivos que foram incorporados no projeto da mesma forma que recebidos, foram organizados na pasta 00_Bases_Referencia.

As demais pastas foram organizadas e nomeadas buscando correspondência com a sistematização proposta no Termo de Referência. Os arquivos que constam nessa pasta, mesmo quando provenientes de outras fontes, sofreram algum tipo de tratamento.

No caso de arquivos em formato *shapefile* eles podem ser arquivos novos, provenientes do processamento de outros arquivos, ou arquivos que mantém características dos arquivos originais, onde podem ter ocorrido operações de projeção cartográfica, processamento de atributos, ou edição vetorial. As pastas de dados processados foram organizadas com a seguinte nomenclatura:

- 01_Bacias_Hidro_Planejamento
- 02_Inunda_Drenagem
- 03_Fisico_Social_Ambiental_Economico
- 04_Demografico
- 05_Institucional
- 06_Hidrologico

✓ **Bacias Hidrográficas e Planejamento**

A Figura 2 apresenta a divisão de sub-bacias utilizada no presente estudo.

Utilizou-se como base cartográfica dos municípios e do Plano de Recursos Hídricos da Bacia.

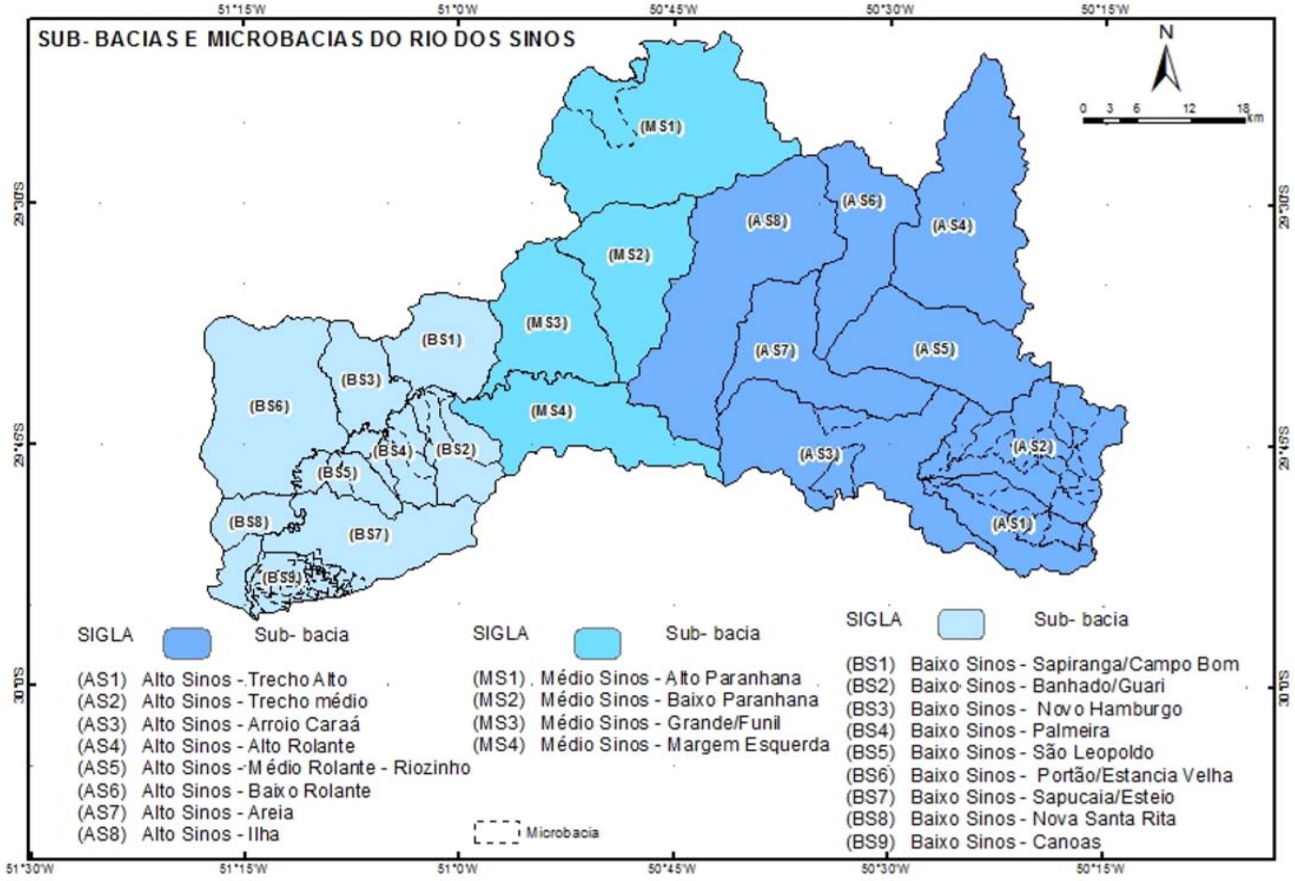


Figura 2 - Mapa de sub-bacias e microbacias propostas do Rio dos Sinos
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio do Sinos

No Quadro 6 estão relacionadas as sub-bacias com as respectivas siglas e as áreas calculadas considerando a nova versão de limites desenvolvida no presente estudo.

Quadro 6 - Áreas das Sub-Bacias Hidrográficas

SIGLA	SUB-BACIA	ÁREA DA BACIA PRH (km²)	ÁREA DA BACIA REAL (km²)
(AS1)	Alto Sinos - Trecho Alto	124,42	122,94
(AS2)	Alto Sinos - Trecho Médio	208,92	209,17
(AS3)	Alto Sinos - Arroio Caraá	286,58	284,67
(AS4)	Alto Sinos - Alto Rolante	299,71	298,68
(AS5)	Alto Sinos - Médio Rolante - Riozinho	193,11	192,77
(AS6)	Alto Sinos - Baixo Rolante	153,19	152,24
(AS7)	Alto Sinos - Areia	171,53	171,53
(AS8)	Alto Sinos - Ilha	354,81	356,12
(MS1)	Médio Sinos - Alto Paranhana	393,53	388,09
(MS2)	Médio Sinos - Baixo Paranhana	181,83	181,55
(MS3)	Médio Sinos - Grande/Funil	176,54	170,79
(MS4)	Médio Sinos - Margem Esquerda	190,09	195,08
(BS1)	Baixo Sinos - Sapiranga/Campo Bom	115,06	116,93
(BS2)	Baixo Sinos - Banhado/Guari	89,99	84,73
(BS3)	Baixo Sinos - Novo Hamburgo	82,05	80,99
(BS4)	Baixo Sinos - Palmeira	61,88	65,13
(BS5)	Baixo Sinos - São Leopoldo	52,33	49,08
(BS6)	Baixo Sinos - Portão/Estancia Velha	261,49	258,24
(BS7)	Baixo Sinos - Sapucaia/Esteio	177,60	169,51
(BS8)	Baixo Sinos - Nova Santa Rita	74,40	72,24
(BS9)	Baixo Sinos - Canoas	47,32	52,23

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Além da sub divisão territorial da bacia hidrográfica em sub-bacias e micro-bacias, tais foram caracterizadas em termos de tipo de solo, área urbanizada e aspectos hidrológicos. Tal detalhamento pode ser consultado no Produto 6.

✓ **Histórico de Inundações e Sistema de Drenagem**

Para levantamento do histórico de inundações, utilizou-se das seguintes abordagens: registros oficiais provenientes da Defesa Civil, registros informais a partir de notícias de jornal e registros testemunhais a partir de entrevistas de campo.

O detalhamento do histórico foi compilado através de:

- Registro de Desastres Naturais.
- Identificação de Locais de Inundação na Área de Planejamento.
- Identificação fotográfica e Entrevista com moradores.

✓ **Dados Físicos, Sociais, Ambientais e Econômicos**

Os dados físicos, sociais, ambientais e econômicos foram estruturados da seguinte forma:

- Topografia.
- Geologia e pedologia.
- Imagem de satélite e uso do solo.
- Mapeamento de pontos críticos de instabilidade geotécnica.

- Prejuízos por inundações.
- Situação econômica e financeira das prefeituras e autarquias.
- Áreas degradadas devido à erosão.
- Áreas de interesse ambiental.
- Áreas de interesse conforme Plano Diretor Municipal.
- Diagnóstico de fauna e flora.

✓ **Dados Demográficos**

Os dados demográficos são provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, que constitui uma fonte pública de dados. Os dados demográficos foram estruturados da seguinte forma:

- População por município da bacia.
- Densidade demográfica na bacia.
- População urbana e rural na bacia.
- Distritos municipais e população na bacia.
- Distribuição de renda na bacia.
- Estudos de evolução populacional.
- População em áreas informais.

✓ **Aspectos Institucionais**

A coleta de dados de aspectos institucionais baseada nos planos municipais de saneamento e informações das prefeituras resultou em um conjunto de tabelas, organizadas em planilha de cálculo e compatíveis para importação em sistemas de bancos de dados. Os aspectos institucionais foram estruturados da seguinte forma:

- Legislação.
- Gestão.
- Programas de educação ambiental e participação comunitária.
- Planos, estudos e projetos.

✓ **Dados hidrológicos**

Os dados hidrológicos são fundamentais na compreensão do sistema hidrológico de uma bacia hidrográfica.

Observou-se que na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, área alvo de muitas medições e estudos em função dos diversos eventos de inundações, encontra-se disponível um considerável acervo de dados hidrológicos que permitiu o entendimento da dinâmica dos processos envolvidos.

Os dados hidrológicos foram estruturados da seguinte forma:

- Dados pluviométricos.
- Dados fluviométricos.

Tais informações estruturadas foram de fundamental importância para o andamento do trabalho, desde o diagnóstico dos problemas da bacia, até o desenvolvimento das simulações hidrológicas e hidrodinâmicas e os cenários de alternativas.

3.4 Diagnóstico

Para elaboração do diagnóstico foram examinados os componentes relacionados à drenagem urbana e às inundações e suas relações com o planejamento urbano e a infraestrutura, assim como outros serviços públicos. O Diagnóstico foi consolidado através do Produto 6.

Para tanto foram identificados de acordo com o Termo de Referência, os principais impactos negativos, consequentes do incremento acelerado da urbanização (cidade de fato e a cidade planejada), sistemas de água e esgoto existentes e planejados, resíduos sólidos, drenagem urbana e ocorrência de inundações ribeirinhas.

3.4.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos está inserida na Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba, localizando-se na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul, a qual é formada pelas seguintes bacias hidrográficas: Vacacaí-Mirim, Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Taquari-Antas, Caí, Gravataí, Guaíba e Pardo.

O Rio dos Sinos deságua no Delta do Rio Jacuí, onde também afluem, e muito próximos, os Rios Caí e Gravataí.

O exutório da Bacia do Rio dos Sinos contribui diretamente para a Bacia do Lago Guaíba (sul). Dessa forma, verifica-se uma significativa interação entre essas bacias, apesar de ocorrer em uma pequena extensão de fronteira.

✓ **Unidades de Planejamento**

A divisão de áreas territoriais significativas ou complexas em termos socioeconômicos e ambientais, no processo de segmentação de uma bacia hidrográfica, é uma técnica usual no planejamento de recursos hídricos, buscando-se facilitar o conhecimento da diversidade de condições homogêneas de prevalência, bem como possibilitar o entendimento dos problemas ocorrentes e a proposição de ações de resolução ou mitigação.

O processo de segmentação das unidades de planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, conforme proposto pelo PRH-SINOS, considerou a área da bacia de forma integrada, total ou parcialmente nos 32 municípios que compõem a região hidrográfica.

O Comitê da Bacia do Rio dos Sinos - COMITESINOS, seguindo essa compartimentação hidrográfica, com suas distintas identidades em termos de relevo, geologia e geomorfologia, usos da água, ocupação do solo, ocupação urbana, identidade regional, entre outros critérios, dividiu a Bacia do Rio dos Sinos em três macrounidades e 21 microunidades (sub-bacias), de acordo com os arroios e rios mais importantes.

Ambas as divisões, com mapas e bases geográficas digitais, encontram-se disponíveis no Produto 5 - Base de Dados do presente estudo [EAP-SINOS], contemplando ajustes cartográficos nas fronteiras a partir de uma base de dados mais detalhada.

✓ **Geologia e Geomorfologia**

Para a Bacia do Rio dos Sinos, a espacialização dos domínios morfoestruturais foi realizada com apoio dos mapas geológico e geomorfológico disponíveis, associados às linhas de drenagem e às variáveis morfométricas de altimetria e de declividades.

Os seguintes domínios morfoestruturais se apresentam na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos:

- Depósitos Sedimentares;
- Bacias e Coberturas Sedimentares.

O Relevo da Bacia do Rio dos Sinos, considerando as variáveis de altimetria, declividades, curvaturas horizontal e vertical, apresenta quatro tipos de modelados de acumulação, a saber:

- Planície Lacustre;
- Planície Fluvial;
- Terraço Fluvial;
- Terraço Coluvionar.

✓ **Hidrogeologia**

Com relação às águas subterrâneas da Bacia do Rio dos Sinos, o PRH-SINOS apresenta a disponibilidade hídrica subterrânea para a bacia, obtida através da potencialidade hídrica de cada sistema aqüífero identificado a partir de análise hidrogeológica regional. Essa análise considerou como parâmetros fundamentais a constituição geológica morfológica da área.

De forma geral, observa-se que são muito explorados os poços tubulares, como instrumentos de captação de água na região do Baixo Sinos, em especial nos municípios de Canoas e Nova Santa Rita.

Em Canoas o Sistema Aquífero Permiano ocorre em subsuperfície, assim como em parte de Esteio. Nesses locais a permeabilidade é baixa a moderada, sendo ampliada em casos de intrusão ou fraturamento.

Em Nova Santa Rita, parte de Sapucaia do Sul, Esteio, Cachoeirinha e Gravataí, predomina o Aquífero Rio do Rastro, que com predominância de litologias finas nessa formação (Grupo Passa Dois ou Rio do Rastro), apresenta comportamento bastante fraco com relação às capacidades de armazenamento e condução de águas subterrâneas, sendo classificado como um aquífero pobre.

✓ **Relevo e Pedologia**

Considerando a definição de solo, como sendo a camada superficial constituída de partículas minerais e orgânicas, distribuídas em horizontes de profundidade variável, resultantes da ação conjunta de agentes intempéricos sobre as rochas, e da adaptação destas às condições de equilíbrio do meio em que se encontram expostas, a análise pedológica da Bacia do Rio dos Sinos mostra que para a área de estudo, não há um mapeamento de detalhes ou semidetalhes dos solos, permitindo apenas uma localização geral dos mesmos.

De acordo com o mapa de solos elaborado pela EMATER/RS (2007), os solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos são:

- Planossolo háplico eutrófico;
- Chernossolo háplico órtico;
- Argissolo vermelho distrófico;
- Argissolo vermelho-amarelo distrófico;
- Cambissolo húmico alumínico;
- Outros solos.

✓ **Fisiografia das Sub-bacias**

A metodologia de caracterização dos dados fisiográficos da Bacia do Rio dos Sinos, foi estruturada nas seguintes etapas:

- Manipulação dos dados SRTM;
- Divisão de sub-bacias e regiões hidrográficas;
- Extração dos índices morfométricos por sub-bacias e regiões; e
- Análise dos dados.

Com relação à influência das variáveis, que geraram as características fisiográficas da bacia, e sua implicação nas enchentes de cada trecho e no exutório, aumentando o efeito das enchentes tanto no interior da sub-bacia, como a jusante da mesma, algumas considerações devem ser destacadas para melhor entendimento da modelagem matemática adotada:

- **Área**: Quanto maior for a área da sub-bacia, maior será o volume que passará para o exutório da mesma;
- **Amplitude altimétrica, relevo e declividade**: Estão intrinsecamente ligados a velocidade de escoamento, ou seja, quanto maior o valor, mais rápido é o escoamento, reduzindo assim o acúmulo de água na bacia;
- **Distância**: Quanto maior a distância do exutório de uma sub-bacia à foz do Rio dos Sinos, menor será a influência que ela irá exercer nas enchentes na foz do mesmo;
- **Densidade de drenagem**: Quanto maior a densidade, maior a velocidade com que a água atinge o rio. Há que se considerar aqui o substrato rochoso, que quando mais permeável, reduz a capacidade de formação de canais, diminuindo assim a densidade de drenagem;
- **Índice de circularidade**: Forma da sub-bacia, o que influencia na retenção da água das chuvas. Quanto mais circular for, mais água retém, aumentando a suscetibilidade às enchentes, e reduzindo os efeitos a jusante;
- **Índice de sinuosidade**: Relação entre o comprimento verdadeiro do canal e seu comprimento vetorial. Quanto maior a sinuosidade, menor a velocidade de escoamento, ou seja, maior retenção de água na sub-bacia. Usos e Ocupação Atual do Solo na Bacia

As características fisiográfica das sub-bacias são caracterizadas em detalhe no Produto 6.

✓ **Uso e Ocupação Atual do Solo na Bacia**

Historicamente, a ocupação do solo na RMPA, se deu a partir dos cursos d'água, junto às margens, pois esses eram os caminhos naturais de comunicação entre as diferentes regiões. Dessa maneira, o padrão de ocupação foi determinado pela hidrografia.

Cabe destacar aqui a influência desses eixos, pois sua inserção no cenário da região, em especial do Baixo Sinos, acelerou o processo de ocupação urbana e industrial de grandes áreas da Bacia.

Em especial as planícies de inundação situadas nas margens direitas do Rio e próximas dos centros urbanos dos municípios de Campo Bom e Novo Hamburgo, bem como na margem esquerda nas áreas urbanas de São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Esteio e Canoas.

Quadro 7 - Comparação de classes de uso dos solos entre os anos de 1993 e 2009

Classes de Uso do Solo	Ano de 1993 (ha)	Ano de 2009 (ha)	Evoluções (%)
Vegetação	131.553	138.569	+ 5,33 %
Campo em Área Agrícola	167.414	137.404	- 17,92 %
Solo Exposto	25.844	42.910	+ 66,03 %
Florestamento	4.864	16.120	+ 231,41 %
Mancha Urbana	18.424	26.286	+ 42,67 %
Corpos d'água	783	776	- 0,09 %
Total Geral	**348.882**	**362.065**	

Fonte: LIMA, 2011

✓ **Síntese do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos [PRH-SINOS]**

No contexto da caracterização da bacia hidrográfica, torna-se relevante resgatar o conteúdo do principal instrumento de planejamento, que é o Plano de Bacia. Nessa seção é apresentada uma síntese do conteúdo do Plano.

A avaliação específica do Plano de Bacia relacionado com as questões de drenagem é apresentada no Produto 6 - Diagnóstico.

O processo de planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos iniciou em 2008 com os estudos do Plano de Bacia do Rio dos Sinos elaborados pelo Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (Consórcio Pró-Sinos) mediante contratação de empresas de consultoria, contando com articulação social do ComitêSinos.

Este Plano foi finalizado em 2011 e abrangeu em seu escopo técnico a constituição de um grupo multi-institucional de acompanhamento do processo de elaboração do Plano, a mobilização social, o diagnóstico da bacia, o prognóstico (incluindo cenários futuros e a retomada do processo de Enquadramento) e a definição de um programa de ações e critérios de outorga.

Em 2013 o Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (DRH/SEMA), contratou empresa de consultoria para a elaboração da última etapa do Plano que envolveu a complementação do Enquadramento, um Programa de Ações, cobrança pelo uso da água e diretrizes gerais para outorga. Este Plano foi finalizado em 2014.

Analisando as demandas hídricas estimadas para a bacia, a porção baixa se destaca, sendo o protagonismo dividido entre consumo humano (51%) e irrigação (30%) nos meses de irrigação, enquanto nos demais meses o abastecimento para consumo humano passa a representar 72%.

Cabe destacar a transposição de água do Rio Caí para a Bacia do Rio Sinos, que em decorrência da regra operacional do Sistema Salto-Bugres-Canastra, podem ocorrer situações específicas em que são liberadas maiores quantidades de água em determinadas horas do dia.

Analisando os balanços hídricos disponibilidades versus demandas de água e considerando as disponibilidades hídricas com permanência temporal de 90%, os déficits hídricos ocorrem em praticamente todas as Unidades de Estudo da porção baixa da Bacia e, ainda, em duas unidades da porção alta e uma da porção média.

Na situação mais restritiva, considerando as disponibilidades hídricas com permanência temporal de 95%, os déficits hídricos ocorrem em praticamente todas as Unidades de Estudo da Bacia.

A etapa de avaliação de cenários futuros apresentada no Plano finalizado em 2011, parte integrante da fase de Prognóstico do Plano, decorre dos estudos de disponibilidades hídricas e demandas realizados para o cenário atual.

Estes cenários foram simulados da mesma forma que o cenário atual: através de balanços hídricos confrontando disponibilidades e demandas. O horizonte temporal para estes cenários é de 20 anos.

Independente do cenário simulado, as unidades com maiores déficits hídricos estão no Baixo Sinos, no entanto, por se localizarem próximos à foz do Rio dos Sinos se beneficiam do efeito de remanso do Lago Guaíba, que não foi considerado nos balanços hídricos.

Observa-se, analisando as situações simuladas, a importância da regularização de vazões para o atendimento futuro das demandas.

Pode-se afirmar que o aumento nas demandas no horizonte de 20 anos, somente será viabilizado se houver aumento das disponibilidades hídricas através da implantação de obras de regularização ou transposição.

Outro fato a ser destacado é que as simulações não levaram em consideração a manutenção de parcela da vazão ecológica ou remanescente nos cursos de água, fato que tornaria os resultados mais críticos, uma vez que reduziria as disponibilidades hídricas.

Na Bacia do Rio dos Sinos, o processo de Enquadramento foi iniciado no ano 2000 e aprovado em 2003, sob a vigência da Resolução CONAMA Nº 20/86.

O Plano de 2011 apresentou as proposições técnicas e institucionais relativas à retomada do processo de enquadramento na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, descrevendo as fontes de informação, o arranjo institucional e a metodologia aplicada para a definição do Enquadramento existente, e apresenta as limitações e implicações do Enquadramento na visão do Comitesinos.

O Plano de 2014 realizou uma complementação no processo de Enquadramento, que a critério do Comitê, considerou outros 6 cursos d'água, além dos 4 já considerados no enquadramento de 2003.

Foi desenvolvida uma modelagem hidrodinâmica quali-quantitativa que foi utilizada para confecção de cenários futuros, subsidiando a definição da vazão de referência e cenários intermediários de Enquadramento.

A vazão de referência adotada foi a Q85%.

O primeiro Plano de Ações para a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos foi desenvolvido durante o Plano finalizado em 2011. Este Plano propôs 23 ações divididas em 10 programas.

O Plano de 2014 realizou uma atualização e complementação destes programas, mantendo todas as ações propostas (com exceção do estudo hidrodinâmico, que foi executado no âmbito do Plano de 2014, conforme será detalhado mais adiante), com algumas alterações de nomenclaturas.

São eles:

- Programa de Aumento da Disponibilidade Hídrica;
- Programa de Otimização de Demandas de Água;
- Programa de Monitoramento Quali/Quantitativo;
- Programa de Controle de Cheias;
- Programa de Determinação da Vazão Ecológica.

3.4.2 Planejamento Urbano e de Infraestrutura

O planejamento urbano tende cada vez mais a ser uma atividade multidisciplinar, que pressupõe antecipar cenários futuros, apoiando-se em uma determinada realidade onde se conhece um conjunto de informações.

Dentro desta lógica o diagnóstico, foi desenvolvido utilizando a Base de Dados (Produto 5), através da qual fez-se a interpretação e cruzamentos de seu conjunto de informações.

Os planos diretores urbanísticos buscam planejar o uso do solo na área do município.

A Figura 3 mostra uma visão integrada do zoneamento do uso do solo em todos os municípios da bacia.

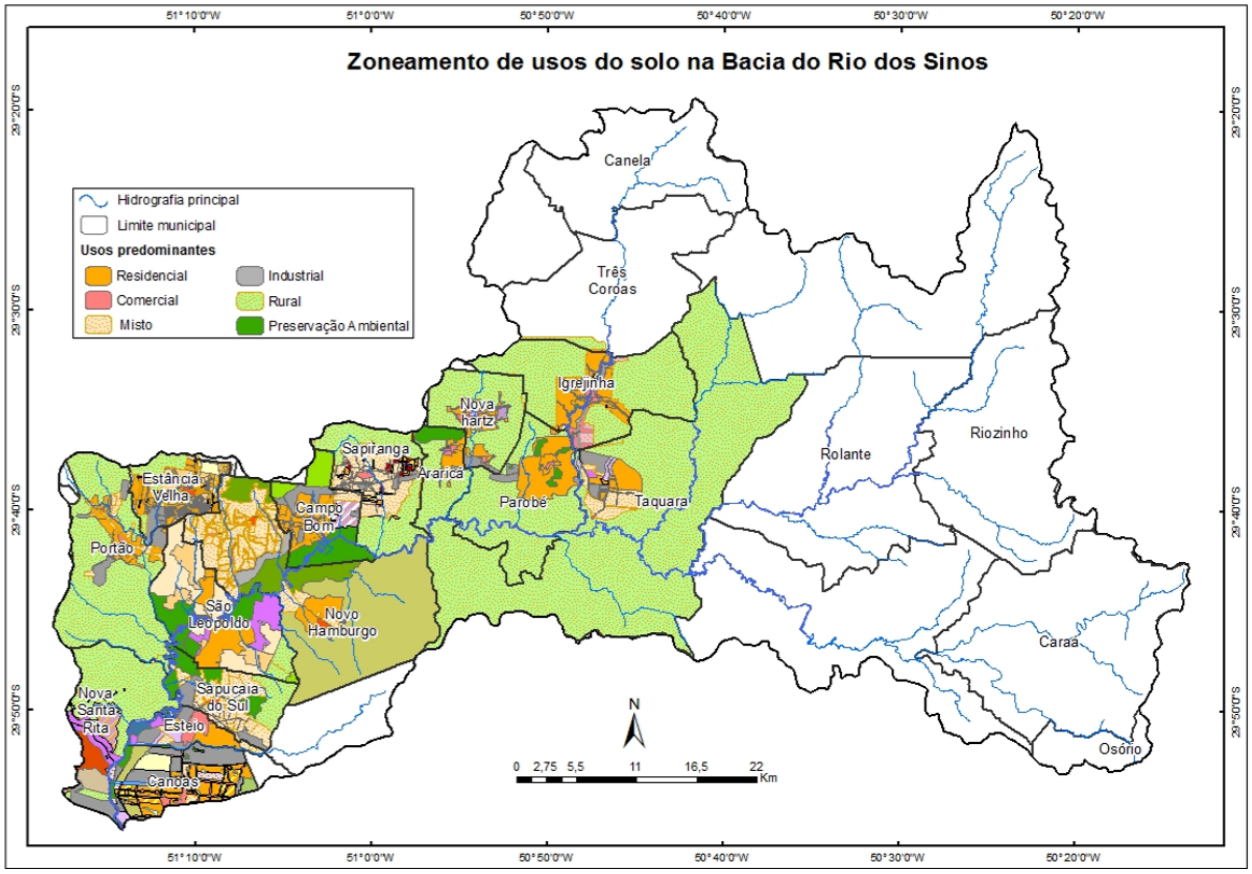


Figura 3 - Planejamento urbano dos municípios que compõem a bacia
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Os municípios ora espacializados são aqueles com significativa área urbana dentro da bacia, e com material disponível (mapa de zoneamento de usos do solo em formato editável) na ocasião de elaboração do diagnóstico.

Nos anexos do Produto 6, é possível visualizar o mapa em escala mais detalhada, bem como a legenda específica de zoneamento para cada município.

Os Planos Diretores de cada município constante na bacia são detalhados no Produto 6. São eles:

- Araricá: Lei nº 502/2006, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento (PDD).
- Campo Bom: Seu Plano Diretor, Lei nº 2.988/2006, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado.
- Canoas: Lei nº 5.341 de 22 de outubro de 2008, é denominado Plano Diretor Urbano Ambiental.
- Caraá: Lei nº 780/2006, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal e o Sistema de Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Urbano.
- Estância Velha: Lei nº 1.821, de 15 de outubro de 2012, é denominado Plano Diretor do Município de Estância Velha.
- Esteio: Lei nº 4.247, de 06 de dezembro de 2006, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.
- Igrejinha: Lei n° 3.824 de 27 de outubro de 2006, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Rural e Ambiental.
- Nova Hartz: Lei n° 1.450 de 1 de dezembro de 2009, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial e Ambiental.
- Nova Santa Rita: Lei n° 814 de 05 de dezembro de 2006, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável.
- Novo Hamburgo: Lei n° 1.216 de 20 de dezembro de 2004, é denominado Plano Diretor Urbanístico Ambiental.
- Parobé: Lei n° 1.840/2001, é denominado Plano Diretor do Município de Parobé.
- Portão: Lei n° 2.080/2010, é denominado Plano Diretor do Município de Portão.
- Riozinho: Lei n° 1.037/2009, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Rural de Riozinho.
- Rolante: Lei n° 2.142 de 01 de novembro de 2006, é denominado Plano Direto do Município de Rolante.
- São Leopoldo: Lei n° 6.125 de 19 de dezembro de 2006, é denominado Plano Diretor do Município de São Leopoldo.
- Sapiranga: Lei n° 4.805 de 30/08/2011, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Humano e Ambiental.
- Sapucaia do Sul: Lei n° 2.896, é denominado Plano Diretor do Município de Sapucaia do Sul.
- Taquara: Lei n° 3.715/2006, é denominado Plano Diretor do Município de Taquara.
- Três Coroas: Lei n° 2.546 de 10 de outubro de 2006, é denominado Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado.

A presença dos recursos hídricos configurando os limites físicos intermunicipais gera uma dependência em termos de planejamento no que tange aos diferentes cenários propostos nos PMSB's, e consequentemente na Bacia do Rio dos Sinos como um todo.

Portanto no Produto 6, apresentou-se as interfaces municipais com a sobreposição dos planos diretores, suas divisas políticas e, quando coincidente, a divisa hídrica.

A região do Alto Sinos, de Caraá até Rolante apresenta áreas de baixa densidade populacional, se comparadas às regiões mais urbanizadas, destacando-se apenas as pequenas propriedades rurais e suas culturas diversificadas.

Na porção do Médio Sinos entre Taquara e Sapiranga, a densidade populacional aumenta, embora essas cidades não estejam localizadas próximas às margens do Rio dos Sinos.

No trecho do Baixo Sinos, de Campo Bom até a foz no delta do Jacuí, a concentração populacional e industrial é bastante grande, destacando-se nessas áreas o aspecto de que a drenagem pluvial e de esgotos dos centros urbanos é feita em grande parte pelos arroios e rios formadores do Sinos.

Historicamente é comum municípios surgirem e se desenvolverem às margens de rios e arroios.

Na bacia do Sinos alguns municípios também surgiram nestas condições como é caso de São Leopoldo, onde os primeiros habitantes construíram suas casas próximas ao Rio do Sinos.

Não por acaso são recorrentes as notícias de alagamentos e enchentes em municípios da bacia com registro de danos a bens públicos e particulares.

Todos planos diretores municipais indicam as áreas previstas para a expansão urbana.

Ao analisarem-se as áreas de expansão urbana e as bacias de drenagem urbana, buscou-se no Diagnóstico verificar a situação do impacto da ocupação futura sobre o sistema de drenagem já implantado na área atualmente urbanizada.

A partir do cruzamento de dados dos planos municipais de saneamento básico, mais especificamente, os pontos críticos de alagamento de cada município, pôde-se observar que a maior ocorrência de alagamentos se dá no Baixo-Sinos, entre os municípios de Novo Hamburgo e Canoas.

Quanto à vulnerabilidade das áreas de ocupação regular e irregular, observou-se maior incidência de aglomerados subnormais em Canoas, Novo Hamburgo e São Leopoldo.

Além disso, nota-se que em Canoas e Novo Hamburgo a localização destes aglomerados é marcada pela ocorrência de pontos de alagamento.

3.4.3 Drenagem Urbana e Inundações

Na sequência apresentam-se as características dos sistemas de drenagem urbana na área de abrangência dos estudos, relacionando-os com os principais aspectos geradores de inundações ribeirinhas, tendo como referências principais os PMSB, todos já concluídos na área da bacia, o Plano Diretor de Drenagem Urbana (somente Porto Alegre), bem como publicações relevantes ao tema.

Faz-se ainda uma abordagem referente aos efeitos da erosão e sua abrangência, os problemas relacionados com a qualidade da água no sistema de drenagem, os impactos negativos gerados pelas inundações e a gestão das águas pluviais na bacia.

✓ **Avaliação de Planos e Estudos**

A produção de estudos e projetos relacionados aos recursos hídricos na bacia do Rio dos Sinos é extensa. Entre os estudos consultados para subsidiar a elaboração deste trabalho estão:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH;
- Plano de Bacia do Rio dos Sinos - PRS-SINOS;
- Planos Municipais e Plano Regional de Saneamento Básico - PMSB e PRSB;
- Estudos Hidrológicos do Projeto da Rodovia BR-448;
- Estudos da Agrar e Hydrotechnik GMBH, 1969.

✓ **Sistemas de Micro e Macrodrenagem na bacia**

O Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, elaborado pelo Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia, o PROSINOS, constata com relação à macrodrenagem da bacia, o seguinte:

- A Presença de sedimentos e resíduos sólidos depositados nos canais, seja no fundo ou nas margens;
- Os canais de macrodrenagem recebem a contribuição das redes coletoras de menor calibre, e conduzem as águas aos pontos mais baixos do relevo, em sua maioria cortando áreas urbanizadas, onde pode ser constatada carência de espaço físico;
- Avanço da urbanização sobre as APP's, com consequente degradação da vegetação, ou mesmo supressão vegetal e ocupação desordenada;
- Crescimento de vegetação arbustiva e arbórea em canais não revestidos e principalmente em taludes, o que compromete o livre escoamento das águas, reduzindo a seção hidráulica e consequentemente a vazão transportada pelos referidos canais;
- Edificações residenciais ou comerciais sobre a projeção dos canais existentes, sem qualquer observação quanto à legislação restritiva ou mesmo quanto aos riscos associados;
- Inexistência de cadastros topográficos das redes de macrodrenagem, mesmo de levantamentos "as-built", ou como construído.

Araricá: De acordo com o PMSB do município, o sistema de microdrenagem urbana, apresenta 12,66 km de redes, ou seja, mais da metade (55,5%) das vias pavimentadas do município não dispõe de redes de drenagem.

Campo Bom: S Prefeitura Municipal não dispõe de cadastro do sistema de drenagem, mas segundo o PMSB, pode-se afirmar que todas as vias pavimentadas dispõem de rede de drenagem, o que abrange cerca de 97% da área urbana do município.

Canoas: Diferentemente de outros municípios da bacia, possui um cadastro de drenagem de boa qualidade, executado no ano de 2006, segundo informações do levantamento aerofotogramétrico, na escala 1:2.000, com curvas de nível de metro em metro, realizado em Ago/1999, onde foi possível analisar o sistema de arroios, canais abertos, canais fechados e valas internas e externas dos pôlderes.

Canoas apresenta, de acordo com o PLAMSAB/PMC, uma extensão de aproximados 575 km de redes de microdrenagem.

Caraá: A Prefeitura Municipal não dispõe de cadastro do sistema de microdrenagem, mas segundo o PMSB, pode-se afirmar que todas as vias pavimentadas do município dispõem de rede de drenagem. O PMSB apresenta ainda, um mapa onde se registra a existência de 7,1 km de redes de microdrenagem.

Estância Velha: O PMSB do município afirma que embora a Prefeitura Municipal não disponha de cadastro do sistema de drenagem, pode-se afirmar que todas as vias pavimentadas dispõem de rede de drenagem, cerca de 97%.

Esteio: O município de Esteio possuía um Plano Diretor de Drenagem - PDD, elaborado no ano de 1994. Em 2015, a Secretaria de Obras, Viação e Serviços Urbanos contratou a execução de um "Plano Diretor de Manejo das Águas Pluviais das Bacias de Drenagem", concluído em 2016.

Igrejinha: Embora a Prefeitura Municipal não disponha de cadastro do sistema de drenagem, o PMSB afirma que todas as vias pavimentadas dispõem de rede de drenagem, o que abrange cerca de 99 % da área urbana.

Nova Hartz: O PMSB do município informa que a Prefeitura Municipal não dispõe de cadastro topográfico do sistema de drenagem, mas afirma que todas as vias pavimentadas são dotadas de rede de drenagem, bem como outras vias ainda não pavimentadas na área urbana. Considerando-se uma extensão aproximada de 133 km de vias pavimentadas na área urbana do município; estima-se que a rede de microdrenagem possua uma extensão próxima a 200 km.

Nova Santa Rita: De acordo com o PMSB, não há um cadastro topográfico atualizado da rede de microdrenagem existente.

Novo Hamburgo: A Prefeitura Municipal dispõe de um cadastro técnico das redes de microdrenagem, porém sem precisão topográfica. O PMSB informa que o sistema encontra-se presente em 90% da área urbana. A extensão da rede de microdrenagem obtida do cadastro parece apresentar consistência, ao comparar-se com a extensão de vias urbanas pavimentadas, que totaliza 714 km.

Parobé: O PMSB do município informa que a Prefeitura Municipal não dispõe de cadastro topográfico e estrutural da rede de microdrenagem.

Portão: A Prefeitura Municipal não dispõe de cadastro do sistema de drenagem, mas segundo o PMSB, pode-se afirmar que todas as vias pavimentadas dispõem de rede de drenagem, o que corresponde a 98% do sistema viário. Ou seja, ao considerar-se 231 km de vias pavimentadas, estima-se que a rede de microdrenagem possua uma extensão de 345 km.

Riozinho: Em Riozinho a Prefeitura Municipal também não dispõe de cadastro do sistema de drenagem, mas o PMSB afirma que todas as vias pavimentadas (em torno de 25 km) dispõem de rede de drenagem, que abrangem cerca de 90 % da área urbana. Dessa forma, estima-se uma extensão aproximada de 37 km de redes de microdrenagem. O PMSB identifica ainda outros problemas pontuais de deficiência de microdrenagem na área urbana.

Rolante: O PMSB afirma que embora a Prefeitura Municipal não disponha de cadastro do sistema de drenagem, todas as vias pavimentadas (em torno de 91 km) dispõem de rede de drenagem, o que abrange 98% da área urbana, ou seja, tem-se aproximados 147 km de redes de microdrenagem.

São Leopoldo: A drenagem urbana no município de São Leopoldo tem um órgão específico como gestor, que é a Coordenadoria de Drenagem Urbana (CDU) do Serviço Municipal de Água e Esgotos (SEMAE). O PMSB indica que de acordo com as informações obtidas no Plano Diretor de Saneamento de São Leopoldo, elaborado no ano de 1996, o sistema de microdrenagem existente era de 422 km na área urbana, não sendo, no entanto, informado a quantidade atual de redes de microdrenagem existente, ou mesmo percentuais de área urbana atendida pelo sistema de drenagem.

Cabe destacar que, de acordo com o mapa das vias pavimentadas do município, tem-se 678 km de vias pavimentas e 8,5 km de vias não pavimentadas, totalizando 686,5 km de vias, as quais deveriam estar sendo atendidas por um sistema de drenagem, no entanto, o documento não confirma a existência ou não de redes nessas vias.

Sapiranga: De acordo com o PMSB, a Prefeitura Municipal de Sapiranga não dispõe de levantamento com a extensão e diâmetro das redes de microdrenagem existentes, porém estima-se que a totalidade da zona urbana seja atendida com rede de microdrenagem, ou seja, 100%.

Sapucaia do Sul: Embora a Prefeitura Municipal não disponha de cadastro do sistema de drenagem, pode-se afirmar que todas as vias pavimentadas dispõem de rede de drenagem, que abrangem cerca de 97 % da área urbana, ou seja, considerando as vias pavimentadas (363 km de extensão), estima-se em torno de 543 km de redes de microdrenagem.

Taquara: O Plano Municipal de Saneamento Básico de Taquara foi iniciado somente em 2016 e ainda não tinha sido concluído no fechamento do relatório de Diagnóstico.

Três Coroas: O PMSB, afirma que embora a Prefeitura Municipal não disponha de cadastro do sistema de drenagem, todas as vias pavimentadas que abrangem cerca de 95% da área urbana dispõem de rede de drenagem.

Considerando-se uma extensão de 117 km de vias pavimentadas, estima-se uma extensão aproximada de 175 km para a rede de microdrenagem.

✓ **Sistema de Proteção Contra Cheias - SPCC**

Os municípios de Novo Hamburgo, São Leopoldo, Canoas e Cachoeirinha possuem áreas urbanizadas, localizadas sobre zonas de inundação sazonal dos rios dos Sinos e Gravataí.

Os projetos de sistemas de proteção contra cheias - SPCC datam da década de 1960 e foram elaborados pelo extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras de Saneamento.

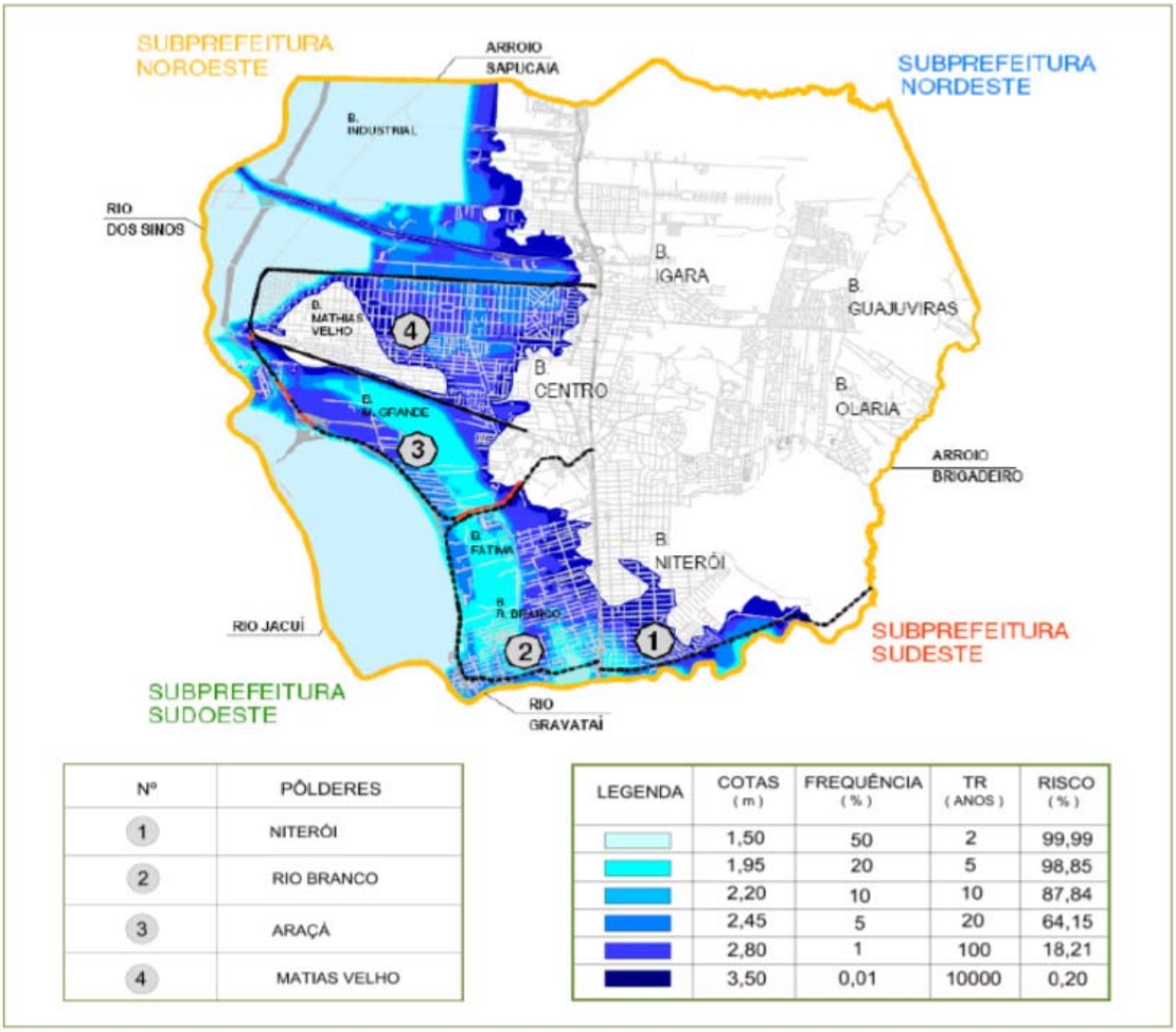
- **SPCC de Canoas**

O PLAMSAB de Canoas considera o município como vulnerável aos eventos de cheias provocadas pelas precipitações de grande intensidade e longa duração que ocorrem nas bacias dos rios dos Sinos e Gravataí.

Um aspecto a considerar-se no município de Canoas são os pôlderes, porções de terrenos baixos e planos incluídos entre aterros, no caso de Canoas, os diques.

Essas soluções de engenharia são compostas por diques de proteção, redes de drenagem, sistemas de bombeamento e reservatório.

Segundo o PLAMSAB/PMC de Canoas, conforme apresentado na Figura 4, o município conta com quatro sistemas de proteção contra as inundações provocadas pela elevação periódica dos rios dos Sinos, Jacuí e Gravataí, a saber: 1) Pôlder Niterói; 2) Pôlder Rio Branco; 3) Pôlder Araçá; 4) Pôlder Matias Velho.



Nº	PÔLDERES
1	NITERÓI
2	RIO BRANCO
3	ARAÇÁ
4	MATIAS VELHO

LEGENDA	COTAS (m)	FREQUÊNCIA (%)	TR (ANOS)	RISCO (%)
	1,50	50	2	99,99
	1,95	20	5	98,85
	2,20	10	10	87,84
	2,45	5	20	64,15
	2,80	1	100	18,21
	3,50	0,01	10000	0,20

Figura 4 - Sistemas de Proteção Contra Cheias de Canoas
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Todos os pôlderes apresentam cotas superiores a 3,50 m, exceto o Pôlder Araçá, que em quatro trechos tem cotas inferiores à cota de prevenção de inundação.

Destes sistemas de proteção contra cheias - SPCC, coletam e bombeiam água para a Bacia do Rio dos Sinos os pôlderes Niterói e Rio Branco, além da bacia do Arroio Brigadeiro que faz divisa com Cachoeirinha.

Já para o Rio dos Sinos, o bombeamento é feito pelos pôlderes Araçá e Matias Velho.

- **SPCC de Novo Hamburgo e São Leopoldo**

O projeto do SPCC no Vale do Rio dos Sinos com a construção dos diques, casa de bombas e drenagens pluviais nos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo ocorreu na década de 70, após as cheias de 1941, quando as dimensões dos diques foram balizadas.

O projeto Contra Cheias no Vale do Rio dos Sinos, iniciado no ano de 1974 e concluído em 1978, foi calculado a época para uma Cheia Máxima Provável de 10 anos.

As obras dos diques, assim como das casas de bombas, tiveram sua instalação executada ao longo de mais de 40 anos, sendo entregues à operação do município de São Leopoldo somente no início dos anos 90.

Essa questão da responsabilidade pela operação, manutenção e custeio das estruturas ainda é tema de discussões, tendo sido recentemente abordada no Seminário do Plano Metropolitano de Águas Pluviais de 2016.

O Serviço Municipal de Água e Esgotos de São Leopoldo - SEMAE, em sua página oficial da prefeitura, informa sobre a drenagem urbana e o SPCC do município que o sistema de contenção de cheias da cidade é constituído por 5 casas de bombas, 20 km de diques e 16 km de valas, conforme mostrado na Figura 5 a seguir.



Figura 5 - Sistemas de Proteção Contra Cheias de Novo Hamburgo e São Leopoldo
Fonte: Transcrito de Penteado et al [PMSB, 2014]

No caso de Novo Hamburgo, existe o dique construído pela margem direita do Rio dos Sinos, os canais condutores internos e externos e a casa de bombas, conforme apresentado pela Figura 6.

Este sistema protege parte do bairro Santo Afonso (principalmente as localidades de Vila Medianeira, Vila Prado, Popular Prado 2 e Nações Unidas).



Figura 6 - Sistemas de Proteção Contra Cheias de Novo Hamburgo - Bairro Santo Afonso
Fonte: PMSB, 2014

Salienta-se que a estrutura do dique de proteção em aterro compactado é compartilhada ainda pelo município de São Leopoldo, gerando uma relevante interface em termos de planejamento e operação do sistema.

O Sistema de Controle de Enchentes no Vale do Rio dos Sinos - SCEVRS compreende a drenagem dos pôlderes através de valas, cursos fluviais retificados e canalizados, bem como casas de bombas e sifões para as travessias.

Importante ressaltar que um colapso estrutural no sistema de diques de proteção, ou a falta de energia para alimentação do sistema de bombeamento, pode acarretar sérios riscos de danos a bens e pessoas, que habitam as áreas protegidas, em cotas mais baixas.

✓ **Cheias e Prejuízos Associados**

Para tratar sobre a questão das cheias na Bacia do Rio dos Sinos, o Produto 5 - Base de Dados do EAP-SINOS, utilizou no levantamento do histórico das inundações na bacia, informações a partir dos registros oficiais provenientes da defesa civil, registros informais a partir de notícias de jornal e registros de testemunhas em entrevistas de campo.

Observa-se que tanto nos PMSB, como no PRS-SINOS e o PRH-SINOS, não há um detalhamento da periodicidade dos eventos de cheias observadas, indicando, por exemplo, os meses mais propensos a cheias.

No caso do Rio dos Sinos, como em outras bacias da região sul, considerando a questão das cheias e seus prejuízos associados, é imprescindível que os estudos considerem a análise minuciosa do escoamento superficial, que por sua vez está relacionado à proteção contra fenômenos catastróficos provocados pelo movimento dessas águas, que escoam para o leito dos rios (cheias, deslizamentos de taludes, etc.).

✓ **Inundações Recentes**

Para um melhor entendimento da questão das inundações, é preciso caracterizar as condições de escoamento das águas superficiais na bacia do Rio dos Sinos.

Nas regiões mais altas o escoamento superficial se caracteriza pelas velocidades elevadas, originando enxurradas, que comprometem estruturalmente os dispositivos de drenagem e travessias, bem como problemas de erosão e estabilidade de encostas e taludes.

Já nas regiões mais baixas predominam os problemas relacionados às baixas velocidades de escoamento superficial e ocorrência de inundações e alagamentos.

Essas regiões mais baixas, são caracterizadas por extensas planícies de inundação do rio, compostas originalmente por banhados e áreas alagadiças, áreas que hoje se encontram antropizadas (aterradas ao longo dos anos) ou em processo de parcelamento e ocupação irregular.

Nas regiões dos municípios do Médio Sinos e Alto Sinos, a questão das inundações é em grande parte em função da presença de sedimentos e resíduos sólidos depositados nos canais, seja no fundo ou nas margens, principalmente nos canais em seção mista, bem como o crescimento de vegetação arbustiva e arbórea em canais não revestidos e principalmente em taludes.

Este somatório de causas compromete o livre escoamento das águas, reduzindo a seção hidráulica e consequentemente a vazão transportada pelos referidos canais.

Durante o desenvolvimento do presente Estudo, foi possível testemunhar mais de um período de ocorrência de enchentes e inundações na Bacia do Rio dos Sinos, principalmente nos meses de junho, julho e outubro de 2015.

As chuvas desse período, no Estado do Rio Grande do Sul, segundo dados oficiais, atingiram mais de 8.000 agricultores, com impactos de perda em cerca de 40% da safra agrícola, principalmente na cultura do trigo.

Essa é uma situação já conhecida dos gaúchos, pois as inundações são anualmente corriqueiras neste período, no Estado.

Conforme o Produto 5 - Base de Dados do EAP-SINOS, foi compilada ocorrências de desastres naturais disponíveis no sítio do "Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID".

Observa-se pelo conjunto de registros (S2ID) datados de 1983 a 2014, a predominância de enxurradas (28 ocorrências) na área da bacia.

Os municípios com maior número de ocorrências deste tipo foram Igrejinha, Riozinho e Rolante.

Inundações foram registradas em 16 ocasiões, sendo Esteio o município mais afetado, e alagamentos foram registrados em 3 ocasiões, sendo Canoas o município constante em duas destas ocorrências.

Em paralelo, foi executado um levantamento de notícias publicadas sobre eventos de enchentes desde 2010 na Bacia do Rio dos Sinos.

Esse levantamento incluiu notícias mais recentes sobre os eventos de julho de 2015, que ainda não tinham dados publicados no S2ID.

Foram relacionadas 33 notícias referentes a enchentes, com destaques para os municípios de Canoas, Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo e a região do vale do Rio Paranhana.

Os eventos noticiam decretos de emergência, famílias desalojadas, estradas interrompidas e mortes.

Com menores áreas são registradas ocorrências de inundações em Parobé, Nova Hartz, Sapiranga, Campo Bom, Estância Velha, Portão e Nova Santa Rita.

Merecem destaque em função das notícias e números de eventos de inundações, as cidades de Esteio, Canoas, São Leopoldo e Novo Hamburgo.

Outra cidade que chama atenção é Igrejinha, que tem 88% das edificações com uso residencial e dessas cerca de 40% com alta vulnerabilidade às inundações.

✓ **Erosão e Produção de Sedimentos na Bacia**

Conforme já mencionado no diagnóstico, as altas declividades associadas às áreas planas e cotas baixas, têm como efeitos na drenagem a erosão. Há que se considerar ainda a geologia e os solos propensos a processos erosivos, os quais com as enxurradas apresentam como consequência processos de movimentos de massa e deslizamentos.

Pode-se afirmar que os processos erosivos na Bacia do Rio dos Sinos ocorrem de forma continua ao longo do ano, com maior intensidade nas precipitações.

A região do Alto Sinos tem sua parcela de contribuição nos processos erosivos na bacia em função da declividade e da velocidade de escoamento, que são maiores nesse trecho.

O PRH-SINOS e os PMSB não apresentam informações mais detalhadas sobre a erosão e produção de sedimentos na bacia, tais como desenvolvimento desses processos erosivos em função da caracterização geológica.

Os estudos realizados no Diagnóstico permitiram verificar que as áreas mais susceptíveis à erosão, encontram-se nas regiões próximas do Rio dos Sinos e seus afluentes, geralmente próximas de áreas de cultivos, em especial nos municípios de Nova Santa Rita, Esteio, Canoas, Sapucaia do Sul, Portão, Taquara e Santo Antônio da Patrulha.

Nas áreas mais altas, como na região do município de São Francisco de Paula também são verificadas zonas de susceptibilidade à erosão.

Contudo, percebe-se que as regiões mais susceptíveis são as que possuem interferência humana, através do plantio ou de exploração mineral.

Embora estudos indiquem uma maior suscetibilidade às erosões nas regiões do Baixo Sinos e Médio Sinos, há que se considerar a contribuição significativa das regiões do Alto Sinos, em função dos sítios de maior declividade e erosividade.

✓ **Prestação dos Serviços de Manejo das Águas Pluviais na Bacia**

A prestação de serviços de drenagem urbana está a cargo das Prefeituras Municipais, que de maneira geral não possuem um departamento específico para gestão do manejo das águas pluviais.

A responsabilidade pelas questões que envolvem a gestão municipal é organizada no Poder Executivo, principalmente em nível de secretarias.

Cada município apresenta uma estrutura própria de secretarias, muitas vezes agrupando assuntos distintos. Os órgãos dentro dos municípios que realizam a gestão da drenagem urbana são em sua totalidade na bacia as secretarias de obras.

De maneira geral, nas prefeituras dos municípios que integram esse diagnóstico, é observado que ocorre uma falta de planejamento dos gestores municipais, somado à falta de regulamentação da drenagem urbana.

A falta de planejamento e regulamentação (Plano Diretor de Drenagem Urbana) é evidenciada pela forma como os municípios cuidam da drenagem urbana, gerência que não é realizada pelas mesmas secretarias em todos os municípios, ou seja, sem padronização das divisões pela bacia, embora todas as secretarias citadas anteriormente sejam do mesmo ramo.

Cabe reforçar nesse diagnóstico, que a drenagem urbana na parte da macrodrenagem (córregos e rios de origem natural e artificial), tem como função escoar a água das precipitações sobre a bacia. Este aporte precipitado é, anteriormente, drenado pelos sistemas de microdrenagem (tubulações, bocas de lobo e sarjetas).

Portanto, uma estrutura como esta exige controle e gestão eficazes para que não haja extravasamento, o que pode provocar alagamentos tanto em grandes áreas quanto em pontos específicos.

Com relação à regulação, observa-se que nenhum dos municípios que compõem a abrangência do presente estudo apresenta solução para a regulação da prestação de serviços de manejo das águas pluviais, conforme exigido pela Lei 11.445/07 (Diretrizes do Plano Nacional de Saneamento Básico).

A mancha de inundação da parte baixa da Bacia, entre Campo Bom e Canoas foi aprovada pelo Comitê Sinos em Nov/2015 e as partes médias e altas, entre Sapiranga e Caraá, foram aprovadas também pelo Comitê Sinos em Maio/2016.

Mesmo tendo sido aprovado pelo Comitê Sinos, esse zoneamento constituiu-se em uma questão polêmica entre as instâncias técnicas e políticas envolvidas.

Embora as informações sobre os problemas identificados nos municípios quando da elaboração do PMSB, sejam do ano de 2013, o que se observa na avaliação dos problemas identificados pelos FIDE's, noticiários de jornais e estudos publicados, é de que o projeto de gestão das águas ainda se encontra em debate, o que é saudável, considerando que o assunto segue em pauta de discussão em diversos plenários.

Soluções como medidas estruturais (barragens, diques, canais, entre outras) e mesmo medidas não-estruturais (legislação urbanística, zoneamento de áreas de risco, sistema de alerta contra cheias, etc.) poderiam ser propostas de forma mais eficaz a partir do embasamento de todas as informações disponíveis sobre a bacia, tanto pelos municípios, como pelo estado, ou pelos comitês e demais instituições.

Considerando-se os valores previstos pelos PMSB para implementação das ações estruturais e não estruturais identifica-se evidente carência de recursos.

As possibilidades de concretização das ações e metas dependerão em muito das disponibilidades orçamentárias governamentais ou ainda de espaços de endividamento do setor público envolvido para a obtenção de financiamentos.

No primeiro caso denomina-se de recursos não onerosos, sem custo financeiro e sem amortização (a fundo perdido) e o segundo de recursos onerosos, com amortização e juros.

- **Recursos não Onerosos**: Os recursos não onerosos, obtidos através de recursos fiscais dos orçamentos municipal, estadual e da União (OGU).
- **Recursos Onerosos**: Os recursos onerosos são aqueles de origem interna (em moeda nacional) e os externos (em moeda estrangeira).

O planejamento da evolução urbana e a consequente adequação da infraestrutura necessária vêm a serem critérios importantes em termos do presente estudo, haja vista a necessidade de contemplarem-se as carências do sistema de drenagem, abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos, para comunidade que reside na bacia do Rio dos Sinos.

3.4.4 Sistemas de Esgotamento Sanitário - SES

É indiscutível a enorme demanda reprimida por soluções adequadas de esgotamento sanitário na Bacia do Rio dos Sinos. Infelizmente quanto maior a demora na implantação de serviços desse tipo, mais cara fica a solução.

A cada ano a extensão necessária de rede é aumentada e as situações de interferências com o restante da infraestrutura enterrada sob os pavimentos urbanos é cada vez mais frequente, à medida que outros serviços vão sendo incorporados, como rede de gás, cabos elétricos e de comunicação.

Além disso, entra a questão de instalar uma rede que requer escavações mais profundas, visto que opera por gravidade, em uma cidade já construída.

Em cada município, o proprietário de imóvel obriga-se a lidar com uma obra em sua propriedade que, apesar de trazer um benefício coletivo claro, oferece um benefício individual pouco visível.

A questão da ligação dos imóveis à rede é um grande fator de risco para o sucesso do projeto.

A CORSAN, sendo uma concessionária, não pode cobrar pelo serviço enquanto o usuário não estiver conectado à rede. Já autarquias municipais, como o SEMAE, a COMUSA e o DMAE de Porto Alegre, possuem uma vantagem institucional, visto que tem o direito de cobrar a taxa de esgoto desde que o serviço esteja disponível no endereço do seu cliente.

Os programas de incentivo como o PAC são fundamentais para a execução dessa enorme tarefa, que não seria economicamente viável de ser executada apenas com os recursos provenientes da tarifação do serviço de esgotamento sanitário.

Entretanto, observam-se grandes dificuldades nas esferas governamentais para a gestão de projetos dessa natureza.

As peças que formam o quebra-cabeça de um sistema de esgotamento sanitário são adquiridas através de processos de compra distintos e rígidos, colocando prazos indeterminados a interligação das partes e o funcionamento esperado do sistema.

A adoção de contratos de PPP nesse segmento certamente permitiria acelerar o ritmo de implantação. Entretanto, como tem um forte viés político envolvido, ainda é um instrumento pouco utilizado em saneamento.

Se a implantação de um SES já é complexa por si só, muito menos se espera ações coordenadas que levem em consideração as questões de drenagem na priorização da implantação do SES.

Por exemplo, implantar bacias de amortecimento de cheias em áreas sem esgotamento sanitário significa criar um novo problema ambiental. Ou seja, ao estudar a viabilidade desse tipo de alternativa, é fundamental conhecer-se o prazo para atendimento de esgotamento sanitário na bacia de drenagem.

Sem esse conhecimento, corre-se o risco de implantar um problema ambiental que acabe perdurando por longos anos.

Paradoxalmente, a questão que mais influi no relacionamento de sistemas com separador absoluto é justamente quando a funcionalidade de "separador absoluto" não funciona. As ligações clandestinas entre drenagem e esgotamento sanitário comprometem a qualidade do atendimento de ambos os sistemas.

E, na ausência de sistema separador absoluto, observa-se o comprometimento das estruturas de drenagem que acabam recebendo efluentes sanitários, quando não são projetadas para este fim, sofrendo com a ação físico-química desses efluentes.

Como o município não possui receita específica para manutenção do sistema de drenagem, o prejuízo da falta de rede de esgotamento sanitário torna-se maior ainda.

Na Bacia do Rio dos Sinos, apenas São Leopoldo apresentava a particularidade de possuir a gestão dos sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem sob o mesmo órgão (autarquia SEMAE) entre 2005 e 2014.

A partir de janeiro de 2015, os serviços de drenagem urbana voltaram a ser de responsabilidade da Prefeitura Municipal.

O principal motivo dessa separação foi que a drenagem urbana não trazia receita para a autarquia; somente gerava despesas, e com isso prejudicava o desempenho financeiro dos serviços de água e esgotamento sanitário.

Trata-se de uma cisão emblemática. Pela lógica operacional, o enfrentamento das interligações clandestinas entre os sistemas de drenagem e de esgotamento sanitário deveria ser bem mais eficiente se estivesse sobre a gestão do mesmo órgão.

As questões institucionais, nesse caso, prevaleceram sobre as técnicas.

O único município da Bacia do Rio dos Sinos que apresenta uma solução de esgotamento sanitário baseado em rede mista é Novo Hamburgo. Apesar de não representar uma solução definitiva para o município, esse tipo de projeto é de implementação mais rápida (permitindo a cobrança do serviço) e de menor custo.

A sua gestão torna-se mais viável porque a gestão do sistema de esgotamento sanitário também é realizada por uma autarquia municipal (COMUSA), o que facilita a integração com a secretaria municipal responsável pela drenagem.

A aparente disponibilidade de recursos do PAC, que com a chegada da crise econômica não se mostraram mais tão disponíveis, conduziu a um cenário de implantação de obras complexas para os municípios atendidos pela CORSAN, com a ideia de alcançar uma solução definitiva.

Ao comparar-se com a solução projetada por Novo Hamburgo, percebe-se que uma melhoria na qualidade de água do Rio dos Sinos e seus afluentes poderia ser adiantada por alguns anos, caso diretrizes de projeto fossem aplicadas de maneira mais uniforme e realista para toda a bacia.

3.4.5 Resíduos Sólidos Urbanos

Em outubro de 2006, São Leopoldo e mais 3 municípios do vale do Sinos foram palco de um dos mais graves acidentes ambientas do Brasil: um vazamento de chorume (Percolado) de um Aterro de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP), localizado no município de Estância Velha, atingiu as águas do Rio dos Sinos, através do Arroio Portão, causando a mortandade de milhões de peixes (estima-se mais de 85 toneladas).

O acidente ocorreu justamente na época da piracema, ciclo anual de reprodução, período em que ocorre a subida dos peixes às nascentes, para desova.

Este grave crime ambiental, diretamente relacionado com o manejo inadequado de resíduos sólidos, provocou uma série de mudanças e exigências por parte dos órgãos ambientais e impulsionou a criação do Consórcio Público da Bacia do Rio dos Sinos - Consórcio Pró-Sinos.

Observou-se na elaboração do presente documento, que ocorreram significativas mudanças nesse segmento em poucos anos na Bacia do Rio dos Sinos, incluindo o período que transcorreu entre a elaboração dos planos municipais e regional de resíduos sólidos e o presente estudo, onde o Consórcio Pró-Sinos exerceu um papel de protagonista.

Ao longo da última década, observamos a efetivação da extinção dos lixões como solução principal adotada pelos municípios que, aos poucos, foram sendo substituídos por aterros sanitários.

Restam ainda alguns focos de lixões, principalmente relacionados com áreas de aglomerados subnormais e com todas as outras questões ambientais e socioeconômicas associadas a esse tema.

O ciclo mais recente iniciou-se em 2012, onde se observou o fenômeno de desativação de aterros sanitários municipais em prol da utilização dos aterros mantidos pela CRVR em Minas do Leão e principalmente em São Leopoldo.

Os municípios, apoiados pelo Consórcio Pró-Sinos, perceberam as vantagens de usar esse serviço terceirizado, ao comparar com o custo operacional e o risco ambiental de manter um aterro próprio.

O único município da Bacia que ainda não migrou para essa nova sistemática é Sapucaia do Sul, que mantém um aterro sanitário, porém sem conseguir obter o licenciamento adequado.

O mesmo movimento está ocorrendo em relação aos resíduos industriais, de construção civil e de saúde, que vão sendo conduzidos a unidades especializadas normalmente fora do município de origem.

Em relação à coleta dos resíduos sólidos, observou-se uma rápida evolução na abrangência da coleta seletiva, na disponibilidade de ecopontos e em programas específicos de coleta, tais como: óleo de cozinha, pneus, lâmpadas fluorescentes, pilhas, eletrônicos, dentre outros.

Entretanto, muito ainda deve ser feito em relação a este tipo de coleta; p.e.: ampliar a coleta seletiva para os 7 municípios na Bacia do Sinos que ainda não a executam, bem como melhorar os índices de reaproveitamento dos resíduos.

Ainda são poucas as informações quantitativas sobre o quanto de resíduo são gerados e quanto é reaproveitado/reciclado de cada tipologia.

Considerando-se que um dos pilares da PNRS é a reciclagem, para que ocorra um menor impacto ambiental na deposição dos resíduos, poucos dados se têm sobre esta prática.

Observa-se, que mesmo nos municípios que desenvolvem a coleta seletiva e mantem algum controle sobre esta, a taxa de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de RSU recolhida são muito baixas o que indica que muito ainda tem a ser aperfeiçoado nos procedimentos de reaproveitamento dos resíduos.

A questão dos resíduos sólidos precisa ser resolvida de forma satisfatória, para a proteção da saúde pública e economia ambiental.

Na elaboração deste trabalho notou-se a latente carência de dados estatísticos acerca do tema, visto que a principal referência disponível é a do SNIS, que reúne informações auto declarativas dos municípios e que na sua grande maioria são incompletas.

Os planos municipais de saneamento, no quesito de interface do sistema de drenagem com a coleta e tratamento de RSU também apontou como problemas o "desconhecimento do volume de sedimentos e sua frequência nos canais de macrodrenagem", e como causa “a execução de ações corretivas de limpeza somente mediante demanda, sem registro em banco de dados".

Falta uma sistematização de dados proveniente de órgãos ambientais, institutos de estatística ou, ainda, das entidades geradoras dos resíduos, como as indústrias.

3.4.6 Cenários de Impactos e Aspectos Integrados e Conclusões

Durante a etapa de diagnóstico da situação dos municípios da Bacia do Rio dos Sinos, foram identificados os problemas da região e os impactos na dinâmica das cheias que causam as inundações na Bacia.

A seguir os problemas identificados serão analisados de forma integrada.

Diante da análise da evolução urbana dos municípios da Bacia do Rio dos Sinos constatou-se que o desenvolvimento dessas áreas ocorreu de forma acelerada e desordenada, com falta de controle do uso do solo e consequente impermeabilização e derrubada da cobertura vegetal natural.

Em parte, a desordem deste crescimento se deve à falta de Planos Diretores Urbanísticos até a primeira década do século XXI como auxílio ao planejamento urbano, sendo criados apenas na primeira década dos anos 2000 na maioria dos municípios da Bacia.

A falta de uma gestão integrada das diferentes demandas, como drenagem urbana, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e ocupação urbana e que considere o contexto regional, integrando a tomada de decisões entre os municípios, foi o aspecto principal para que se tenha o cenário atual com problemas complexos de infraestrutura e gestão.

O problema se agrava à medida que as ações antrópicas se estendem e se intensificam na região da bacia, tornando as soluções desses problemas cada vez mais complexas e com custos mais elevados.

Tem-se como exemplo a interação entre as redes de esgoto pluvial e de esgotamento sanitário, que são geridas na maioria dos municípios por órgãos distintos, sendo na maioria dos casos a CORSAN responsável pelo esgotamento sanitário e as secretarias de obras dos municípios responsáveis pela drenagem.

Essa divisão impede que haja uma visão holística das demandas da população de cada município e as soluções propostas, em muitos casos, não atendem as expectativas dos municípios da melhor maneira.

Um exemplo de problema também causado pela falta de uma visão integrada do território é quando a drenagem de certos locais não considera as consequências geradas pelo aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial de locais a jusante, que acabam tendo a sua rede de drenagem sobrecarregada.

Essa situação ocorre na Bacia Rio dos Sinos em áreas dentro de um mesmo município, ou entre municípios vizinhos.

O Quadro 8 apresenta um resumo dos problemas relacionados ao planejamento urbano, à drenagem urbana e inundações ribeirinhas, ao esgotamento sanitário e aos resíduos sólidos e os consequentes impactos gerados.

Tal quadro destaca a necessidade da interação não só entre os diferentes órgãos dentro de uma mesma cidade, mas também da interação entre municípios vizinhos. A falta dessa interação gera a existência de soluções limitadas que, ao não considerarem o contexto regional, podem causar impactos negativos a municípios próximos.

Como exemplo cita-se os Planos Diretores que muitas vezes não consideram ao menos os Planos das cidades vizinhas gerando conflitos de usos do solo nas divisas municipais e impactos indesejados a municípios adjacentes.

A gestão integrada deve priorizar a integração dos serviços de saneamento na cidade considerando as interfaces existentes entre mesmos.

Ao se analisar os estudos hidrológicos apresentados à época do projeto da rodovia, observa-se que a metodologia utilizada apresenta certas limitações, como, por exemplo, a não utilização de modelagem numérica ou física.

Quadro 8 - Problemas e impactos identificados na bacia

TEMA	PROBLEMA	IMPACTO
Planejamento Urbano	Municípios não contam com Planejamento Urbano Regional	Decisões com possíveis impactos a municípios vizinhos
	Alta densidade demográfica e conurbação	Falta de infraestrutura integrada e impactos negativos nos corpos hídricos
	Zoneamentos não apresentam áreas indicadas como de inundação ou de risco	Habitações em regiões de risco
	Zoneamentos conflitantes nas divisas municipais	Impactos de um município vizinho aos outros
	Urbanização rápida e sem planejamento	Piora na qualidade de vida da população e impactos ambientais
	Ocupação de áreas inundáveis e sujeitas a alagamentos	Prejuízo público e privado e impactos ambientais
	Ocorrência de alagamentos em aglomerados subnormais	População carente é quem sofre mais impactos da falta de infraestrutura e regulação
Drenagem Urbana e Inundações Ribeirinhas	Intensa urbanização	Aumento do escoamento superficial
	Ocupação de áreas de inundação natural	Prejuízos sazonais com perdas financeiras e humanas
	Avanço da urbanização sobre as APP's	Degradação da vegetação e da qualidade das águas, aumento da erosão e assoreamento
	Ausência de cadastro de redes de drenagem	Impossibilidade de planejamento de longo prazo
	Ausência de Plano de Drenagem Urbana	
	Sistemas de drenagem subdimensionados e/ou presença de resíduos sólidos nos canais	Alagamentos em áreas urbanas
	Sistemas de coleta de esgoto do tipo misto	Sobrecarga do sistema de drenagem
	Altas declividades do terreno	Enxurradas e desestruturação de taludes de cursos d'água
	Sedimentos e resíduos sólidos depositados em canais	Comprometimento do escoamento das águas
	Crescimento de vegetação em canais não revestidos	
	Carência de sistemas de geração de energia autônomos para os SPCC	Vulnerabilidade à inundação caso ocorra interrupção do fornecimento de energia elétrica
	Problemas estruturais no Pôlder Araçá em Canoas	Vulnerabilidade à inundação das regiões protegidas por estes sistemas
	Falta de manutenção dos SPCC	
	Limitações do estudo hidrológico da BR-448	Desconhecimento dos efeitos da construção da BR448 sobre as inundações na região adjacente e a montante Falta
	Falta de planejamento conjunto da drenagem da bacia	Decisões descentralizadas
Esgotamento Sanitário	Esgotamento sanitário com tratamento adequado é muito baixo (<10% da bacia)	Impactos negativos nos cursos d´água e no abastecimento de água
	As maiores cidades da bacia ainda apresentam atendimento de esgotamento sanitário baixo	
	Dificuldades nos processos licitatórios e aprovação de licenças ambientais	Perda de recursos junto ao órgão financeiro
	Alguns municípios não possuem contrato com a CORSAN	Decisões descentralizadas e sem corpo técnico capacitado
Resíduos Sólidos	Carência de informações sobre resíduos sólidos	Dificuldade no planejamento do gerenciamento municipal e regional dos resíduos
	Ausência de coleta seletiva e/ou estações de triagem	Redução da vida útil de aterros sanitários ou destinação de resíduos de forma incorreta, atingindo a rede de drenagem e contaminação dos recursos hídricos
	Ausência de compostagem	
	Falta de planejamento na gestão de resíduos industriais e provenientes da construção civil	
	Locais de disposição irregular de resíduos	
	Passivos ambientais	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.5 Levantamentos de Campo

3.5.1 Aerofotogrametria

O levantamento aerofotogramétrico foi consolidado através do Produto 8 e oferece subsídios para a elaboração dos demais produtos do presente projeto, além de poder ser disponibilizado publicamente para reuso por interessados nos temas abrangidos.

As atividades executadas foram divididas em 5 etapas, assim definidas:

- Recobrimento Aerofotogramétrico;
- Aerotriangulação;
- Apoio de campo;
- Restituição Aerofotogramétrica.
- Geração de Ortofotos;

✓ **Recobrimento Aerofotogramétrico**

- **Retificação do Termo de Referência**

Conforme reunião realizada no dia 9 de março de 2016, com representantes da METROPLAN, ficou acordada a retificação do termo de referência em relação à resolução do recobrimento aerofotogramétrico.

A especificação de captura de imagens na escala 1:10.000 e geração de produtos na escala 1:2.000 é adequada às normas de aerofotogrametria, que permitem o uso de escala com proporção de 5 vezes nessas fases.

A especificação da escala 1:2.000 para a geração de produtos finais é compatível com a grande maioria dos levantamentos aerofotogramétricos contratados por prefeituras para serem executados em áreas urbanas.

A configuração do tamanho do pixel em uma câmera digital é realizada conforme a altura de voo buscando-se uma equivalência com os parâmetros de câmeras analógicas.

Para uma altura de voo compatível com as escalas 1:10.000/1:8.000, o valor de resolução de uma câmera analógica com distância focal aproximada de 152 mm é de 20 a 25 cm por pixel.

No presente projeto, configurou-se até uma resolução superior, próxima aos 20 cm por pixel. Portanto a resolução apresentada no voo com escala 1:8.000 com GSD 20 cm é perfeitamente compatível para a obtenção de Restituição aerofotogramétrica na escala 1:2000 - PEC “A” - com curvas de nível a cada metro.

Desta forma, atendendo este quesito a cobertura aerofotogramétrica, digital e colorida, foi feita com resolução espacial de 20 centímetros por pixel.

As atividades realizadas nesta fase da cobertura aérea foram:

- Coleta de informações;
- Planejamento de voo;
- Aquisição das imagens aéreas;
- Etapa pós voo: controle de qualidade.

✓ **Apoio de Campo**

Inicialmente foram obtidas as coordenadas dos pontos de apoio suplementar, para posterior aerotriangulação da área de interesse.

Os pontos de apoio suplementar foram distribuídos de forma regular em quantidade e qualidade suficientes a atender às exigências mínimas dos programas de aerotriangulação a serem utilizados na próxima etapa.

Foi escolhido um total de 186 pontos, como solução suficiente aos trabalhos de orientação da aerotriangulação da cobertura aérea. Optou-se por pontos de duplo apoio (HV), distribuídos em todas as faixas. Foram utilizados 03 marcos de apoio básico (Base 02, MR 03 e MR 04)

Foi adotado o sistema de projeção UTM, sendo que todos os pontos de apoio geodésico estão referenciados ao "DATUM" SIRGAS-2000 e todas as altitudes estão referenciadas ao Marégrafo de Imbituba-SC.

Os valores de ondulação geoidal deste trabalho foram calculados através do software livre MAPGEO 2015, versão 1.0, disponibilizado pelo IBGE.

✓ **Restituição Aerofotogramétrica Digital**

A restituição estereofotogramétrica é a fase do projeto que consiste na produção do mapa vetorial do projeto, correspondendo à restituição tridimensional das feições geográficas contidas no modelo estereoscópico, utilizando-se as estações fotogramétricas digitais.

Para a execução da etapa de restituição todos os modelos aero triangulados foram repassados para a equipe de restituição que fez uma análise da qualidade da aerotriangulação, carregaram os modelos juntamente com as imagens e verificaram a inexistência de desníveis entre os modelos subsequentes e faixas adjacentes.

De posse das fotografias aéreas devidamente processadas, dos pontos de apoio de campo, dos parâmetros referentes à aerotriangulação, foi realizada a restituição estereofotogramétrica digital dos elementos cartográficos, utilizando-se as estações fotogramétricas digitais.

✓ **Geração de Ortofotos Digitais**

Após a etapa de aerotriangulação procedeu-se a ortorretificação geométrica das fotografias aéreas.

A ortorretificação pode ser definida como uma transformação geométrica aplicada a imagens digitais onde o objetivo é a correção das distorções inerentes à câmara e as diferenças de relevo encontradas na superfície terrestre.

As ortofotos, com precisão na escala 1:2.000, foram obtidas após a etapa de aerotriangulação e a partir do processo de ortorretificação diferencial das imagens aéreas, através de técnicas de cartografia digital com o emprego de equipamentos e softwares específicos para tal fim.

No processo de mosaicagem foi utilizado o software INPHO, módulo OrthoVista. Para este projeto foi realizada a geração das ortofotos com GSD de 20 cm, referenciados ao "datum" planimétrico SIRGAS 2000 e projetados para UTM no fuso 22S.Após a mosaicagem, as ortofotos foram recortadas de acordo com a articulação na escala 1:2.000.

3.5.2 Topobatimetria

Este documento foi consolidado através do Produto 7 e oferece subsídios para a elaboração dos demais produtos do presente projeto, além de poder ser disponibilizado publicamente para reuso por interessados nos temas abrangidos.

Como insumo e elemento fundamental para a elaboração de futuros estudos de modelagem hidrodinâmica na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, visando o desenvolvimento de medidas de controle de inundações estiagens na sua área de influência, foi executado o levantamento de seções topobatimétricas.

Algumas destas seções foram perpendiculares à direção do fluxo do curso d'água principal e outras no curso de alguns tributários, na quantidade limitada pelos Termos de Referência e com localização definida pela programação de levantamento.

Desta forma, foram executados os seguintes quantitativos de levantamentos topobatimétricos:

Quadro 9 - Quantitativos topobatimetricos

Localização das Seções	Extensão (m)
Rio dos Sinos	123.039
Rio Paranhana	13.119
Rio do Meio	666
Arroio Caraá	214
Arroio Riozinho	475
Arroio Areia	2.023
Arroio Angabei	326
Arroio Grande	3.974
Arroio Sapiranga	1.842
Arroio Schmidt	2.154
Arroio São José	4.533
Arroio Luis Rau	2.430
Arroio Cerquinha	3.265
Arroio José Joaquim	1.728
Pontes/Pontilhões/Obstruções	1.484
Total	**161.272**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Implantação de Cotas e Coordenadas**

Para a amarração planialtimétrica das seções topobatimétricas foram implantados marcos principais de concreto em locais seguros e de fácil localização, para permitir sua utilização por um longo período. As monografias dos marcos utilizados estão anexas ao Produto 7.

O transporte de cotas e coordenadas para os marcos principais foi realizado por rastreamento geodésico de satélites (GPS) a partir de marcos da rede oficial do IBGE com locação através de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SIRGAS 2000 no fuso apropriado (22).

Foram utilizadas estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo pertencente ao IBGE) e marcos do tipo SAT, também pertencentes ao IBGE.

Foi determinada a altitude geométrica ou elipsoidal e a altitude ortométrica ou geoidal. Para tanto, foram corrigidas as altitudes geométricas obtidas pelo rastreio GPS descontando a ondulação geoidal para obtenção da altitude ortométrica.

✓ **Poligonal de Apoio**

As seções topobatimétricas e outros pontos de interesse foram levantados através de poligonal eletrônica apoiada, amarrada planialtimetricamente aos marcos intermediários de apoio e aos marcos principais.

As poligonais de apoio implantadas são de classe IIP da Tabela 7 - Levantamento Planimétrico - Poligonais, da Norma Técnica da ABNT, NBR 13133 - Execução de Levantamento Topográfico - e têm como vértices de partida, orientação inicial, chegada e orientação final, os marcos principais estabelecidos por rastreamento de satélites, a partir de marcos oficiais da rede do IBGE, cujo DATUM utilizado será o SIRGAS 2000 e marégrafo de Imbituba, ambos do Sistema Geodésico Brasileiro.

Os produtos entregues e anexos ao Relatório Técnico 7 em mídia digital são:

- Monografia;
- Peças Gráficas;
- Fotos;
- Certificado de calibração do Equipamento.

3.6 Estudos Hidrológicos

Os Estudos Hidrológicos (Produto 10) tiveram por objetivo geral formar uma base teórica consistente levando em consideração as informações hidrológicas disponíveis para o entendimento dos eventos de cheias no trecho contemplado da Bacia do Rio dos Sinos.

O presente capítulo apresenta o desenvolvimento dos estudos hidrológicos de acordo com a situação atual da Bacia. Os objetivos específicos do estudo são:

- Quantificar os eventos de chuvas intensas para fornecer subsídios para construção do modelo hidrodinâmico e, por conseguinte, construir as manchas de inundação para diferentes tempos de retorno;
- Construir um modelo hidrológico que servirá de base para a avaliação de cenários, projeções e proposições de intervenções futuras na bacia.

A obtenção de dados hidrológicos para a utilização em estudos de planejamento e projetos em recursos hídricos (disponibilidade hídrica e controle de cheias) baseia-se na análise da distribuição espacial e extensão das séries históricas das estações pluviométricas e fluviométricas existentes.

As séries de dados das estações foram obtidas através:

- da compilação de dados gerenciada pela ANA (Hidroweb);
- do banco de dados do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais).

Além disso, foi necessária a caracterização hidrológica da bacia com maior detalhe, utilizando as informações consolidadas na Base de Dados e no Diagnóstico e agregando novas informações. O Produto 10 apresenta, de forma detalhada, a caracterização da bacia quanto às seguintes características:

- Geologia;
- Hidrogeologia;
- Pedologia;
- Uso do Solo;
- Caracterização Fisiográfica das Macro-bacias.

3.6.1 Séries Pluviométricas

Embora exista aparentemente uma grande quantidade de estações pluviométricas, principalmente nas regiões urbanizadas, a disponibilidade de dados não é homogênea. Isto é evidenciado pela disponibilidade apenas entre 2015 e 2016 dos dados telemétricos das estações do CEIC - Porto Alegre e CEMADEN.

As estações pluviométricas com maior disponibilidade de dados são: Araricá, Canela, Capão dos Coxos, Cerrito, Colônia Rizicola, Entrepelado, Lagoa dos Barros, Morrinhos, Potreiro Novo, Renania, Rolante, Sander, Santa Teresa, Santo Antônio, Taquara, Várzea São João, Agropecuária Anju, Santo Antônio da Patrulha, Caí, Montenegro, Porto Garibaldi, Sapucaia do Sul e Porto Alegre.

Considerando-se uma análise da disponibilidade de estações pluviométricas e, dentro destas, a disponibilidade de dados, quanto a sua distribuição espacial na bacia do Rio dos Sinos, pode-se afirmar:

- O trecho das nascentes localizadas ao norte e nordeste da bacia está mais densamente ocupado, identificando-se 10 estações pluviométricas com boa disponibilidade de dados;
- O trecho das nascentes localizadas ao sul da bacia também está densamente ocupado, identificando-se 10 estações pluviométricas com boa disponibilidade de dados;
- O trecho das nascentes ao leste, conta com apenas duas estação (Santa Tereza e Colônia Orizícola) com boa disponibilidade de dados, o que poderia ser melhor monitorado, haja vista área de contribuição significativa, principalmente na área dos municípios de Caraá e Riozinho;
- O trecho de jusante, próximo a foz, apresenta três estações com boa disponibilidade de dados, Porto Alegre, Porto Garibaldi e Montenegro, essa região apresenta uma densidade de ocupação elevada, e as diferenças de intensidade de precipitação são evidentes.
  As estações telemétricas do CEMADEN cobriram bastante esta deficiência, mas devido à sua recente instalação as séries disponíveis ainda são curtas.

- Apesar da grande disponibilidade de dados verificada, atualmente muitas estações não estão em funcionamento, principalmente na porção norte e nordeste da bacia, onde estão localizadas algumas das nascentes do Rio dos Sinos.
  Nesta região, atualmente somente uma estação pluviométrica do CEMADEN está em operação (Brasil Raft Park), que por apresentar dados recentes (2015 e 2016), não foi utilizada no estudo.

Sugere-se assim um estudo para aumentar a densidade de estações pluviométricas nas porções norte e nordeste da bacia, ou reativar locais anteriormente monitorados, de modo a fornecer informações mais detalhadas sobre o regime hidrológico local desta bacia.

3.6.2 Séries Fluviométricas

Algumas estações são de operação convencional com dado de periodicidade diária e outras são telemétricas com disponibilidade de múltiplos dados diários.

Diferentemente da situação verificada na análise das estações pluviométricas não existe uma boa distribuição de estações fluviométricas com dados de vazão diários na bacia, na qual somente existem três estações com dados nos últimos 10 anos.

Apenas 4 estações possuem dados de vazão diária: Taquara Montante, Campo Bom, São Leopoldo e Taquara, na qual todas estão localizadas no Rio dos Sinos.

Existem quatro estações com registros de resumo de descarga: Taquara Montante, Campo Bom, São Leopoldo e Taquara.

A partir destas informações e os registros de cotas as séries de vazão poderão ser reconstituídas, quando apropriado.

3.6.3 Séries Climáticas

A seguir estão apresentadas a variáveis climáticas utilizadas no estudo com as respectivas fontes de informação.

- Precipitação: Hidroweb;
- Umidade Relativa do Ar: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Pressão Atmosférica: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Insolação: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Nebulosidade: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Evaporação: estação meteorológica de Porto Alegre do INMET;
- Evapotranspiração Real e Potencial: os dados de evapotranspiração Real e Potencial foram consolidados por meio do produto MOD16, oriundo da missão MODIS.

3.6.4 Seleção e Consistência de Dados Pluviométricos

O objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos (Tucci, 2009).

Todavia podem ocorrer períodos sem informações ou com falhas nas observações devido a problemas de registro, equipamentos ou operação.

A análise de consistência dos dados pluviométricos deve ter como objetivo a identificação e correção de erros, bem como o preenchimento de falhas das séries.

As estações a serem analisadas devem ser selecionadas e separadas em dois grupos: estações principais e estações secundárias.

As estações principais são os locais a partir de cujos registros os resultados do estudo hidrológico em questão são obtidos e são identificadas a partir de algumas características básicas.

As séries pluviométricas utilizadas no estudo são apresentadas no Quadro 10 assim como a justificativa para sua utilização ou não.

A partir dos dados disponíveis e sua qualidade foi proposto que o estudo hidrológico consista na análise de dados pluviométricos entre os períodos de janeiro de 1945 e março de 2015, perfazendo 70 anos e 2 meses.

Quadro 10 - Séries Pluviométricas Utilizadas

Código	Anos com Dados	Percentual Médio de Falhas	Período	Análise	Utilização
2950001	19	4,40%	1963-1980	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950002	1	0,00%	1964-1945	Poucos dados no período	DESCARTADA
2950009	34	2,60%	1941-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950010	32	1,30%	1947-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950011	34	0,00%	1941-1978	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950012	20	10,00%	1945-1964	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950013	26	2,20%	1955-1980	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950016	39	7,80%	1976-2015	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950017	34	0,90%	1944-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950020	36	0,40%	1941-1980	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950022	14	5,40%	1943-1958	Poucas falhas de período, série curta	UTILIZADA
2950024	25	2,00%	1946-1970	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950026	34	1,70%	1944-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950028	51	0,00%	1961-2011	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950029	32	0,00%	1943-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950030	33	0,40%	1946-1980	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950031	54	2,50%	1944-2011	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950036	5	3,60%	1961-1965	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2950037	29	3,70%	1951-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950041	32	1,30%	1947-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950042	8	41,40%	1975-1988	Muitas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2950059	26	13,50%	1991-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950060	26	13,00%	1991-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950061	19	18,50%	1991-2008	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2951005	19	4,80%	1963-1980	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2951021	45	3,80%	1943-1989	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2951023	2	0,00%	1999-2000	Poucos dados no período	DESCARTADA
2951024	47	4,10%	1970-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2951028	53	4,80%	1964-2016	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2951040	3	30,70%	1941-1947	Poucos dados no período	DESCARTADA
2951064	6	20,80%	1988-1998	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2951065	11	19,80%	1979-1998	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2951069	12	4,50%	1985-1998	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
3050006	10	10,50%	1939-1954	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
3051011	56	3,40%	1961-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.6.5 Seleção e Consistência de Dados Fluviométricos

As séries fluviométricas utilizadas são apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Séries Fluviométricas Utilizadas.

Estação	Nome	Série Total	Início	Fim
87374000	TAQUARA-MONTANTE	20	1996	2016
87380000	CAMPO BOM	44	1973	2016
87382000	SÃO LEOPOLDO	44	1973	2016

Fonte:Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A seguir estão apresentadas as três estações fluviométricas utilizadas no estudo, juntamente com os dados de vazão turbinados na UHE Canastra.

A Figura 7 apresenta um perfil das três estações fluviométricas utilizadas.

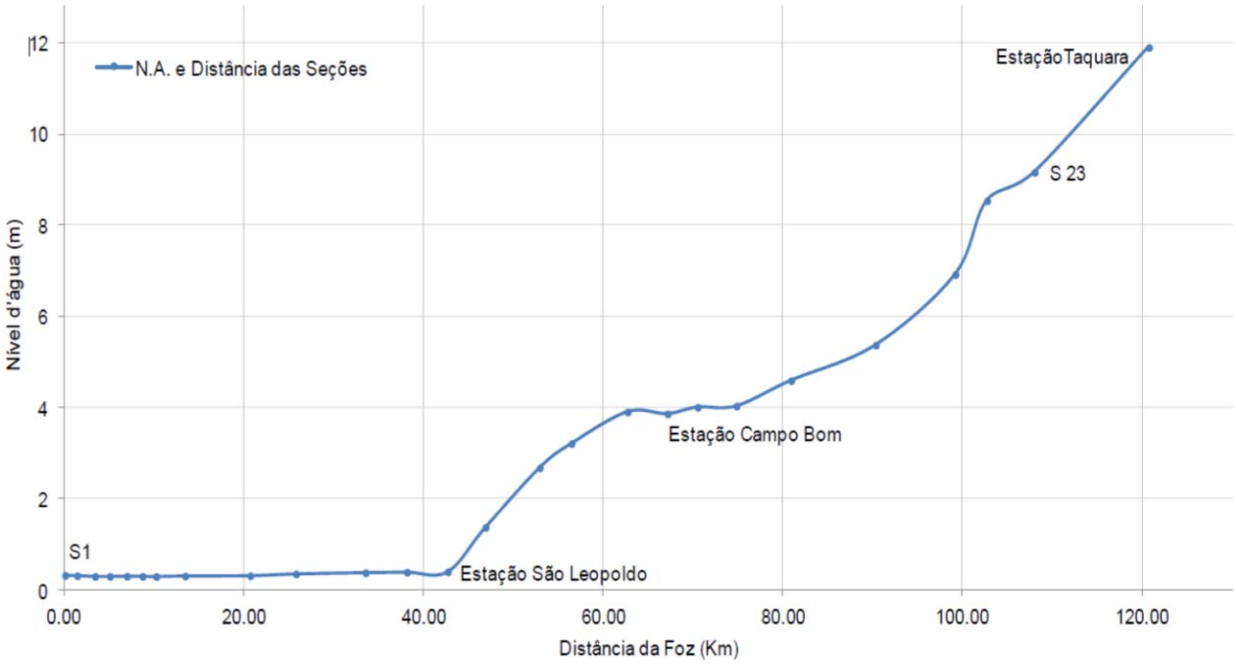


Figura 7 - Perfil das estações fluviométricas
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio do Sinos

✓ **Estação Taquara Montante**

A estação fluviométrica Taquara Montante se localiza no Alto Sinos, na porção sul. Sua área de contribuição é de 1.470 km² correspondendo a 39% da área total da bacia do Rio dos Sinos.

Analisando o cotagrama e o hidrograma percebeu-se uma suave diminuição nas cotas e vazões ao longo do período com dados disponíveis, tal fenômeno pode ser atribuído ao uso do arroz na região, presente nas regiões a montante desta estação.

A mudança na vazão também pode ser devido a variações climáticas na bacia do Rio dos Sinos, principalmente após a seca de 1940-50, onde se pôde observar uma tendência de incremento de vazões naturais no RS.

Entretanto, no período de dados disponíveis foram obtidas medições praticamente sem falhas, garantindo a qualidade dos dados observados.

Quadro 12 - Resumo da Estação Taquara Montante.

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m³/s]	43,1
Área [km²]	1.470 (39%)
Vazão Específica [l/s/km²]	29,35
Coeficiente de Deflúvio Médio [-]	0,50

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio do Sinos

✓ **Estação Campo Bom**

A estação fluviométrica Campo Bom se localiza no Baixo Sinos, na porção oeste. Sua área de contribuição é de 2.686km² correspondendo a 79% da área total da bacia do Rio dos Sinos.

Analisando o cotagrama e o hidrograma percebeu-se um aumento nas cotas e vazões ao longo do período com dados disponíveis.

O aumento das vazões pode ser atribuído à transposição de vazões entre as bacias do rio Caí e Sinos, implantada através de um sistema integrado de reservatórios de regularização e uma canal artificial de transposição; registros históricos indicam a data de 09/1952 como início da operação desse sistema.

Entretanto, no período de dados disponíveis foram obtidas medições praticamente sem falhas, garantindo a qualidade da respectiva curva-chave e dos dados observados.

Quadro 13 - Resumo das Características da Estação Campo Bom.

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m³/s]	70,9 (62,9 s/UHE Canastra)
Área [km²]	2.686 (79%)
Vazão Específica [l/s/km²]	23,4
Coeficiente de Deflúvio Médio [-]	0,50

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio do Sinos

✓ **Estação São Leopoldo (ANA)**

A estação fluviométrica São Leopoldo se localiza no Baixo Sinos, na porção oeste. Sua área de contribuição é de 2.952km² correspondendo a 85% da área total da bacia do Rio dos Sinos.

Analisando o cotagrama percebeu-se uma diminuição nas medições, e no hidrograma percebe-se um aumento nas vazões ao longo do período com dados disponíveis.

Entretanto, no período de dados disponíveis foram obtidas medições praticamente sem falhas, garantindo a qualidade da respectiva curva-chave e dos dados observados.

Quadro 14 - Resumo da Estação São Leopoldo.

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m³/s]	93,1 (85,1 s/UHE Canastra)
Área [km²]	2.952 (85%)
Vazão Específica [l/s/km²]	28,8
Coeficiente de Deflúvio Médio [-]	0,50

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio do Sinos

✓ **UHE Canastra**

O reservatório da UHE Canastra está localizada no Médio Sinos, nas cabeceiras localizadas ao norte da bacia.

Dentro da Bacia do Rio dos Sinos a sua área não é representativa, entretanto, as suas vazões são oriundas da transposição do Rio Caí, contribuindo com alguma importância para as vazões mais baixas do Rio dos Sinos.

As séries históricas da UHE foram fornecidas pela operadora da usina CEEE.

Os dados obtidos são referentes ao período compreendido entre os anos de 2002 e 2015. A vazão média verificada para todo o período foi de 8,3m³/s.

3.6.6 Caracterização Climatológica da Bacia

Segundo o sistema de Köeppen, o clima tem a classificação de Cfa, isto é, um clima subtropical, caracterizando-se por chuvas em todos os meses e por temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio entre 3° e 18°C.

Os fatores climáticos registrados por longos períodos em pontos extremos da bacia mostram somente pequenas diferenças entre si, permitindo considerar a bacia como unidade climática homogênea.

A topografia, relativamente suave, também não favorece a formação de anormalidades microclimáticas de magnitude considerável.

Em relação às precipitações anuais, percebe-se que a estação 2950009, localizada no município de Canela, e a estação 2950026, localizada no município de Gramado, apresentaram os maiores valores anuais, com 1901,6 mm e 1853,9 mm, respectivamente.

Enquanto que os menores valores são verificados na estação 2950012, localizada no município de Osório, e na estação 2951021, localizada no município de Montenegro, com 1063,8 mm e 1147,5 mm, respectivamente.

A maior umidade relativa média registrada foi 82,5% no mês de junho e a mínima foi 70,7% no mês de dezembro. A umidade relativa do ar média anual é de 76,5%.

A insolação média da estação foi de 2198,1 horas/ano. O menor valor de insolação média mensal foi de 126,0 horas (junho) e o maior valor foi de 242 horas (dezembro).

A nebulosidade média mensal apresenta pequena variação ao longo do ano. A nebulosidade máxima ocorre no mês de setembro (5,2 décimas partes) e a mínima em abril (4,3 décimas partes). A média anual da nebulosidade fica em torno de 4,8 décimas partes.

A temperatura média anual na região em estudo é de 19,6°C. As temperaturas médias mensais na região variam entre 15,6°C e 25,1°C, sendo os meses mais frios, junho e julho, e os mais quentes, janeiro e fevereiro.

O período de inverno (meses mais frios) ocorre de maio a setembro, enquanto que o período de verão (meses mais quentes), de dezembro a março.

A pressão atmosférica média mensal alcança seu máximo valor no mês de agosto (1015 hPa) e valor mínimo no mês de março (1001 hPa) perfazendo uma amplitude de apenas 14hPa.

A evaporação média anual na região do estudo é de 867,2 mm/ano. No mês de dezembro é registrada a maior evaporação, onde ocorrem déficits da ordem de 109,6 mm, enquanto que no mês de junho se registra a evaporação mínima que é de apenas 39,9 mm.

Observando-se os dados de evapotranspiração potencial e real médios obtidos por meio do MOD16 para a Bacia, tem-se no mês de dezembro a maior média histórica, com 218,8 mm, na qual o maior valor anual registrado na série nesse mês foi de 234,1 mm.

Enquanto que o mês de junho apresentou a menor média histórica, com 64,6 mm, o menor valor anual registrado para a série no mês foi de 55,2 mm.

3.6.7 Discretização da Bacia e Ajuste do Modelo Hidrológico

✓ **Conceito**

A utilização de modelos é usual, em diversas áreas do conhecimento onde é necessário representar fenômenos de grande escala (temporal e/ou especial), de grande perigo, na avaliação de cenários futuros ou quando o custo financeiro é proibitivo.

Estudos hidrológicos em sua maioria fazem uso de modelagem para obter os resultados necessários por meio de uma representação simplificada e conceitual dos processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica

Desta forma, modelos hidrológicos computacionais representam por meio de equações os componentes, superficial, subsuperficial e subterrâneo do escoamento, assim como os processos de evapotranspiração, intercepção e armazenamento.

Por meio da modelagem é possível espacializar as informações fluviométricas na bacia, ou seja, obter as vazões nos pontos de interesse, locais que não dispunham de estações fluviométricas.

No presente estudo faz-se necessário o uso da modelagem hidrológica computacional para quantificar os efeitos das cheias na Bacia do Rio dos Sinos.

Para tanto o modelo adotado e que atende adequadamente os requisitos de representação destes fenômenos é o modelo desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica (*Hydrologic Engineer Center*) do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*) disponibilizado em uma plataforma computacional não comercial de uso livre e que vem sendo atualizado continuamente.

✓ **Descrição dos Módulos do Modelo**

A plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), dispõe de módulos hidráulicos e hidrológicos para simulação, entre os quais os mais importantes são o módulo HEC-RAS - hidráulico e o módulo HEC-HMS - hidrológico.

O módulo de propagação de escoamento simula tanto escoamento permanente quanto não permanente, por meio da resolução das equações de continuidade e de quantidade de movimento, representando desta forma efeitos de jusante (remanso).

Descrição completa e detalhada é disponível em USACE –HEC-RAS (2010).

O módulo HMS (Hydrologic Modeling System) simula vários processos hidrológicos, dentre eles, destaca-se o processo de transformação chuva-vazão em sistemas de bacias hidrográficas urbanas e rurais.

Esta transformação é elaborada por meio da técnica do hidrograma unitário sendo possível optar pelo método de Clark, Snyder ou SCS.

Já a representação do escoamento de base tem como alternativas; dentro do modelo vazão de base constante por mês, recessão exponencial e reservatório linear.

Os hidrogramas produzidos pelo modelo podem ser usados em estudos de disponibilidade de água, drenagem urbana, previsão de vazão, avaliação de impactos de urbanização, projeto de barramentos, regularização de vazões, hidrologia de banhados, entre outros.

O modelo assume que uma bacia hidrográfica é reproduzida como um grupo interligado de áreas, e os processos hidrológicos podem ser representados pelos parâmetros que refletem as condições médias dentro da área.

- **Componentes do Modelo Chuva-Vazão**

O processamento do modelo hidrológico no HEC-HMS requer inicialmente a entrada de dados da bacia hidrográfica, bem como dados meteorológicos.

As especificações de controle definem os períodos e passo de tempo da simulação.

Os dados de entrada consistem nas séries hidrológicas e climatológicas (precipitação, vazão, evaporação, etc.) que são parâmetros ou condições de contorno dos modelos de bacia e meteorológicos.

Posteriormente, são escolhidos os métodos para o cálculo das perdas, de transformação chuva-vazão, de composição do escoamento de base, de propagação em rios; considerando parâmetros relacionados a tais métodos, como a área das sub-bacias, tempo de concentração, fatores de perda por infiltração, evapotranspiração, e perdas em sumidouros.

A Figura 8 apresenta um fluxograma básico de construção do modelo.

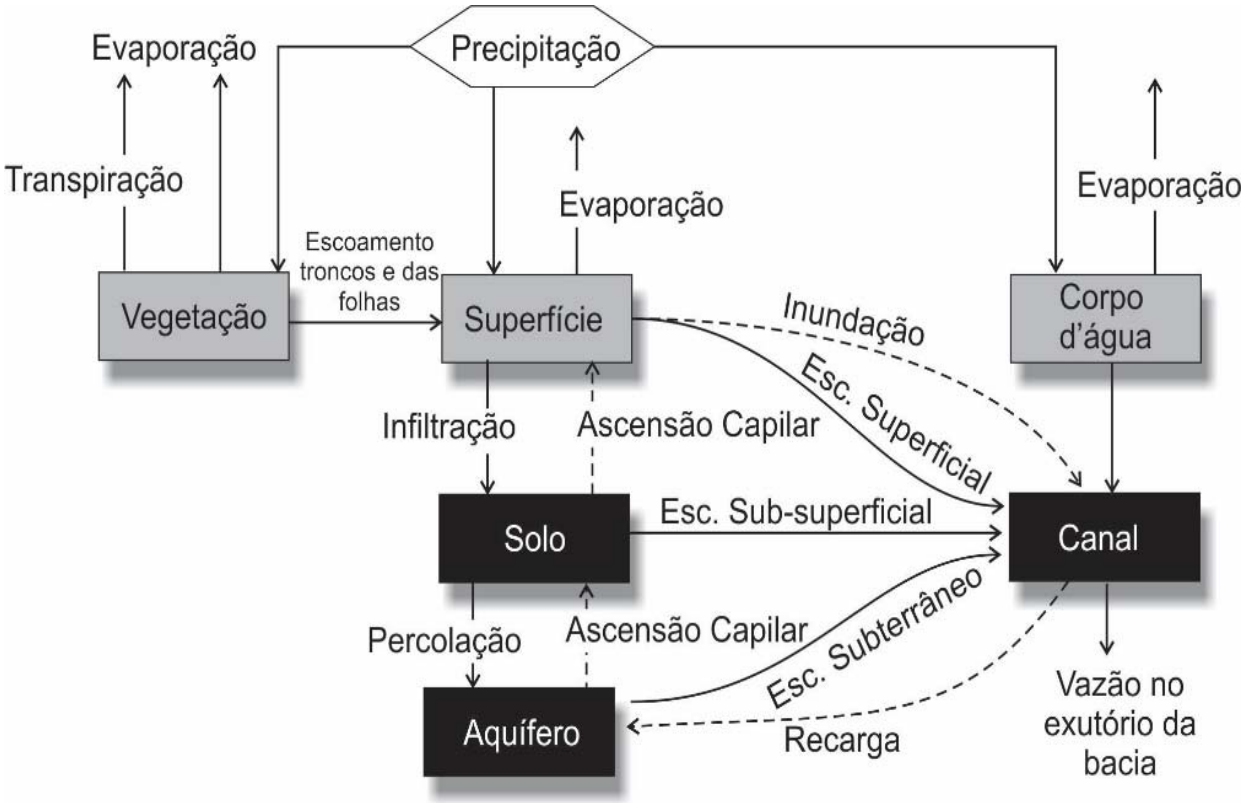


Figura 8 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica.
Fonte: USACE-HEC-HMS, 2000

✓ **Divisão de Sub-bacias**

O Elemento "Sub-bacia" (*subbasin*) do modelo HEC-HMS representa os processos hidrológicos das sub-divisões da área da bacia (as sub-bacias do Sinos) e, assim, agrupa as funções matemáticas de conversão em chuva-vazão (infiltração, escoamento direto, interceptação, etc.).

A divisão das sub-bacias para a construção do modelo hidrológico obedeceu aos seguintes critérios:

- Respeitando a divisão da caracterização Baixa, Médio, Alto Sinos;
- Considerando áreas relativamente homogêneas quanto ao uso do solo e declividade;
- Considerando a maior necessidade de detalhamento na análise das áreas urbanizadas, principalmente o Baixo Sinos;
- Considerando os pontos de controle importantes para a calibração do modelo como as Estações Fluviométricas existente.

A partir destes conceitos foram criadas 120 sub-bacias dentro do modelo hidrológico:

- 25 sub-bacias no Alto Sinos;
- 58 sub-bacias no Médio Sinos;
- 38 sub-bacias no Baixo Sinos.

O método de denominação das sub-bacias consideradas no modelo indica a localização desta no conceito de Alto, Médio ou Baixo Sinos; exemplo:

- MAG01 - sub-bacia 1 pertencente ao Alto Sinos.
- MMG18 - sub-bacia 18 pertencente ao Médio Sinos.
- MBG10 - sub-bacia 10 pertencente ao Baixo Sinos.

✓ **Determinação dos Parâmetros Hidrológicos**

Coeficiente CN e Impermeabilização: Para determinação dos parâmetros hidrológicos a serem considerados no modelo a ser utilizado deve ser realizada uma classificação do uso do solo de acordo com a resposta hidrológica típica de cada região.

As classificações consideradas são correspondentes ao tipos hidrológicos

Considerando que a análise do presente estudo é regional e não pontual as classes hidrológicas apontadas indicam um comportamento hidrológico de grande escala, ou seja, as classes apontadas apresentam os parâmetros médios da sub-bacia analisada.

Escoamento Superficial: A função de geração de descarga líquida do modelo hidrológico HEC-HMS, adotada em toda a bacia do Rio dos Sinos, e destinada à geração de chuvas efetivas foi à preconizada pelo *Soil Conservation Service* (SCS).

Hidrogramas: O hidrograma unitário sintético utilizado neste estudo foi o estimado pelo Método de Snyder, na versão HEC-HMS, que depende do tempo de retardamento, da vazão de pico e da duração total do escoamento, ou seja, para a definição da base do hidrograma.

Propagação de Vazões: O método selecionado para a propagação de vazões é o da onda cinemática. Este método resolve a equação da continuidade em conjunto com uma equação simplificada de conservação de quantidade de momento em cada trecho do modelo.

Evapotranspiração: A Evapotranspiração foi computada para cada sub-bacia através de valores estimados pelo método de Penman.

Interceptação: A interceptação é a retenção de parcela da precipitação acima da superfície do solo, tal que esta não infiltra ou transforma-se em escoamento superficial.

A metodologia a ser usada para a representação da interceptação é a de Dynamic Canopy onde o volume acumulado nos reservatórios das folhas é preenchido ou deplecionado de acordo com a capacidade máxima, precipitação e evapotranspiração no período.

Escoamento de Base: O método utilizado será o de Reservatório Linear (Linear Reservoir Baseflow).

Em tal método a infiltração calculada é computada como uma vazão de entrada em um reservatório linear. Este método conserva massa no contexto da bacia.

✓ **Espacialização da Precipitação nas Sub-bacias**

A definição das áreas de influência de cada posto pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos foi realizada pelo método dos Polígonos de Thiessen no período com dados pluviométricos entre jan/1945 e dez/2015.

Atribuiu-se assim, para cada dia deste período e para cada sub-bacia, a precipitação correspondente do polígono do posto que contivesse o centroide da sub-bacia.

As falhas de dados de precipitação não foram preenchidas, isto foi contornado gerando-se para cada combinação de disponibilidade de dados uma disposição distinta dos polígonos, visto que a região apresenta grande homogeneidade de precipitações, principalmente para as mais intensas, que são geradas por eventos frontais com grande abrangência e uniformidade.

✓ **Calibração do Modelo**

Para a realização da calibração do modelo hidrológico a resposta em pontos de controle específicos foi comparada com os dados fluviométricos observados.

O modelo é considerado calibrado quando a dispersão entre os resultados observados e os resultados simulados é a menor possível.

Para a realização da calibração do modelo hidrológico a resposta em pontos de controle específicos foi comparada com os dados fluviométricos observados.

O modelo é considerado calibrado quando a dispersão entre os resultados observados e os resultados simulados é a menor possível.

Os procedimentos utilizados para calibração do modelo envolvem análises de ajuste dos hidrogramas observados e simulados em conjunto com medidas de desempenho quantitativas dos ajustes.

Para a avaliação quantitativa dos ajustes foi utilizado o indicador de eficiência Nash-Sutcliffe das vazões, o coeficiente representa o quanto os resultados obtidos com o modelo são melhores que um modelo alternativo representado pelas vazões médias de longo período observadas.

Os valores do coeficiente variam entre menos infinito e 1 (um), valores próximos a 1(um) indicam que os resultados do modelo são muito superiores à média de longo período, valores próximos a zero indicam que os resultados são parecidos com a média, enquanto que valores negativos indicam que o modelo é pior do que a média.

Os resultados da calibração e validação do modelo foram considerados satisfatórios. Os valores do indicador de eficiência variaram entre 0,75 e 0,96.

3.6.8 Resultados dos Estudos Hidrológicos

Os resultados obtidos correspondem à resposta hidrológica da bacia no tempo e espaço (hidrogramas) para eventos de precipitação considerando as condições hidrológicas existentes atualmente na área.

✓ **Eventos de Cheia**

Segundo Tucci (2009) os hidrogramas de projeto são usualmente determinados com base na precipitação. O hidrograma pode ser associado a precipitações máximas prováveis e precipitações associadas a risco ou probabilidade de ocorrência. O segundo método é o utilizado no contexto da bacia do Sinos.

O hidrograma de projeto é obtido através da precipitação de projeto aplicada a cada sub-bacia e a propagação da mesma através dos canais e reservatórios até a seção de interesse.

Devido à dimensão da bacia do Sinos a discretização da precipitação é indispensável para caracterização dos eventos de chuvas extremas.

Devido à metodologia utilizada (modelo chuva-vazão) o hidrograma de projeto resultante terá seu risco associado às precipitações e não aos hidrogramas passantes em trecho da bacia.

As precipitações de projeto analisadas foram aquelas com tempo de retorno de: 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

A precipitação máxima pontual não é a mesma para toda a bacia (apenas para bacias de pequenas dimensões). Durante um evento chuvoso as precipitações máximas ocorrem sobre uma pequena área, reduzindo-se com o espaço. Para a estimativa da precipitação média é utilizado um coeficiente de abatimento.

O passo de tempo de discretização da precipitação deve ser menor ou igual a 1/5 do tempo de concentração e 1/3 do tempo de pico.

Devido à quantidade de sub-bacias e à variação de características suas características o intervalo de tempo de precipitação deve ser compatível com cada uma destas.

Neste caso o intervalo de tempo escolhido para a representação dos eventos de chuva foi de 5 minutos.

Um evento crítico de chuva pode ser construído artificialmente com base em características estatísticas de eventos observados e registrados.

Estas características estatísticas e parâmetros são levados em conta através de dois elementos básicos: **(a)** período de retorno, **Tr** da precipitação de projeto (anos) e **(b)** duração crítica do evento (min) igual ou superior ao tempo de concentração.

É usual representar as precipitações extremas a partir de relações intensidade-duração-frequência (curvas IDF) das precipitações sobre a bacia contribuinte.

Os hietogramas de projeto foram obtidos a partir do método dos blocos alternados, cujas etapas foram:

- seleção da duração total da precipitação (td) e do intervalo de discretização (dt = 5min);
- obtenção da precipitação a partir da relação IDF;
- transformação das intensidade em alturas de precipitação acumuladas até o último intervalo de tempo;
- cálculo dos incrementos dos totais acumulados por intervalo;
- rearranjo dos incrementos ou blocos, obtidos em uma sequência tal que, no centro da duração da precipitação se situe o bloco maior e, em seguida, os demais.

As condições iniciais adotadas para o modelo escolhido devem procurar condições desfavoráveis de projeto e com chance de ocorrência.

As seguintes condições iniciais foram adotadas:

- Capacidade disponível de interceptação: **0%**
- Capacidade disponível de retenção no solo: **0%**

Os resultados das simulações dos eventos de cheias quanto às vazões para os TR's 5, 10, 25, 50 e 100 anos são apresentados com detalhe no Produto 10.

As análises dos eventos de cheia foram complementadas no Relatório de Simulações Hidráulicas, PRODUTO 11 do estudo.

3.7 Simulações Hidráulicas e Mapas de Inundação

As simulações hidráulicas e mapas de inundações têm por objetivo avaliar a propagação das vazões máximas de projeto no Rio dos Sinos e principais afluentes, levando-se em conta obstruções ao escoamento, geometria da calha principal, extravasamentos para a planície de inundação e efeitos de jusante.

Os resultados das simulações e mapas são apresentados no Produto 11.

Foi realizada a avaliação dos riscos no qual a população urbana da área de interesse está sujeita, quantificando e associando os danos às probabilidades de eventos extremos. A verificação das condições de cheias na bacia permitiu a elaboração de mapas de inundação.

Desta forma e por natureza dos eventos de cheias foram utilizados os componentes de modelagem em regime não permanente.

A Figura 9 apresenta a área do escopo da modelagem.

Os trechos dentro das áreas hachuradas apresentam cursos d'água que fazem parte da modelagem hidrodinâmica. Os trechos que estão fora destas áreas não fizeram parte da modelagem hidrodinâmica, embora se ressalte que toda a bacia está compreendida na modelagem hidrológica.

3.7.1 Modelo Hidrodinâmico

O software utilizado para a modelagem hidrodinâmica das cheias foi o HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) elaborado pela USACE (US Army Corps of Engineering). A versão utilizada do software foi a 5.0.3 e pode ser obtida em [http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/].

Este programa permite o cálculo da hidráulica em regime permanente em 1D ou regime não permanente em 1D e 2D.

O sistema é composto de uma interface de usuário, componentes de análise hidráulica, componentes de armazenamento e gerenciamento de dados, visualização, mapeamento e elaboração de relatório de resultados.

O programa HEC-RAS contêm 4 componentes de análise hidráulica: (1) modelagem 1D em regime permanente (2) modelagem 1D ou 2D em regime não permanente (3) modelagem de transporte de sedimentos (4) modelagem de temperatura e transporte (ex: contaminantes).

Uma capacidade importante deste programa é a capacidade de conectar modelos de 1D e 2D em uma mesma simulação. Isto permite reduzir a complexidade do modelo onde necessário e assim obterem-se ganhos computacionais.

Todos componentes de análise hidráulica possuem a mesma representação de dados e geometrias além de mesmas rotinas computacionais.

O programa também permite a elaboração de mapas de inundação diretamente na sua interface.

Canela
Gramado
São Francisco de Paula
Rio Rolante
Santa Maria do Herval
Três Coroas
Igrejinha
Ivoti
Nova Hartz
Sebastião do Caí
Dois Irmãos
Sapiranga
Araricá
Rolante
Riozinho
Estância Velha
Parobé
Taquara
Campo Bom
Portão
pela de Santana
Arroio Luiz Rau
Novo Hamburgo
Arroio Pedo
São Leopoldo
Caraá
Sapucaia do Sul
Santo Antônio da Patrulha
Nova Santa Rita
Esteio
Arroio Sapucaia
Gravataí
Glorinha
Canoas
Cachoeirinha

Limite Bacia do Rio dos Sinos
Limite Modelagem Hidrodinâmica
Hidrografia

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

METROPLAN
encop
COHIDRO

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

Escala: 1:125.000

Figura 9: Limite Modelagem Hidrodinâmica

✓ **Características do Modelo**

O procedimento computacional básico para solução das variáveis hidráulicas é a solução de equações de energia, neste caso a equação de Saint Venant (em sua forma unidimensional ou bidimensional).

As perdas de energia são computadas nas mais diversas formas: fricção (equação de Manning), coeficientes de expansão e contração, modelagem de turbulência, etc.

O modelo em si é constituído pelos seguintes elementos:

- Geometria: representa as superfícies hidráulicas e outros elementos correntes, como pontes e bueiros, assim como a própria hidrografia (trechos, junções). Apresenta também as características hidráulicas dos trechos como rugosidades, áreas de fluxo inefetivo, obstruções, diques, etc.

Condições de contorno: representa os controles de nível nos extremos de modelo. Pode ser calculado como uma cota fixa, a altura normal, uma curva cota x vazão conhecida ou um cotagrama; hidrograma de entrada: representa a vazão x tempo a ser computada em cada trecho.

✓ **Base Teórica dos Modelos**

Quanto ao modelo HEC-RAS 1D (regime não permanente), este é representado pelas leis fundamentais que regem o escoamento em um curso d'água são: (1) conservação de massa (2) conservação de quantidade de movimento.

Estas leis são expressas matematicamente na forma de equações diferenciais parciais e são, por simplicidade, referidas como equação da continuidade e quantidade de movimento.

A equação da continuidade define que para um volume de controle a taxa de entrada de vazão neste deve ser igual à variação da taxa de armazenamento

As equações da *Continuidade* e da *Quantidade de Movimento* são desenvolvidas e expressas no Produto 11 em detalhe.

Quanto ao modelo HEC-RAS 2D (regime não permanente), este é representado pelas equações de Navier-Stokes que são equações diferenciais que descrevem a dinâmica de fluidos em 3 dimensões. Tais equações permitem determinar os campos de velocidade e de pressão num escoamento.

No contexto de escoamento em canais e modelagem de cheias, simplificações sobre esta equação podem ser aplicadas, como as equações para Águas Rasas.

Outras suposições utilizadas na modelagem são: escoamento incompressível, densidade uniforme e pressões hidrostáticas, assim como efeitos simplificados da turbulência no tempo. Além disto, assume-se que as velocidades horizontais são de magnitude muito maior do que as velocidades verticais.

Nos escoamentos de águas rasas os termos dominantes são o da gravidade e fricção de fundo nas equações quantidade de movimento, sendo os demais termos ignorados.

A equação de quantidade de movimento de Navier-Stokes se torna a forma bidimensional da aproximação de onda difusa.

Combinando esta equação com a de conservação de massa obtém-se um modelo de uma única equação, o a aproximação de Onda Difusa para Águas Rasas.

Tais simplificações visam à redução do tempo computacional (custo computacional) para obtenção de soluções para o escoamento.

A abordagem de solução utilizada pela versão 2D do HEC-RAS é a do método dos volumes finitos, isto é, um método de resolução de equações de derivadas parciais baseado na resolução de balanços de massa, energia e quantidade de movimento a um determinado volume de meio contínuo.

As equações de *Conservação de Massa* e *Conservação da Quantidade de Movimento* são desenvolvidas e expressas no Produto 11 em detalhe.

3.7.2 Elaboração dos Mapas de Inundação

As bases principais de dados para construção do modelo hidrodinâmico são:

- Levantamentos Aerofotogramétricos, Topográficos, Topobatimétricos e Cadastrais realizados especificamente para este trabalho e consolidados conforme apresentado nos Relatórios de Levantamentos de Campo. Tais levantamentos foram apresentados em relatório de etapa anterior.
- Levantamentos topográficos existentes: Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul (1:50.000) e Bases Topográficas Municipais;
- Levantamentos de satélite: SRTM (Shuttle Radar Topography Mission);

Por não existir uma só base de dados espaciais com detalhamento suficiente para construção do modelo com precisão adequada, todas as informações planialtimétricas disponíveis foram consolidadas em uma base única podendo assim obter o máximo de detalhes para tal.

Os dados de entrada para o modelo hidrodinâmico são os resultados obtidos na simulação hidrológica.

A simulação hidrológica assim como a simulação hidrodinâmica foi realizada considerando a apresentando da situação atual e nos produtos seguintes foram apresentadas outras considerando os estudos de alternativas e cenários futuros.

✓ **Construção do Modelo**

Para a modelagem hidrodinâmica do escoamento a superfície hidráulica computacional foi construída a partir de dados topográficos e topo-batimétricos existentes.

A criação do modelo de terreno é um passo de pós-processamento dos dados topográficos levantados e é importante para se utilizar da melhor forma possível dos levantamentos realizados.

A partir destes levantamentos foi construída uma superfície TIN (*triangulated irregular network*), isto é, uma estrutura de dados de superfície constituída de nós distribuídos de forma irregular e pontos tridimensionais arranjados como uma rede de triângulos não sobrepostos.

Mesmo existindo uma quantidade significativa de dados planialtimétricos levantados é maior ainda a densidade necessária para construção de uma superfície contínua que represente de forma adequada às seções hidráulicas.

Isto se torna evidente na questão dos levantamentos topobatimétricos onde pode existir uma distância significativa entre as seções de rio levantadas e tal condição podendo levar à construção equivocada da superfície hidráulica.

Para sanar tal limitação foi necessária a inserção de informações planialtimétricas complementares.

Tais informações complementares se utilizaram dos pontos com cotas conhecidas existentes, mas teve como objetivo representar elementos de elevação que, devido à característica irregular da distribuição de pontos, não puderam ser levantados. Exemplos:

- Curvas e meandros de rio entre duas seções topobatimétricas;
- Elementos construídos com grande extensão longitudinal ao rio (ex: diques);
- Canais secundários de curta extensão.

Após a construção do modelo de terreno e conversão para um formato de malha estruturada o mesmo foi carregado para o HEC-RAS Mapper para o pré-processamento de geometrias e assim, permitir sua utilização na modelagem.

✓ **Construção da Malha Computacional**

A malha computacional representa o detalhamento espacial para o cálculo das equações hidrodinâmicas do modelo. A malha computacional é constituída de células que apresentam dimensão física real e onde o escoamento é considerado uniforme.

Quanto menor a área individual das células maior a quantidade de células para cobrir um mesmo espaço e, assim, maior o custo computacional (relação entre tempo de simulação e capacidade de processamento) necessário.

✓ **Parâmetros**

A vazão e cota nos trechos de rio/canal simulados são diretamente relacionadas ao coeficiente de rugosidade de Manning do trecho.

A estimativa deste parâmetro é fundamental para a modelagem hidrodinâmica, sendo altamente variável e dependente de um número de fatores, como macro rugosidades da superfície dos canais, vegetações, irregularidades na seção, alinhamento do trecho, etc.

Considerando a aleatoriedade de ocorrência de eventos de precipitação o parâmetro de rugosidade para uma determinada seção foi determinado através da pior condição de provável ocorrência, independente de sazonalidade.

Considerando o escopo da simulação e a impossibilidade de caracterização detalhada da rugosidade de cada trecho simulados, algumas generalizações foram realizadas.

A partir das seguintes referências foi elaborada uma relação das tipologias de revestimentos, canais e ocupação de solo características de bacia em questão e associado um valor de rugosidade para tal; ver (Quadro 15) a seguir:

- ARCEMENT, GEORGE J.; SCHNEIDER, VERNE R. - Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. 1989;
- CHOW, V. T. - Open channel hydraulics. 1959.

Quadro 15 - Coeficientes de rugosidade propostos

Tipologia	Rugosidade
Canais Artificiais	
Canal, aduela, galeria de concreto	0,013
Gabião ou canal com enrocamento	0,030
Canal escavado, sem revestimento	0,023
Canais Naturais	
Canal natural, sem vegetação	0,033
Canal natural, com vegetação de pequeno porte	0,040
Canal natural, com vegetação de grande porte nas margens	0,050
Planícies de Inundação	
Banhado sem vegetação de grande porte	0,120
Planície de inundação com vegetação de grande porte	0,200
Lavoura	0,100
Outros Elementos	
Área Urbana - alta densidade	0,150
Área Urbana - baixa densidade	0,100

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Obras Correntes**

Os trechos de rios e canais analisados estão inseridos em contextos urbanos, desta forma, diversas pontes afetam diretamente a seção hidráulica e o cálculo hidrodinâmico do escoamento.

O HEC-RAS computa as perdas de energia em estruturas como pontes, bueiros e galerias em 3 componentes.

Embora o modelo tenha sido construído em 2D as estruturas de pontes foram simuladas como um escoamento 1D nesta versão do programa.

Tais seções são criadas a partir dos parâmetros geométricos definidos no programa e levantadas a partir do cadastro das estruturas das pontes (número, formato e geometria dos pilares, altura do tabuleiro, largura das pistas, etc.).

✓ **Escopo**

O modelo hidrodinâmico foi construído apenas nos trechos onde o impacto das cheias ou conhecimento do comportamento é importante, desta forma, foram analisados apenas os seguintes trechos da bacia:

- Rio dos Sinos até o Arroio Sapiranga, incluindo os Arroios Esteio, Sapucaia, José Joaquim, Portão, Cerquinha, Luiz Rau e Schimdt;
- Arroio Grande;
- Rio Paranhana;
- Arroio Areia e Rio Rolante;
- Arroio do Meio, Riozinho e Caraá;

✓ **Condições Iniciais e de Contorno**

Condições de contorno devem ser estabelecidas em todos os limites (contornos) do sistema hídrico modelado. Condições de contorno podem ser estabelecidas em quaisquer pontos de controle do sistema onde sejam apropriadas, no trecho inicial simulado, no trecho final simulado e nos tributários importantes.

As condições de montante podem ser estabelecidas das seguintes formas:

- Hidrograma de entrada;
- Cotagrama de entrada;
- Cota x vazão de entrada.

As condições de jusante podem ser estabelecidas das seguintes formas:

- Curva cota x vazão;
- Profundidade normal;
- Hidrograma de entrada;
- Cotagrama de entrada;
- Cota x vazão de entrada.

As condições internas ao sistema podem ser estabelecidas das seguintes formas:

- Hidrograma de vazão lateral de entrada;
- Hidrograma de vazão lateral uniforme;
- Vazão de entrada de aquífero;
- Cota x vazão de entrada.

Devido à característica estocástica dos eventos hidrológicos a condição inicial de cada elemento modelado na bacia não pôde ser definida claramente.

A simulação de eventos de precipitação máxima com intuito de determinação de manchas de inundação então se deve valer de cenários realísticos para cada um dos elementos hidráulico com impacto no escoamento.

Assim foram propostas as seguintes condições:

- **Condição inicial de vazão:** igual a Q50% (e nível correspondente) para cada trecho simulado para TR 5 anos. Para os demais tempos de retorno a condição inicial utilizada foi a condição hidráulica simulada para o TR imediatamente anterior (ex.: TR 50 tem como condição inicial o resultado da simulação do TR 25)
- **Nível no Rio Guaíba:** o Rio Guaíba possui uma influência direta no escoamento do Baixo Sinos e consequentemente das suas cheias. Entretanto sua bacia é dezenas de vezes maior do que a bacia do Sinos, ou seja, correlacionar os eventos de grande pluviosidade do Sinos diretamente com níveis altos do Rio Guaíba pode levar a considerações exageradas de níveis de cheia.
  Os níveis considerados para análise das cheias no Guaíba estão apresentados no Quadro 16.
- **Sistema de bombeamento:** para a modelagem das cheias o sistema de bombeamento de Porto Alegre será considerado sempre em capacidade máxima.

- ***Warm-up***: uma das capacidades do modelo HEC-RAS é de definir um período de simulação para estabilização das condições iniciais (período de *warm-up*). Isto permite que um sistema complexo de condições iniciais se torne estável numericamente e reduza o número de erros da simulação.
  A duração de cada período de *warm-up* será apresentada a seguir.

Quadro 16 - Níveis do Guaíba considerados

TR	Cota
1 ano	0,82
5 anos	2,08
10 anos	2,39
25 anos	2,79
50 anos	3,08
100 anos	3,36

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Calibração**

A fase de calibração pode ser descrita como uma etapa que procura adequar os parâmetros para que o modelo produza resultados condizentes com a realidade.

Assim é necessário calibrá-lo, ou seja, a partir da definição inicial dos parâmetros, através de uma gama de dados, podem-se testar os modelos utilizando determinados eventos para definir se estes representam adequadamente a realidade.

A calibração da relação cota x vazão foi realizada em todos os pontos onde existiam informações suficientes para tal.

Estas incluem estações fluviométricas com medições de “cota x vazão” simultâneas (resumos de descarga no Hidroweb) ou a partir de curvas de “cota x vazão” ajustadas.

Os valores de curvas de “cota x vazão” ajustadas são válidos, mas analisou-se a magnitude da dispersão do ajuste sobre os dados medidos. Se a curva de ajuste não representeava bem o funcionamento hidráulico fez-se outro ajuste.

A calibração envolve a minimização da diferença entre dados observados e resultados de simulações através do ajuste dos parâmetros implícitos do modelo.

A função objetivo a ser minimizada é a diferença entre as cotas medidas e cotas simuladas para uma mesma vazão:

$$R = \sqrt{\sum^{m} \frac{(C_m - C_s)}{m}}$$

Onde **Cm** é a cota medida, **Cs** é a cota obtida através da simulação e **m** é o número de dados de entrada para a calibração.

A Figura 10 apresenta os resultados de cota x vazão observados em relação aos valores obtidos no resultado da simulação hidrodinâmica. Os resultados apresentam boa correlação entre os valores de cota vazão (R^2 = 0,95).

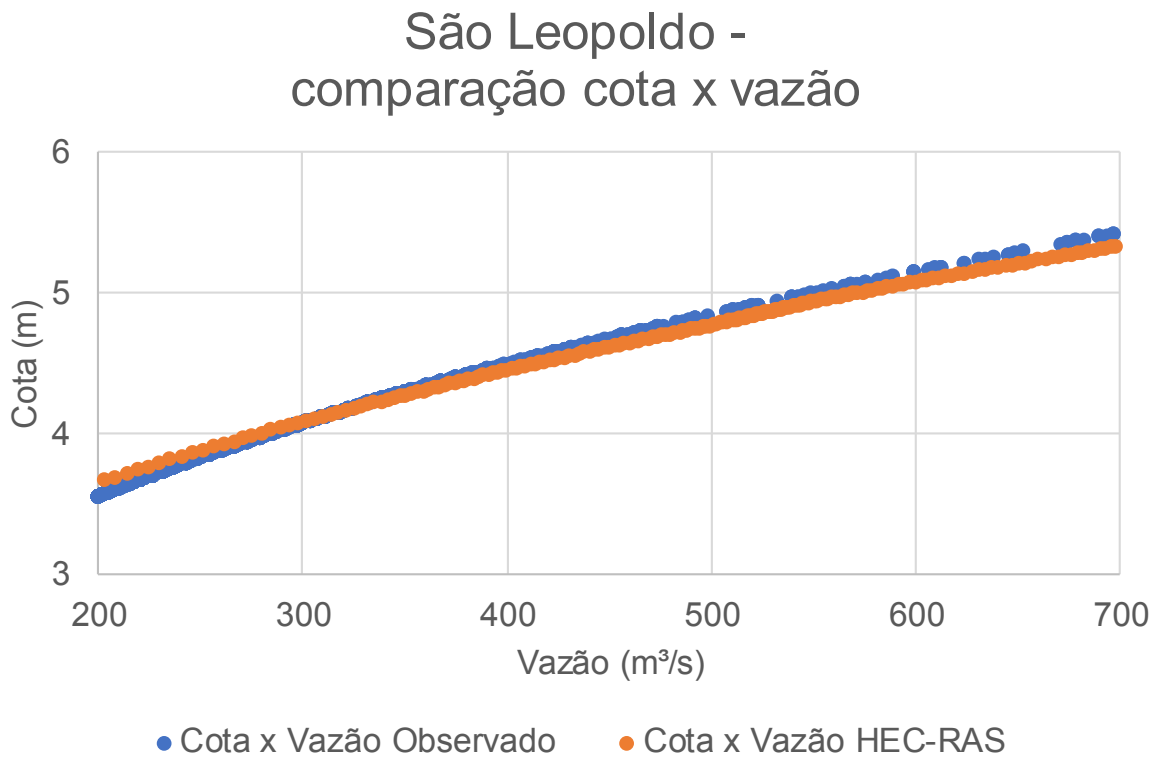


Figura 10 - Calibração dos Parâmetros Hidráulicos para a seção Passo das Canoas Auxiliar
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Combinação dos Efeitos**

Sabe-se que existe um trecho ao longo do Rio dos Sinos no qual a influência do nível do rio Guaíba é significativa sobre as cheias máximas.

A correlação estatística entre as cheias do rio Guaíba e períodos de maior vazão do rio dos Sinos é muito baixa, podendo-se considerar tais eventos (cheias Guaíba x Sinos) como eventos praticamente independentes.

Devido à relativa complexidade hidráulica entre o sistema Guaíba x Sinos é impossível, a priori, se definir qual a situação hidráulica mais crítica para cada tempo de retorno.

Desta forma foi proposta uma análise combinatória dos efeitos de jusantes e vazões de cheias do Rio dos Sinos, conforme apresentado no Quadro 17, avaliando duas condições por tempo de retorno.

A mancha de inundação final para todos os TR's pondera os efeitos de ambas as simulações sendo que, para cada área (dentro da resolução espacial adotada), é considerada a maior cota simulada.

O mapa final e contorno de inundação é o resultado combinado das análises realizadas.

Quadro 17 - Análise combinatória de efeitos (Sinos x Guaíba).

Avaliação TR	Condição 1	Condição 2
TR 5 anos	Vazão Rio dos Sinos TR 5 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio dos Sinos Nível Rio Guaíba TR 5 anos
TR 10 anos	Vazão Rio dos Sinos TR 10 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio dos Sinos Nível Rio Guaíba TR 10 anos
TR 25 anos	Vazão Rio dos Sinos TR 25 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio dos Sinos Nível Rio Guaíba TR 25 anos
TR 50 anos	Vazão Rio dos Sinos TR 50 anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio dos Sinos Nível Rio Guaíba TR 50 anos
TR 100 anos	Vazão Rio dos Sinos **TR 100** anos Nível médio no Rio Guaíba	Vazão média no Rio dos Sinos Nível Rio Guaíba **TR 100** anos

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Secionamento do Modelo**

Devido à grande diferença de escala entre o Rio dos Sinos e seus afluentes, tanto os tempos de resposta hidrológica quanto a dimensão dos elementos topográficos são significativamente diferentes entre eles.

Assim tanto o passo de tempo computacional (tempo entre cada instante simulado) quanto o detalhamento da malha computacional (densidade espacial dos pontos avaliados) devem ser apropriados a cada caso.

De modo a se otimizar tanto o custo computacional quanto para se atingir um nível de detalhamento adequado para o trabalho, a modelagem foi secionada em trechos.

Desta forma o Rio dos Sinos e os seus afluentes foram modelados separadamente e seus resultados combinados posteriormente através de software de SIG.

Ao serem combinados os resultados das simulações avaliou-se para cada região (dentro da discretização espacial utilizada) o valor máximo combinado, somando-se os resultados do Rio dos Sinos e seus afluentes

✓ **Resumo dos Parâmetros Hidráulicos e Computacionais**

O Quadro 18 apresenta um resumo dos parâmetros hidráulicos e computacionais utilizados nas simulações para cada trecho simulado

Quadro 18 - Parâmetros Hidráulicos e Computacionais

Malha Computacional	Rio dos Sinos	Esteio/Sapucaia	José Joaquim	Portão	Cerquinha	Luiz Rau	São José
Quantidade de células	264086	78699	78964	41527	13940	13838	20048
Área Média [m²]	583	270	81	277	448	87	239
Área Máxima [m²]	1433	890	212	727	5168	166	1640
Área Mínima [m²]	32	4	4	3	2	5	3
Equivalente Médio Célula Quadrada [m]	24	16	9	17	21	9	15
Sub-malha topográfica [cm]	250	100	100	100	100	100	100
Passo Computacional [segundos]	180	15	10	60	30	60	60
Intervalo de Saída de Resultados [min]	30	60	30	30	60	60	30
***Warm-up* [horas]**	48	12	3	12	6	3	3
Parâmetro τ	1	1	1	1	1	1	1
Tolerância de Altura da Lâmina d'Água [cm]	1	6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Modelo Computacional	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D

Malha Computacional	Sapiranga	Grande	Paranhana	Areia	Riozinho	Meio	Caraá
Quantidade de células	20490	29217	98227	18100	26015	20425	7786
Área Média [m²]	263	439	338	200	88	76	180
Área Máxima [m²]	1105	1294	950	487	235	243	2330
Área Mínima [m²]	3	13	17	4	6	4	3
Equivalente Médio Célula Quadrada [m]	16	21	18	14	9	8	13
Sub-malha topográfica [cm]	100	100	250	100	100	100	100
Passo Computacional [segundos]	15	120	15	15	5	10	10
Intervalo de Saída de Resultados [min]	30	60	30	60	30	30	15
***Warm-up* [horas]**	3	24	6	24	3	3	3
Parâmetro τ	1	1	1	1	1	1	1
Tolerância de Altura da Lâmina d'Água [cm]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Modelo Computacional	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D	Difusão 2D

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Fluxo de Trabalho**

O fluxograma de trabalho para a construção, calibração e obtenção de resultados do modelo hidrodinâmico foi o seguinte:

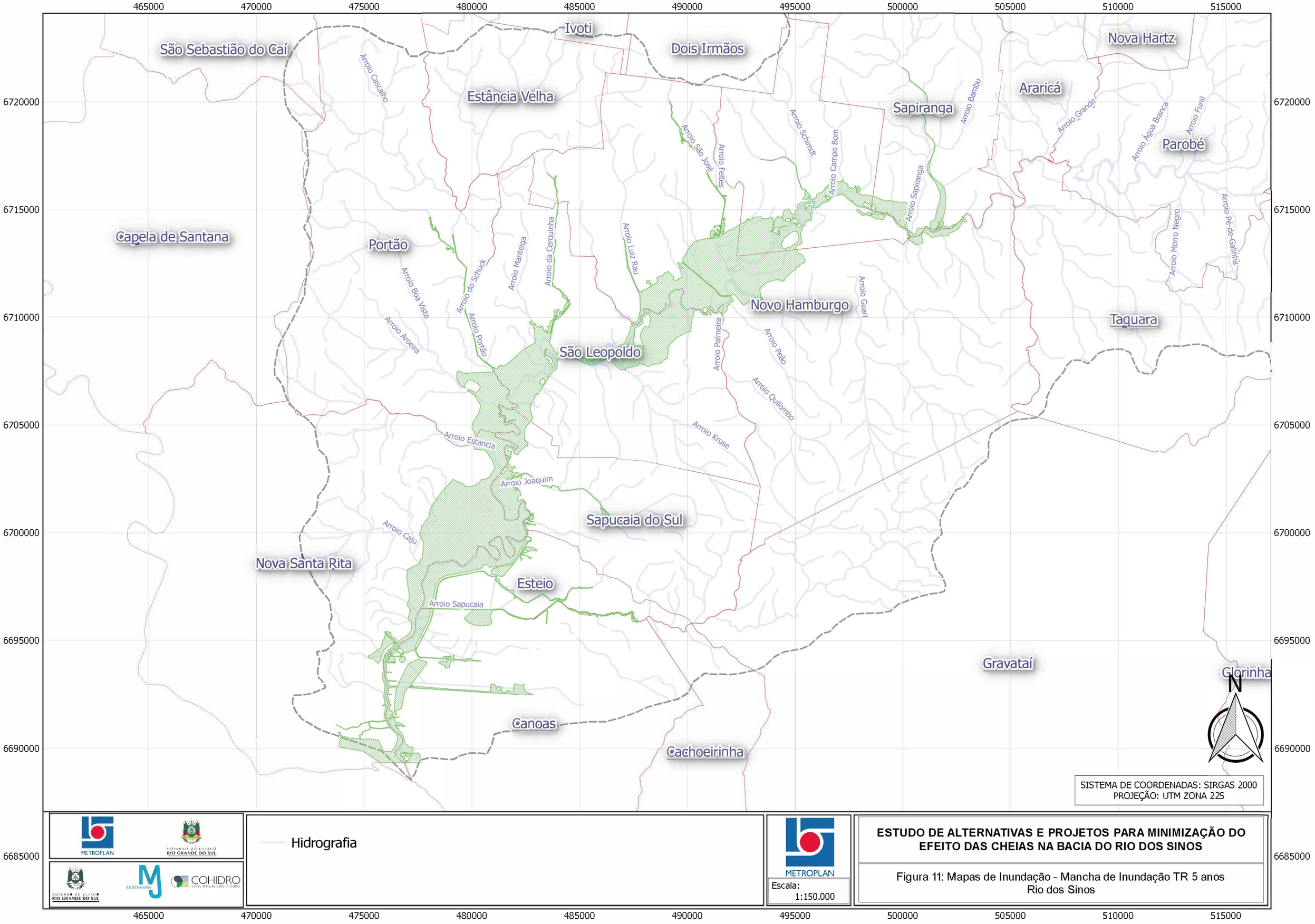
- Construção do modelo digital do terreno a partir do processamento dos resultados de levantamentos topográficos obtidos e imagens de satélite e de aerofotogrametria.
- Construção da geometria do modelo com inserção do modelo digital do terreno no HEC-RAS e das estruturas existentes (ex.: pontes, bombeamento, áreas de bloqueio, etc.)
- Elaboração do mapa de rugosidades (coeficiente de Manning) a partir do mapa de uso dos solos e imagens de satélite e levantamento aéreo.
- Definição das condições iniciais e de contorno;
- Definição dos hidrogramas de calibração por trecho simulado;
- Calibração dos parâmetros do modelo;
- Definição do hidrogramas de cheias de acordo com os tempos de retorno de projeto;
- Simulação da condição proposta;
- Pós-processamento dos resultados para obtenção de mapas e informações secundárias.

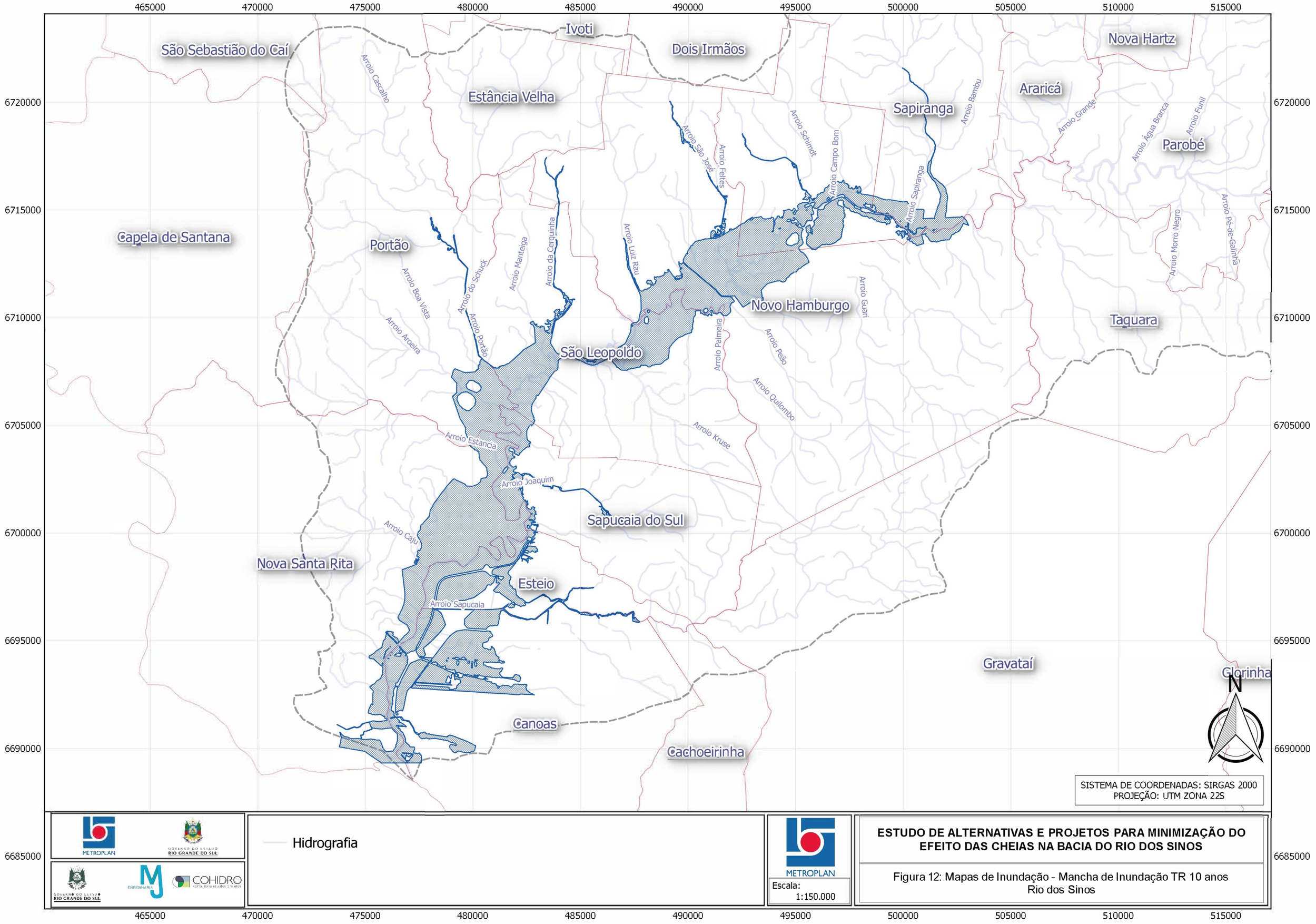
✓ **Resultados**

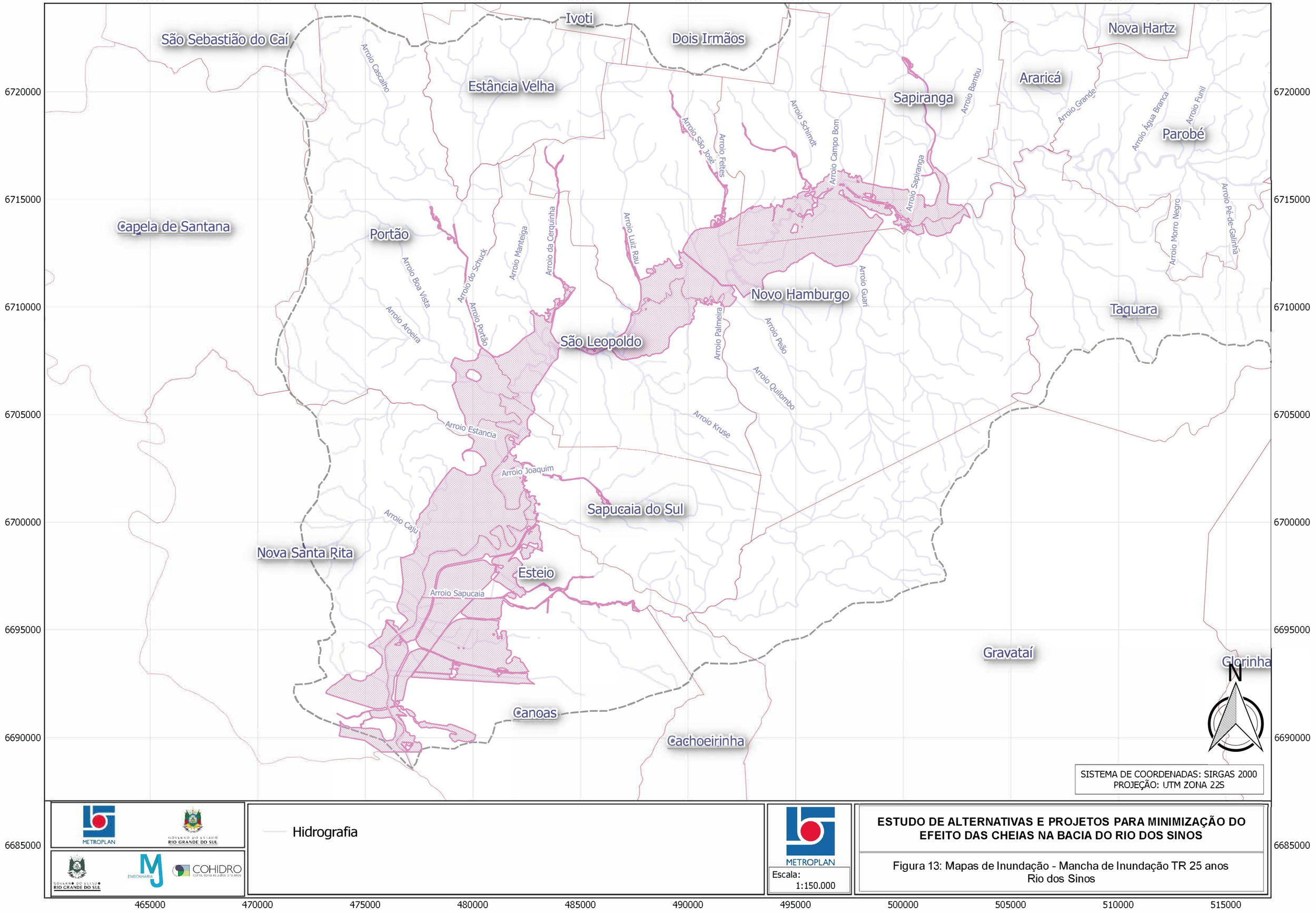
Os resultados obtidos das simulações foram os mapas de risco de inundações para cada Tempo de Retorno (5, 10, 25, 50 e 100 anos).

Os arquivos em formato (.kmz e .pdf), bem como os “shapes” foram apresentados em mídia digital como anexos do Produto 11.

Da Figura 11 à Figura 35 são apresentados os mapas gerais das áreas de risco de inundação dos TR’s 5, 10, 25, 50 e 100 anos, de forma a ilustrar os resultados obtidos nas simulações.


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
515000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
São Sebastião do Caí
Ivoti
Dois Irmãos
Nova Hartz
Estância Velha
Araricá
Sapiranga
Parobé
Capela de Santana
Portão
Novo Hamburgo
Taquara
São Leopoldo
Sapucaia do Sul
Nova Santa Rita
Esteio
Gravataí
Glorinha
Canoas
Cachoeirinha
Arroio Cascalho
Arroio São José
Arroio Feltes
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Bambu
Arroio Sapiranga
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Morro Negro
Arroio Pé-de-Galinha
Arroio Boa Vista
Arroio Aroeira
Arroio do Schuck
Arroio Portão
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Arroio Palmeira
Arroio Peão
Arroio Guari
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estancia
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA
COHIDRO
Hidrografia
METROPLAN
Escala:
1:150.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 11: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 5 anos
Rio dos Sinos


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
515000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
São Sebastião do Caí
Ivoti
Dois Irmãos
Nova Hartz
Estância Velha
Araricá
Sapiranga
Parobé
Capela de Santana
Portão
Novo Hamburgo
Taquara
São Leopoldo
Sapucaia do Sul
Nova Santa Rita
Esteio
Canoas
Cachoeirinha
Gravataí
Glorinha
Arroio Cascalho
Arroio São José
Arroio Feltes
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Bambu
Arroio Sapiranga
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Morro Negro
Arroio Pé-de-Galinha
Arroio Boa Vista
Arroio Aroeira
Arroio do Schuck
Arroio Portão
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Arroio Palmeira
Arroio Guari
Arroio Peão
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estância
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Hidrografia
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA
COHIDRO
Escala:
1:150.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 12: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 10 anos
Rio dos Sinos


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
515000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
São Sebastião do Caí
Ivoti
Dois Irmãos
Nova Hartz
Estância Velha
Araricá
Sapiranga
Parobé
Capela de Santana
Portão
Novo Hamburgo
Taquara
São Leopoldo
Sapucaia do Sul
Nova Santa Rita
Esteio
Gravataí
Glorinha
Canoas
Cachoeirinha
Arroio Cascalho
Arroio Bambu
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio São José
Arroio Feltes
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Sapiranga
Arroio Morro Negro
Arroio Pe-de-Galinha
Arroio Boa Vista
Arroio Aroeira
Arroio do Schuck
Arroio Portão
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Arroio Palmeira
Arroio Guari
Arroio Peão
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estancia
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA MJ
COHIDRO
Hidrografia
METROPLAN
Escala:
1:150.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 13: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 25 anos
Rio dos Sinos

465000 470000 475000 480000 485000 490000 495000 500000 505000 510000 515000

São Sebastião do Caí
Ivoti
Dois Irmãos
Nova Hartz
Estância Velha
Sapiranga
Araricá
Parobé
Capela de Santana
Portão
Novo Hamburgo
Taquara
São Leopoldo
Sapucaia do Sul
Nova Santa Rita
Esteio
Gravataí
Glorinha
Canoas
Cachoeirinha

Arroio Cascalho
Arroio São José
Arroio Feltes
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Bambu
Arroio Sapiranga
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Morro Negro
Arroio Pe-de-Galinha
Arroio Boa Vista
Arroio Aroeira
Arroio do Schuck
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Arroio Portão
Arroio Palmeira
Arroio Guari
Arroio Peão
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estância
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia

6720000 6715000 6710000 6705000 6700000 6695000 6690000 6685000

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA
COHIDRO CONSULTORIA EM RECURSOS HÍDRICOS

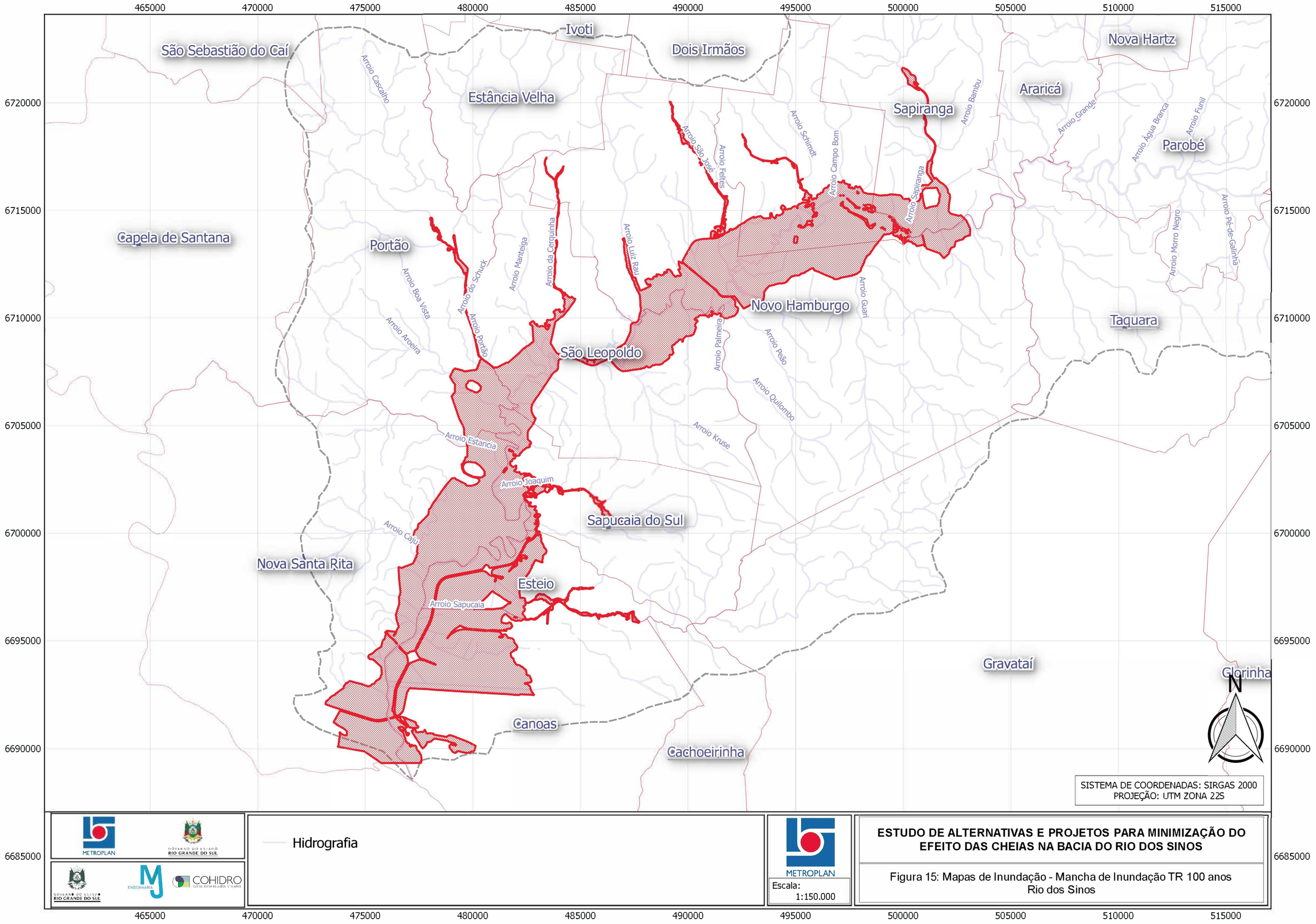
Hidrografia

METROPLAN
Escala: 1:150.000

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

Figura 14: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 50 anos
Rio dos Sinos

465000 470000 475000 480000 485000 490000 495000 500000 505000 510000 515000


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
515000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
São Sebastião do Caí
Ivoti
Dois Irmãos
Nova Hartz
Estância Velha
Araricá
Sapiranga
Parobé
Capela de Santana
Portão
Novo Hamburgo
São Leopoldo
Taquara
Sapucaia do Sul
Nova Santa Rita
Esteio
Gravataí
Glorinha
Canoas
Cachoeirinha
Arroio Cascalho
Arroio São José
Arroio Feltes
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Bambu
Arroio Sapiranga
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Morro Negro
Arroio Pe-de-Galinha
Arroio Boa Vista
Arroio Aroeira
Arroio do Schuck
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Portão
Arroio Luiz Rau
Arroio Palmeira
Arroio Guari
Arroio Peão
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estância
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA
COHIDRO
Hidrografia
METROPLAN
Escala:
1:150.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 15: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 100 anos
Rio dos Sinos

6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

510000

515000

520000

525000

Araricá

Santa Maria do Herval

Nova Hartz

Gramado

Parobé

Igrejinha

Três Coroas

Taquara

Canel

Arroio da Bica

Arroio Grande

Rio dos Sinos

Arroio Água Branca

Arroio Morro Negro

Arroio Funil

Arroio Solitário

Arroio Caboclo

Rio Paranhana

Arroio Nicolau

Arroio Irapuru

Arroio Lavrado

Arroio Angabei

Arroio Águas Brancas

Arroio José

Arroio Kampf

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala: 1:75.000

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

Figura 16: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 5 anos
Rio Paranhana e Arroio Passo Grande

6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

510000 515000 520000 525000

Araricá
Santa Maria do Herval
Nova Hartz
Gramado
Parobé
Igrejinha
Três Coroas
Taquara
Canel

Arroio da Bica
Arroio Grande
Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
Arroio Morro Negro
Arroio Funil
Arroio Solitário
Arroio Caboclo
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Arroio Irapuru
Arroio Lavrado
Arroio Angabei
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Arroio José

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA MJ
COHIDRO CONSULTORIA E ESTUDOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Hidrografia

METROPLAN
Escala: 1:75.000

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

Figura 17: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 10 anos
Rio Paranhana e Arroio Passo Grande

6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

510000

515000

520000

525000

Araricá

Santa Maria do Herval

Nova Hartz

Gramado

Parobé

Igrejinha

Três Coroas

Taquara

Canel

Arroio da Bica

Arroio Grande

Rio dos Sinos

Arroio Água Branca

Arroio Morro Negro

Arroio Funil

Arroio Solitário

Arroio Caboclo

Rio Paranhana

Arroio Nicolau

Arroio Irapuru

Arroio Lavrado

Arroio Angabei

Arroio Águas Brancas

Arroio Kampf

Arroio José

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala: 1:75.000

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

Figura 18: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 25 anos
Rio Paranhana e Arroio Passo Grande

6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

510000 515000 520000 525000

Araricá
Santa Maria do Herval
Nova Hartz
Gramado
Parobé
Igrejinha
Três Coroas
Taquara
Canel

Arroio da Bica
Arroio Grande
Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
Arroio Morro Negro
Arroio Funil
Arroio Solitário
Arroio Caboclo
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Arroio Irapuru
Arroio Lavrado
Arroio Angabei
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Arroio José

N

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

Hidrografia

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA MJ
COHIDRO

Escala: 1:75.000

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

Figura I9: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 50 anos
Rio Paranhana e Arroio Passo Grande

6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

510000 515000 520000 525000

Araricá
Santa Maria do Herval
Nova Hartz
Parobé
Gramado
Igrejinha
Três Coroas
Taquara
Canel

Arroio da Bica
Arroio Grande
Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
Arroio Morro Negro
Arroio Funil
Arroio Solitário
Arroio Caboclo
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Arroio Irapuru
Arroio Lavrado
Arroio Angabei
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Arroio José

N

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

Hidrografia

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
ENGENHARIA MJ
COHIDRO

Escala: 1:75.000

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

Figura 20: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 100 anos
Rio Paranhana e Arroio Passo Grande

6719000 6720000 6721000 6722000

541000

542000

Rio Areia

Rolante

Rio Areia

Rio Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

MJ ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:10.000

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

Figura 21: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 5 anos
Rio Rolante/Areia

6719000 6720000 6721000 6722000

6719000 6720000 6721000 6722000

541000

542000

Rio Areia

Rolante

Rio Areia

Rio Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA MJ

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:10.000

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

Figura 22: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 10 anos
Rio Rolante/Areia

6719000 6720000 6721000 6722000

6719000 6720000 6721000 6722000

541000

542000

Rio Areia

Rolante

Rio Areia

Rio Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA MJ

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:10.000

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

Figura 23: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 25 anos
Rio Rolante/Areia

6719000 6720000 6721000 6722000

6719000 6720000 6721000 6722000

541000

542000

Rio Areia

Rolante

Rio Areia

Rio Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:10.000

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

Figura 24: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 50 anos
Rio Rolante/Areia

6719000 6720000 6721000 6722000

6719000 6720000 6721000 6722000

541000

542000

Rio Areia

Rolante

Rio Areia

Rio Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:10.000

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

Figura 25: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 100 anos
Rio Rolante/Areia

6719000 6720000 6721000 6722000

554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000

6704000 6703000 6702000 6701000 6700000

Arroio do Meio

Arroio Caraa

Caraá

Santo Antônio da Patrulha

Arroio Carvalho

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:20.000

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

Figura 26: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 5 anos
Rio do Meio/Arroio Caraá

554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000

6704000

6703000

6702000

6701000

6700000

Arroio do Meio

Arroio Caraa

Caraá

Santo Antônio da Patrulha

Arroio Carvalho

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:20.000

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

Figura 27: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 10 anos
Rio do Meio/Arroio Caraá

554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000

554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000

6704000

6703000

6702000

6701000

6700000

Arroio do Meio

Arroio Caraa

Caraá

Santo Antônio da Patrulha

Arroio Carvalho

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:20.000

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

Figura 28: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 25 anos
Rio do Meio/Arroio Caraá

554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000

554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000

6704000 6703000 6702000 6701000 6700000

Caraá

Arroio Caraa

Arroio do Meio

Santo Antônio da Patrulha

Arroio Carvalho

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA MJ

COHIDRO CONSULTORIA RECURSOS HÍDRICOS

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:20.000

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

Figura 29: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 50 anos
Rio do Meio/Arroio Caraá

554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000

6704000 6703000 6702000 6701000 6700000

Caraá

Arroio Caraa

Arroio do Meio

Santo Antônio da Patrulha

Arroio Carvalho

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA MJ

COHIDRO CONSULTORIA RECURSOS HÍDRICOS

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:20.000

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

Figura 30: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 100 anos Rio do Meio/Arroio Caraá

549000 550000 551000 552000 553000

6722000

6721000

6720000

Rio Rolante

Arroio Riozinho

Riozinho

Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

MJ ENGENHARIA

COHIDRO CONSULTORIA ESTUDOS E PROJETOS

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:12.500

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

Figura 31: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 5 anos
Rio Riozinho

549000 550000 551000 552000 553000

549000 550000 551000 552000 553000

6722000

6721000

6720000

Rio Rolante

Arroio Riozinho

Riozinho

Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA MJ

COHIDRO consultoria e projetos

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:12.500

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

Figura 32: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 10 anos
Rio Riozinho

549000 550000 551000 552000 553000

549000 550000 551000 552000 553000

6722000

6721000

6720000

Rio Rolante

Arroio Riozinho

Riozinho

Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA MJ

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:12.500

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

Figura 33: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 25 anos
Rio Riozinho

549000 550000 551000 552000 553000

549000 550000 551000 552000 553000

6722000

6721000

6720000

Rio Rolante

Arroio Riozinho

Riozinho

Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:12.500

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

Figura 34: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 50 anos
Rio Riozinho

549000 550000 551000 552000 553000

549000 550000 551000 552000 553000

6722000

6721000

6720000

Rio Rolante

Arroio Riozinho

Riozinho

Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

ENGENHARIA

COHIDRO

Hidrografia

METROPLAN

Escala:
1:12.500

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

Figura 35: Mapas de Inundação - Mancha de Inundação TR 100 anos
Rio Riozinho

549000 550000 551000 552000 553000

3.8 Cenários de Alternativas

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

3.8.1 Objetivos, Premissas e Diretrizes

Os objetivos específicos dos Cenários de Alternativas são:

✓ **Cenário 0:**

- Projetar o cenário futuro tendencial (**Cenário 0**) de crescimento urbano considerando a expansão territorial.

✓ **Cenários 1 e 2:**

- Desenvolver a concepção das alternativas técnicas de intervenção na Bacia para a mitigação dos efeitos de cheias do Rio dos Sinos.
- Realizar a análise do uso múltiplo das obras planejadas.
- Estimar os custos de implantação das intervenções propostas para servir de subsídio à análise de viabilidade quando serão comparados os custos aos danos evitados.

Em termos gerais, a comparação entre os dois cenários de alternativas, se diferencia pela implementação de obras de proteção no C2, mais especificamente diques em terra ou muros de concreto combinados a sistemas de bombeamento.

No **Cenário 2**, onde se constatou que a proteção realizada pelos diques de proteção geraria externalidades em outras regiões da bacia, foi mantida a opção pelo zoneamento com o reassentamento e 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, é realizada se observando uma visão integrada da bacia hidrográfica.

Com base nas simulações hidrodinâmicas foram determinadas, levando em consideração os diferentes tempos de retorno (TR), as áreas com riscos de inundações 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, no Produto 12 foram realizadas novas simulações com base em projeções de expansão urbana prevista nos Planos Diretores dos municípios e nos censos do IBGE.

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.

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

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.

✓ **Premissas e Diretrizes**

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).

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 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 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.

No **Cenário 2**, especificamente, 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.

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 dos Sinos, bem como os tributários que passem por áreas urbanizadas. Destaca-se que:

- as medidas propostas para controle de inundações do rio Principal (Sinos, Paranhana, Areia e Rolante) 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 detenção, zoneamento de áreas inundáveis.

3.8.2 Diagnóstico por Unidade de Análise Espacial

Para efeito de caracterização hidrológica e hidráulica (sistema de drenagem da bacia), o Rio dos Sinos foi dividido em três unidades de análise espacial distintas, caracterizadas como:

- Baixo Sinos com extensão de 50 km, onde a declividade é praticamente nula e o rio apresenta um escoamento muito lento;
- Médio Sinos com extensão de 125 km (cotas entre 60 e 5 m); e
- Alto Sinos com extensão de 25 km (entre as cotas de 600 a 60 m), onde suas águas possuem rápido escoamento.

✓ **Baixo Sinos**

No Baixo Sinos, trecho de Campo Bom até a foz no Delta do Jacuí, é grande a concentração populacional e industrial, onde os principais arroios formadores drenam grandes centros urbanos conforme a seguir: Campo Bom (Arroio Schmidt); Novo Hamburgo (Arroio Pampa e Arroio Luiz Rau); São Leopoldo (Arroio Cerquinha, Arroio Peão e Canal João Corrêa); Estância Velha e Portão (Arroio Portão/Estância Velha); Sapucaia do Sul (Arroio José Joaquim); Esteio e zona norte de Canoas (Arroio Sapucaia e Arroio Esteio).

A Figura 36 mostra as áreas inundadas no Baixo Sinos, para o período de retorno de 100 anos no cenário C0 (tendencial). Observam-se diferentes efeitos de inundação em áreas com ocupação consolidada em São Leopoldo, Novo Hamburgo, Campo Bom, Esteio, Novo Hamburgo e Sapucaia do Sul e em áreas com previsão de expansão urbana entre a BR-116 e a BR-448, nos municípios de Esteio e Canoas.

Estas áreas são apresentadas em detalhe na Figura 37 à Figura 42.

A Figura 37 mostra a área inundada para **TR 100** , no município de São Leopoldo. Pode-se observar que há efeito de remanso do rio dos Sinos sobre o arroio Cerquinha.

É possível observar áreas consolidadas sendo inundadas pelo TR =100.

A Figura 38 mostra a área inundada para **TR 100** , nos municípios de Novo Hamburgo, Campo Bom e Sapiranga. Já as inundações nos arroios Luiz Rau (Novo Hamburgo), Schmidt (Campo Bom) e Sapiranga não são causadas por remanso do rio dos Sinos, onde se propõe apenas diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais.

A Figura 39 apresenta a área inundada para **TR 100** no município de Sapucaia do Sul na planície de inundação do Sinos na foz do Arroio José Joaquim e em área mais a montante.

É possível observar áreas consolidadas sendo inundadas pelo TR =100.

A Figura 40 apresenta a área inundada para **TR 100** nos municípios de São Leopoldo no bairro Feitoria e Novo Hamburgo no bairro Lomba Grande na planície de inundação do Sinos na margem esquerda.

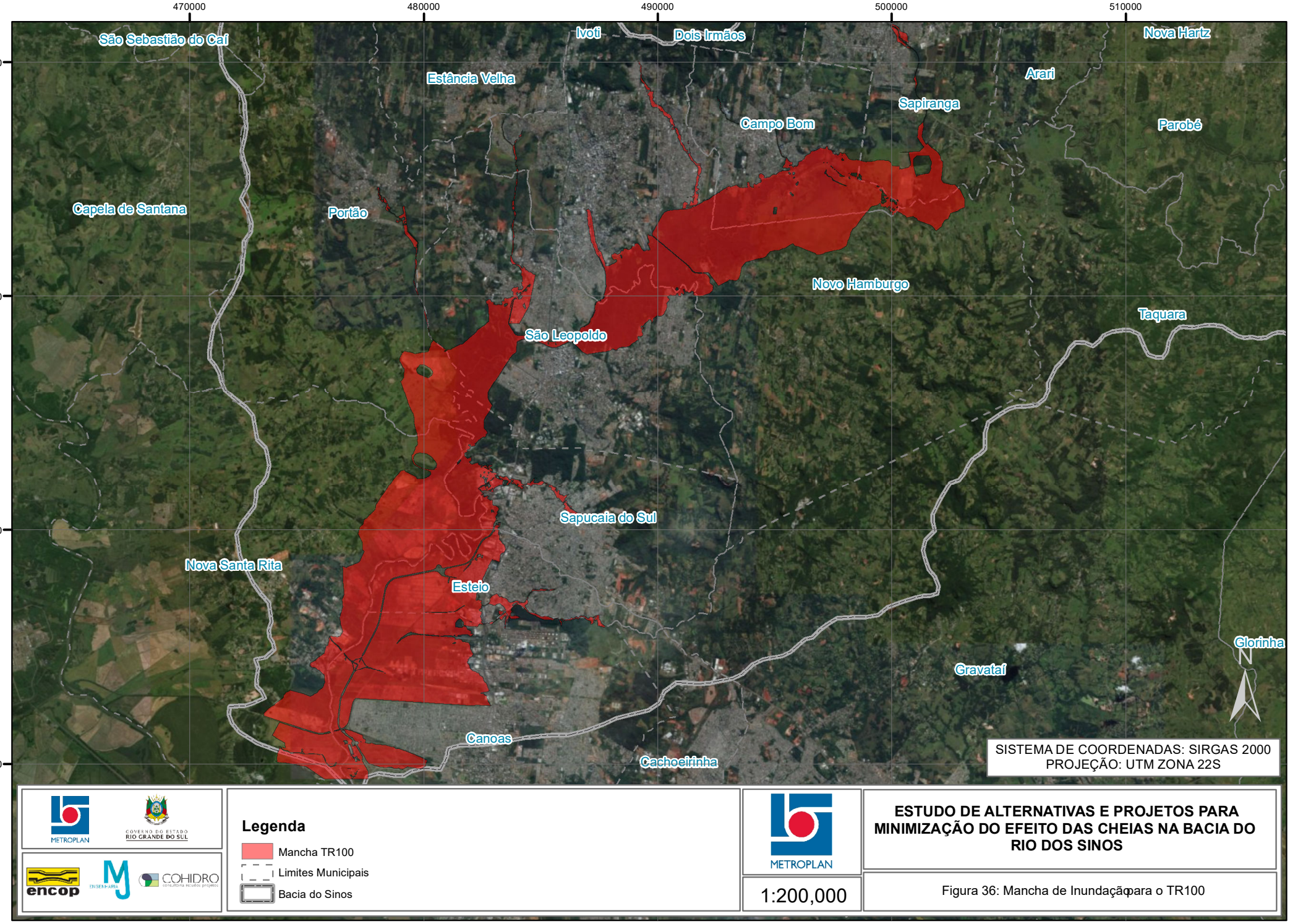
É possível observar áreas consolidadas sendo inundadas pelo TR =100.

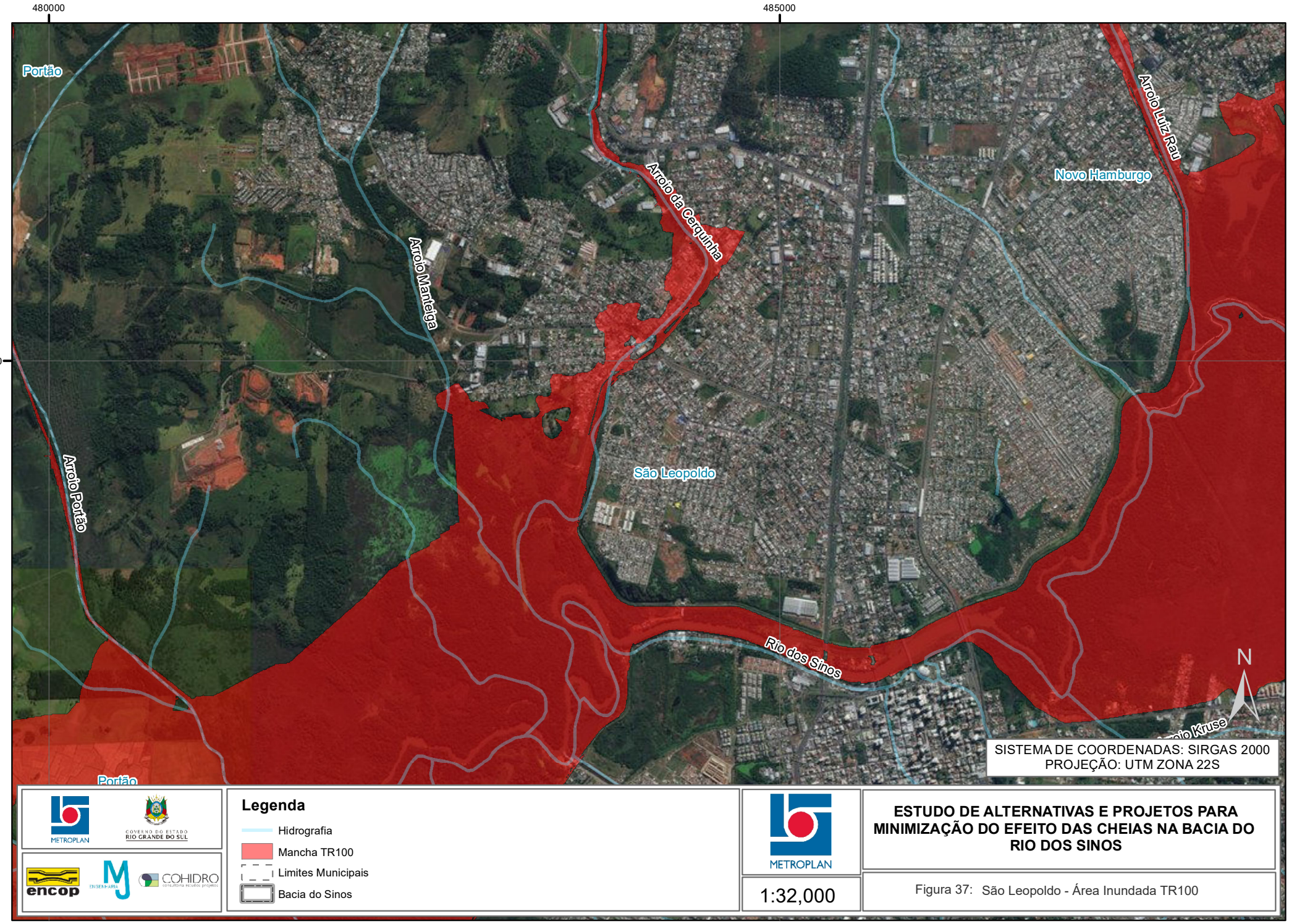
A Figura 41 apresenta a área inundada para **TR 100** no município de Cambo Bom na foz do arroio Schmidt e no Bairro N na planície de inundação do Sinos na margem direita.

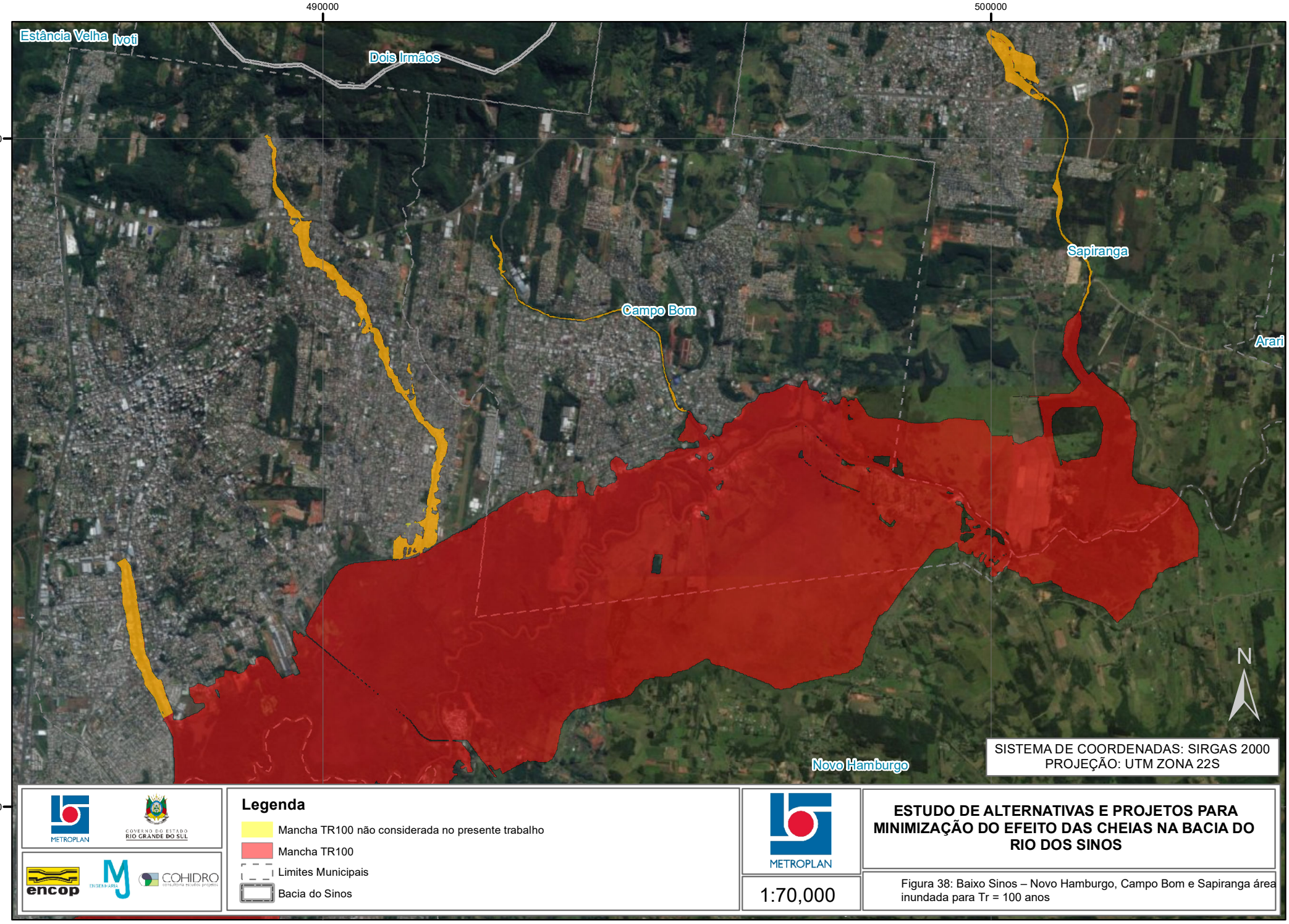
É possível observar áreas consolidadas sendo inundadas pelo TR =100.

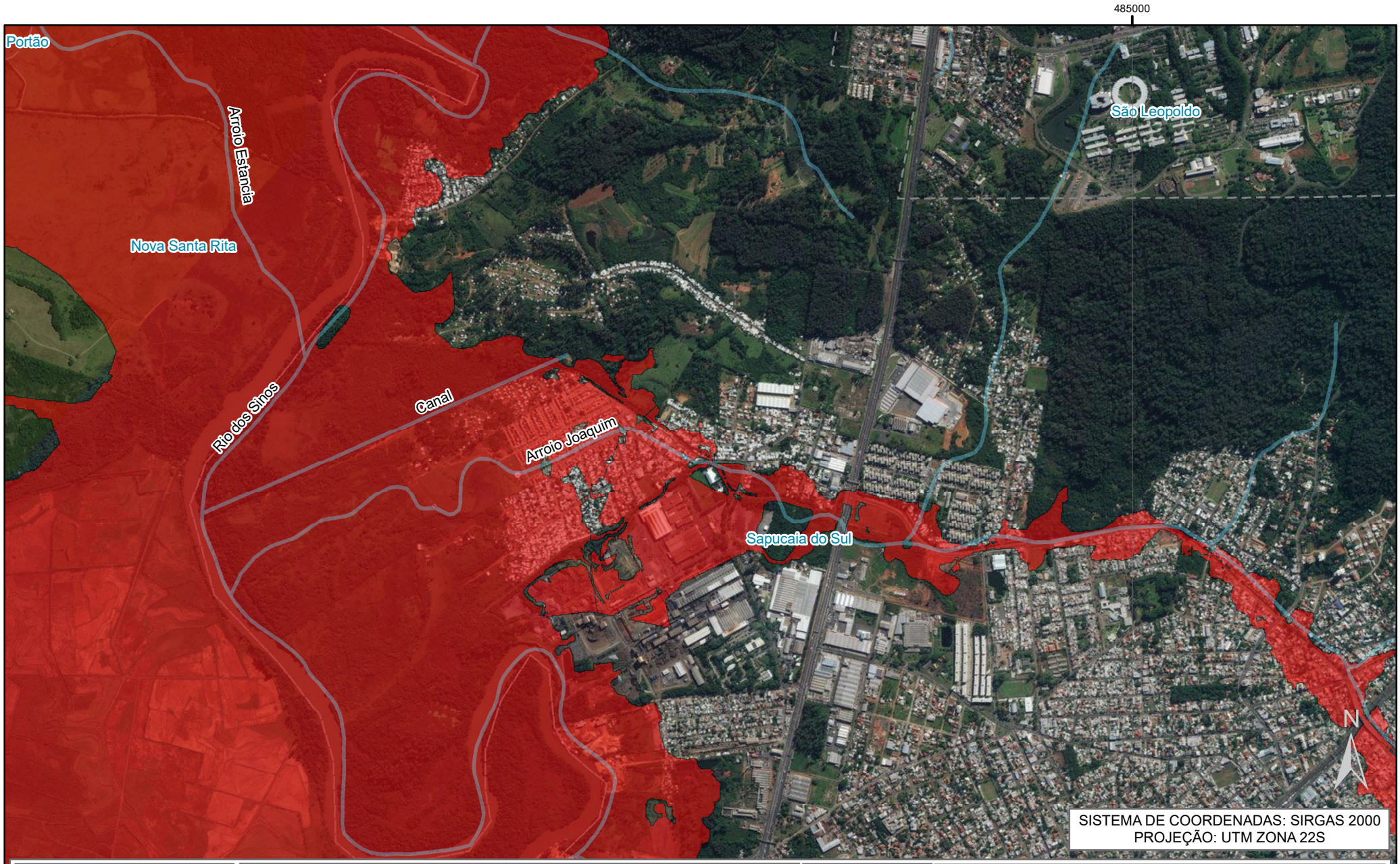
A Figura 42 mostra a área inundada para **TR 100** , na região que abrange os municípios de Nova Santa Rita, Esteio e Canoas.

Pode-se observar que, para eventos menos frequentes (**TR 100**), há inundação em áreas consolidadas de Esteio e Nova Santa Rita e em áreas propostas para expansão urbana entre a BR-116 e a BR-448, nos municípios de Esteio e Canoas, assim como em áreas consolidadas de Esteio.


470000
480000
490000
500000
510000
6720000
6710000
6700000
6690000
São Sebastião do Caí
Ivoti
Dois Irmãos
Nova Hartz
Estância Velha
Arari
Sapiranga
Campo Bom
Parobé
Capela de Santana
Portão
Novo Hamburgo
Taquara
São Leopoldo
Sapucaia do Sul
Nova Santa Rita
Esteio
Glorinha
Gravataí
Canoas
Cachoeirinha
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria estudos projetos
Legenda
Mancha TR100
Limites Municipais
Bacia do Sinos
METROPLAN
1:200,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 36: Mancha de Inundação para o TR100


480000
485000
6710000
Portão
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Novo Hamburgo
Arroio Luiz Rau
São Leopoldo
Arroio Portão
Rio dos Sinos
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Legenda
Hidrografia
Mancha TR100
Limites Municipais
Bacia do Sinos
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
COHIDRO
1:32,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 37: São Leopoldo - Área Inundada TR100


490000
500000
6720000
6710000
Estância Velha
Ivoti
Dois Irmãos
Campo Bom
Sapiranga
Arari
Novo Hamburgo
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
COHIDRO
Legenda
Mancha TR100 não considerada no presente trabalho
Mancha TR100
Limites Municipais
Bacia do Sinos
METROPLAN
1:70,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 38: Baixo Sinos – Novo Hamburgo, Campo Bom e Sapiranga área inundada para Tr = 100 anos



METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

encop

ENGENHARIA

COHIDRO consultoria estudos projetos

Legenda

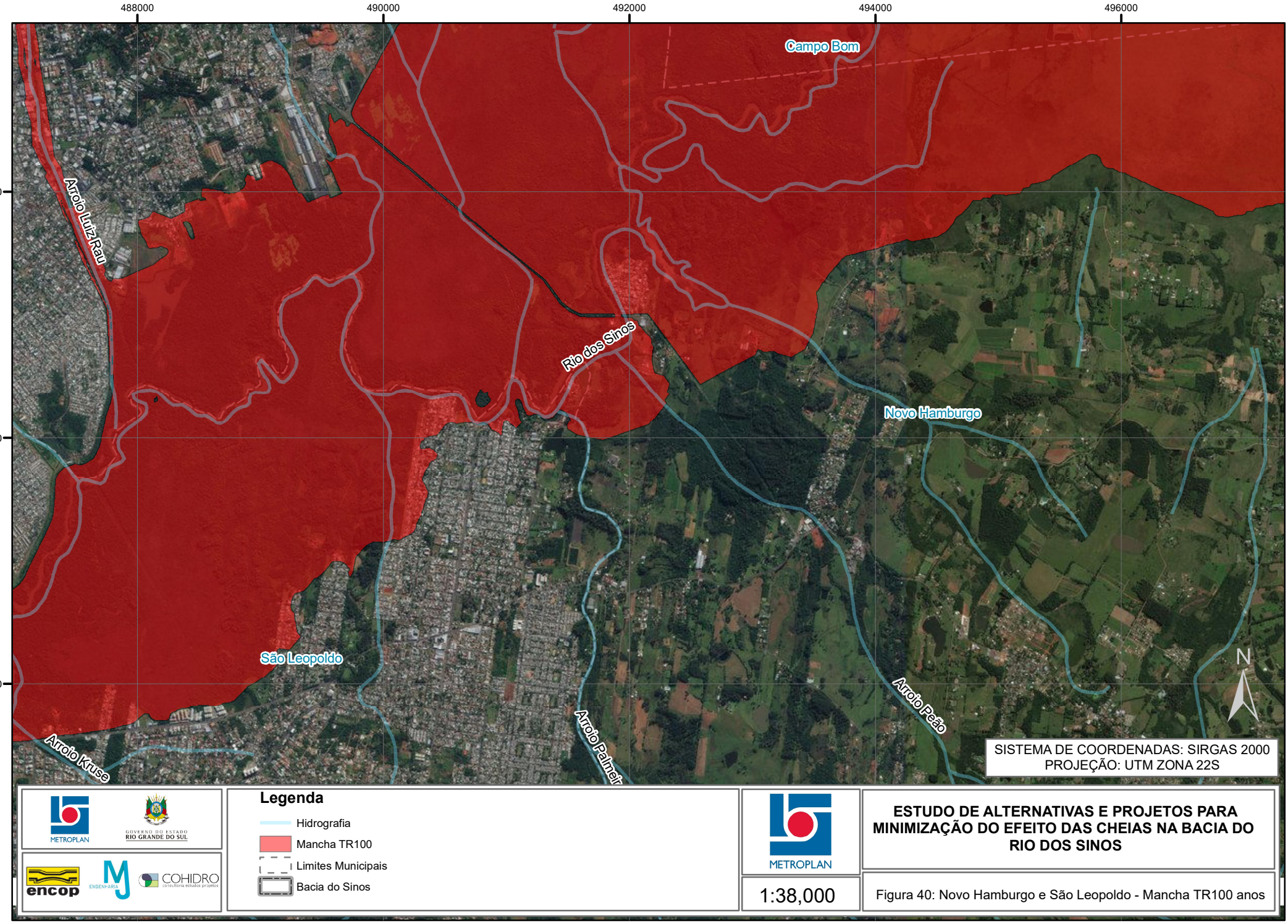
- Hidrografia
- Mancha TR100
- Limites Municipais
- Bacia do Sinos

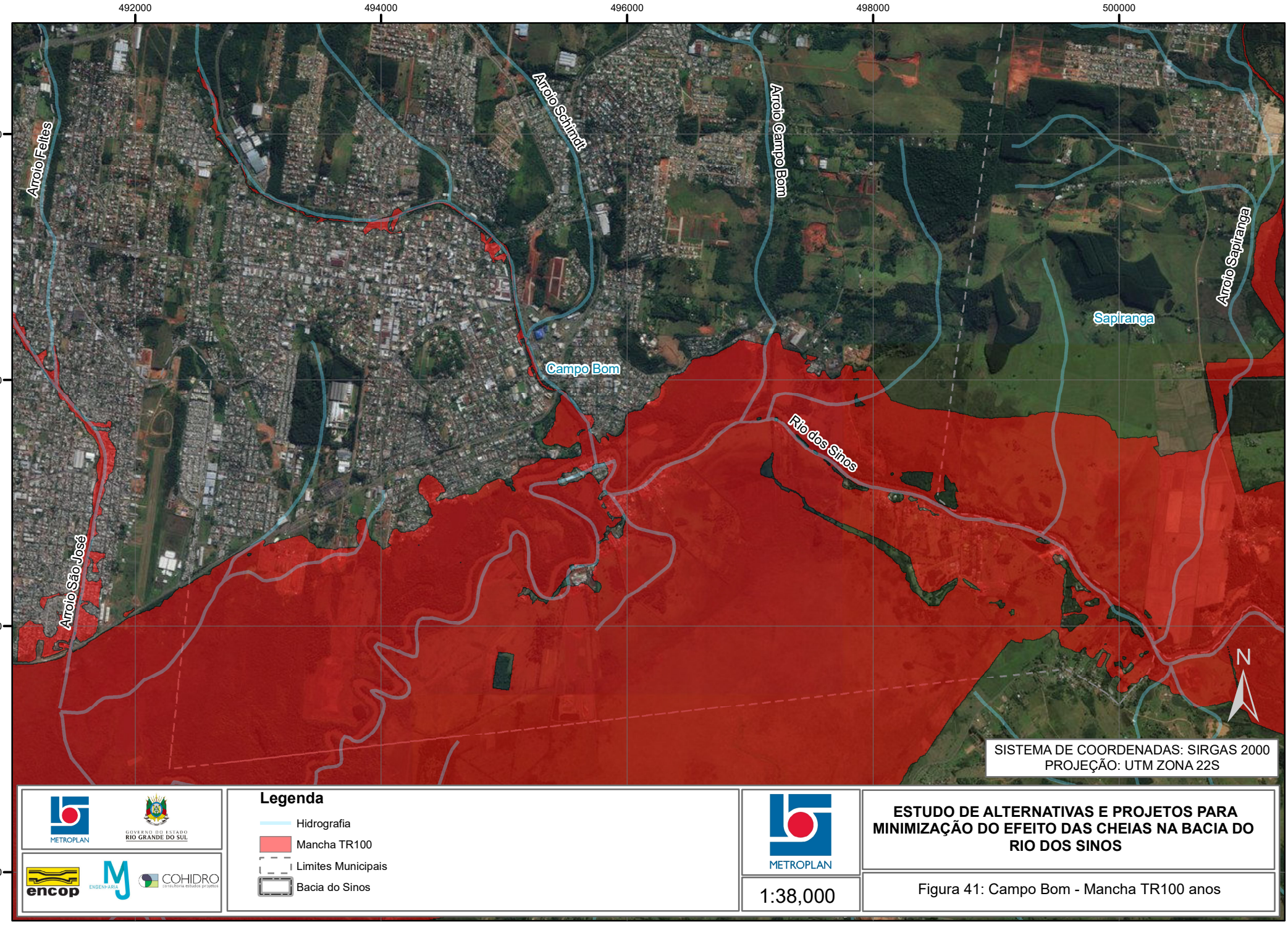
METROPLAN

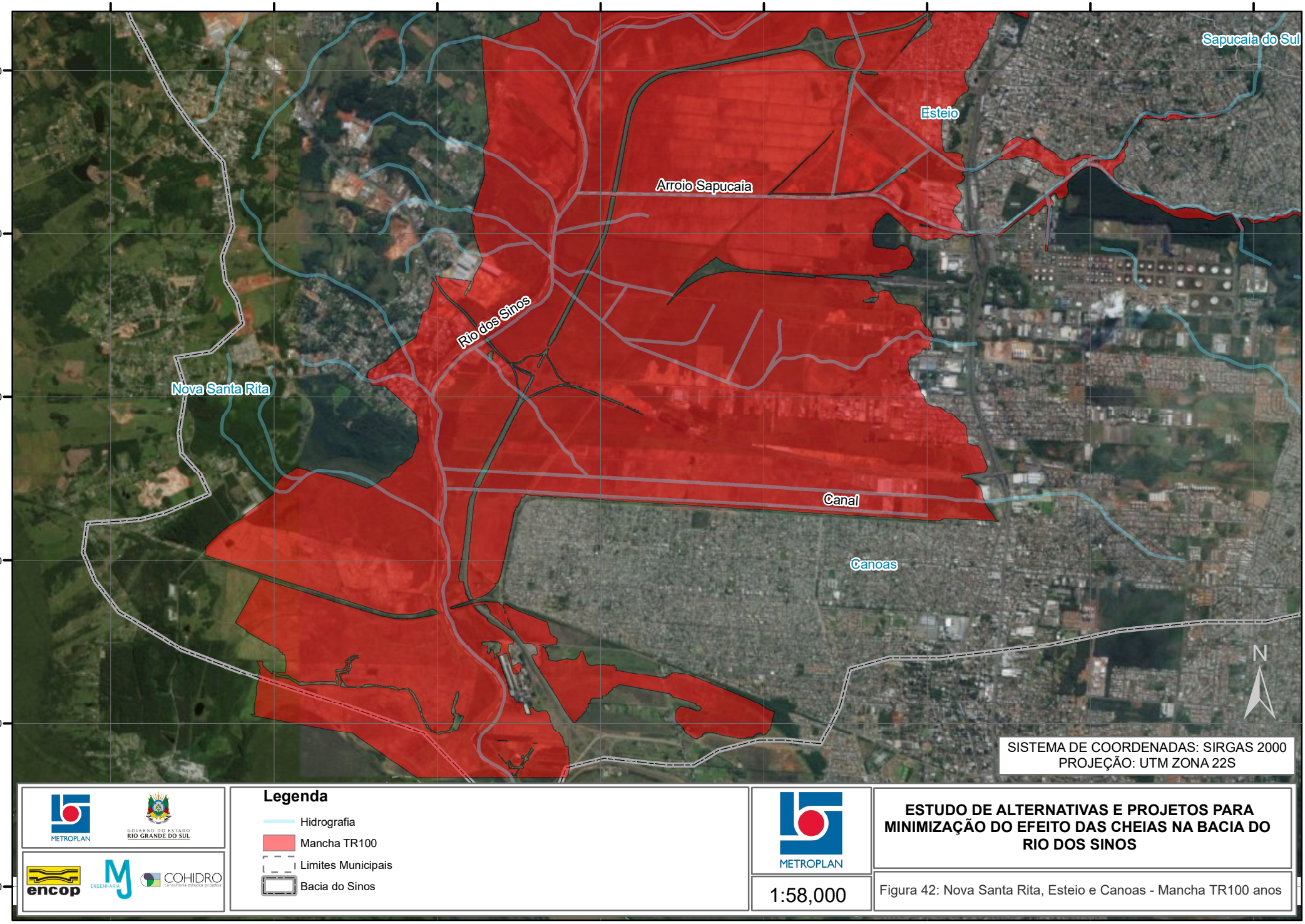
1:22,440

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

Figura 39: Sapucaia do Sul - Área Inundada para TR=100 anos


488000
490000
492000
494000
496000
6712000
6710000
6708000
Campo Bom
Arroio Luiz Rau
Rio dos Sinos
Novo Hamburgo
São Leopoldo
Arroio Kruse
Arroio Palmeira
Arroio Peão
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Legenda
Hidrografia
Mancha TR100
Limites Municipais
Bacia do Sinos
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria estudos projetos
METROPLAN
1:38,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 40: Novo Hamburgo e São Leopoldo - Mancha TR100 anos


492000
494000
496000
498000
500000
6718000
6716000
6714000
6712000
Arroio Feitas
Arroio Schindt
Arroio Campo Bom
Arroio Sapiranga
Sapiranga
Campo Bom
Rio dos Sinos
Arroio São José
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Legenda
Hidrografia
Mancha TR100
Limites Municipais
Bacia do Sinos
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria estudos projetos
METROPLAN
1:38,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 41: Campo Bom - Mancha TR100 anos


472000
474000
476000
478000
480000
482000
484000
486000
6698000
6696000
6694000
6692000
6690000
6688000
Sapucaia do Sul
Esteio
Arroio Sapucaia
Rio dos Sinos
Nova Santa Rita
Canal
Canoas
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria estudos projetos
Legenda
Hidrografia
Mancha TR100
Limites Municipais
Bacia do Sinos
METROPLAN
1:58,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 42: Nova Santa Rita, Esteio e Canoas - Mancha TR100 anos

✓ **Médio Sinos**

O compartimento do Médio Sinos encontra-se em uma zona de transição entre os ambientes rural e urbano sendo que entre os municípios de Taquara e Sapiranga, a densidade populacional aumenta.

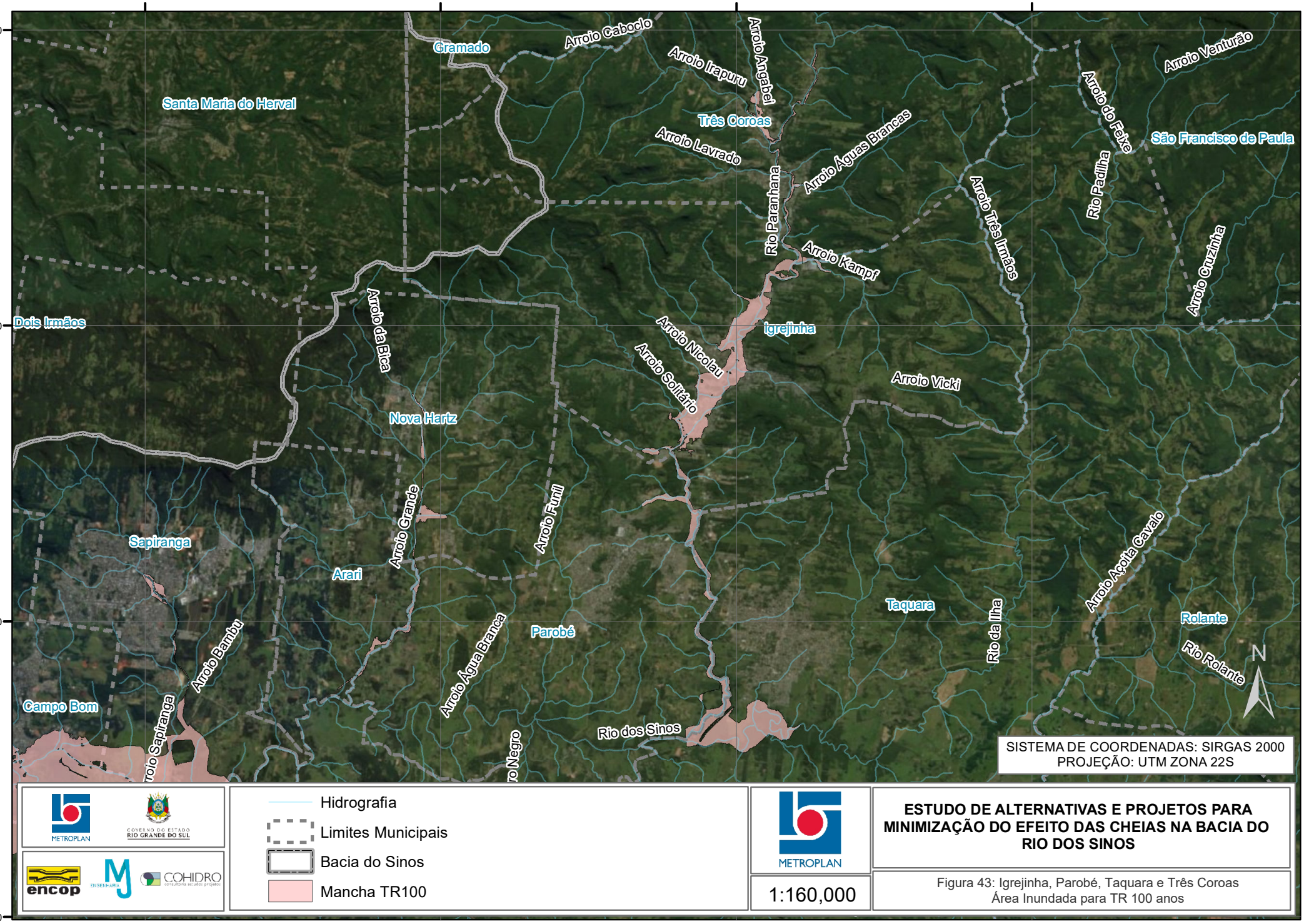
Esta porção do rio não apresenta uma característica tão rural como a do Alto Sinos.

As inundações atingem áreas urbanas significativas no rio Paranhana, principalmente nos municípios de Igrejinha e Três Coroas.

Nos afluentes, as inundações são causadas por incapacidade de escoamento dos tributários, e não por remanso do rio Paranhana.

Devido à criticidade dos impactos dos eventos com maior tempo de retorno na região de Igrejinha, causados pelo Rio Paranhana, foram analisados três cenários de alternativas, sendo o **Cenário 1**, composto apenas pelo zoneamento e duas versões do **Cenário 2** com sistemas de proteção menos e mais abrangentes, C2A e C2B respectivamente.

A Figura 43 apresenta os resultados das inundações com um **TR 100** , ilustrando a magnitude dos impactos das cheias.


500000
510000
520000
530000
6740000
6730000
6720000
6710000
Gramado
Arroio Caboclo
Arroio Irapuru
Arroio Angabei
Arroio Venturão
Santa Maria do Herval
Três Coroas
Arroio Lavrado
Arroio Águas Brancas
Arroio do Feixe
São Francisco de Paula
Rio Paranhana
Rio Padilha
Arroio Três Irmãos
Arroio Kampf
Arroio Cruzinha
Dois Irmãos
Arroio da Bica
Igrejinha
Arroio Nicolau
Arroio Solitário
Arroio Vicki
Nova Hartz
Arroio Grande
Arroio Funil
Sapiranga
Arari
Arroio Açoita Cavalo
Taquara
Rolante
Arroio Bambu
Parobé
Arroio Água Branca
Rio da Ilha
Rio Rolante
Campo Bom
Rio dos Sinos
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
COHIDRO
Hidrografia
Limites Municipais
Bacia do Sinos
Mancha TR100
METROPLAN
1:160,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 43: Igrejinha, Parobé, Taquara e Três Coroas
Área Inundada para TR 100 anos

✓ **Alto Sinos - Cenário C1-AS**

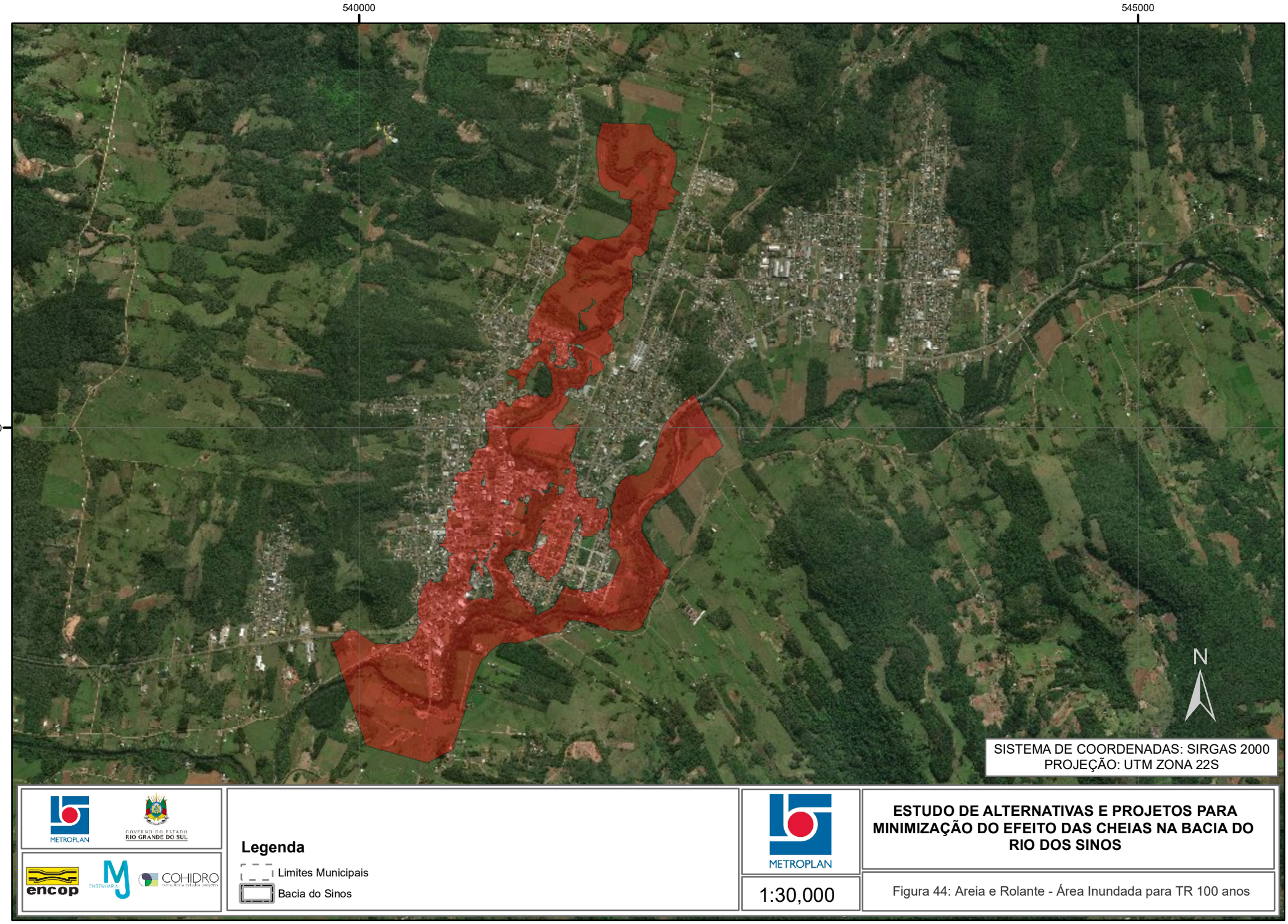
Pode-se afirmar que o Alto Sinos é um compartimento onde predominam o ambiente e a paisagem rural, com centros urbanos de pequeno porte.

Essa região tem áreas de baixa densidade populacional, com pequenas propriedades rurais cuja agricultura é diversificada com culturas de arroz, cana de açúcar, hortaliças, entre outras.

A pecuária também é pouco desenvolvida, mas encontramos pequenas criações de gado leiteiro, suínos e aves.

As inundações ocorrem, principalmente, no arroio da Areia (formador do rio Rolante).

A Figura 44 apresenta os resultados das inundações com um **TR 100** , ilustrando a magnitude dos impactos das cheias.


540000
545000
6720000
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria e estudos projetos
Legenda
Limites Municipais
Bacia do Sinos
METROPLAN
1:30,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 44: Areia e Rolante - Área Inundada para TR 100 anos

3.8.3 Composição dos Cenários

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

✓ **Obras de proteção**

As obras de proteção propostas no **Cenário 2** são essencialmente as mesmas 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 pôlderes que são estruturas hidráulicas artificiais de proteção.

O sistema é composto por diques de terra ou muros de concreto, dependo da disponibilidade de área para a implantação da obra, por reservatórios de acumulação de água e por casas de bombas.

O sistema funciona 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 pôlderes, 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.

O sistema deve poder 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 a 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 a 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 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 dos Sinos.

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.

✓ **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**: prevê a desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis; o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais; a implementação de sistemas de seguro de cobertura de inundações.
- **Cenário 2:** prevê a implementação de diques de proteção contra cheias nas regiões mais expostas ao risco; a desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis onde não é indicada a utilização de diques de proteção por causar impactos a outras regiões da bacia; o monitoramento, previsão e alerta de desastres naturais; a implementação de sistemas de seguro de cobertura de inundações.

O Quadro 19 apresenta a composição de cada cenário, com as soluções propostas e sua descrição.

Quadro 19 - Alternativas estrutural e não-estrutural para os cenários

Solução	Descrição	C0	C1	C2A	C2B
Pôlderes através de 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	X
Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta	Manutenção do sistema existente e melhorias da rede de monitoramento		X	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	X
	Zona de Uso Restrito - Se necessário e quando possível: Relocação ou adaptação de prédios públicos		X	X	X
	Zona de Baixo Risco - podem ser dispensadas medidas individuais de proteção para as habitações		X	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	X

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.8.4 Identificação de Projetos de Intervenções Existentes na Bacia

Conforme o Produto 6 - Diagnóstico, o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos propõe um Plano de Ações para a Bacia Hidrográfica, com 23 ações divididas em 10 programas. Destacam-se a seguir os programas e ações que possam influenciar de forma direta ou indireta o Estudo de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias na Bacia do Rio dos Sinos:

- Programa de Aumento da Disponibilidade Hídrica
- Programa de Otimização de Demandas de Água
- Programa de Monitoramento Quali/Quantitativo: tal programa coincide com o que é proposto como alternativa neste trabalho com o enfoque nas cheias da bacia e não nas estiagens.
- Programa de Controle de Cheias: tal programa coincide com o que é proposto como alternativa neste trabalho com o enfoque nas cheias da bacia.

Assim, parte dos programas propostos no Plano de Bacias do Rio dos Sinos é plenamente atendido dentro do escopo desse estudo como o zoneamento de áreas inundáveis, quanto à criação/melhoria do sistema de alerta contra cheias e quanto à manutenção de calhas fluviais e sua capacidade natural de escoamento.

3.8.5 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 cheias[1].

✓ **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** .

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**), geralmente com a definição de três zonas de risco:

[1] 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 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** possa ser transportada para jusante (DNR, 2014).
  Esta faixa funciona hidraulicamente permitindo o escoamento da cheia de **TR 100** , 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;
- **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** .
  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.

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

- **Zona de Passagem de Cheia**

Esta faixa permite o escoamento da cheia de **TR 100** , 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 45.

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.

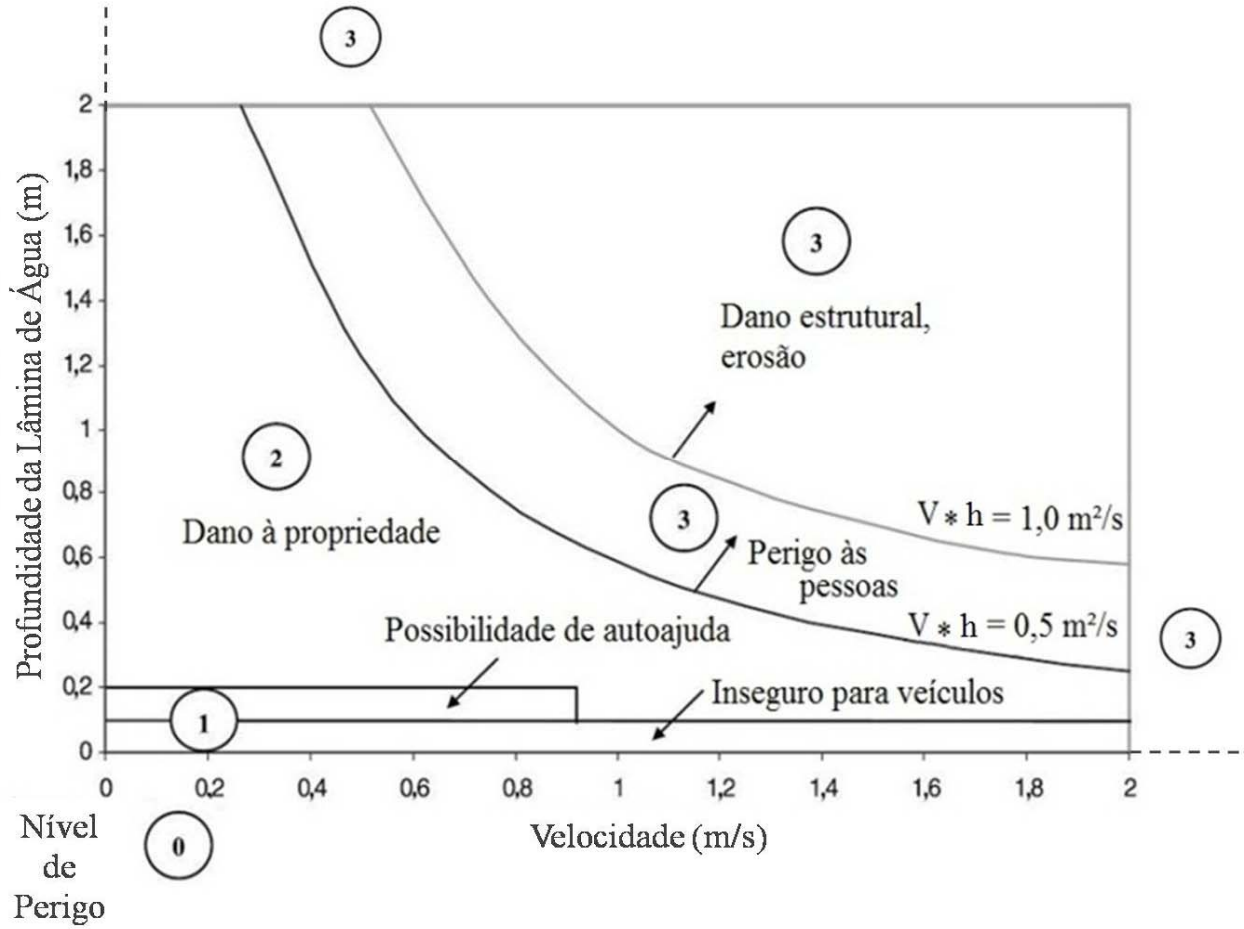


Figura 45 - Diagrama do perigo de inundação
Fonte: Adaptado e modificado de Stephenson 2002

- **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:

- **parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo;**
- **uso agrícola;**
- **habitações com mais de um piso, estruturalmente protegidas contra cheias, sendo que o piso superior ficará situado acima do nível limite da cheia;**
- **industrial/comercial, com áreas de carregamento, estacionamento e armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removíveis ou não sujeitos a danos de cheias;**
- **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 das áreas de expansão que se encontram dentro das zonas com restrições de ocupação são apresentadas nos mapas de zoneamento do Cenário 1, nos anexos do Produto 12.

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.

Consequentemente, é formada pelas áreas externas à da planície de inundação associada à cheia com **TR 100** . 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 em Zona de Ocupação Restrita**

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.

3.8.6 Cenário de Convivência com Cheias (Cenário 0)

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, 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 a 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).

Para a 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.

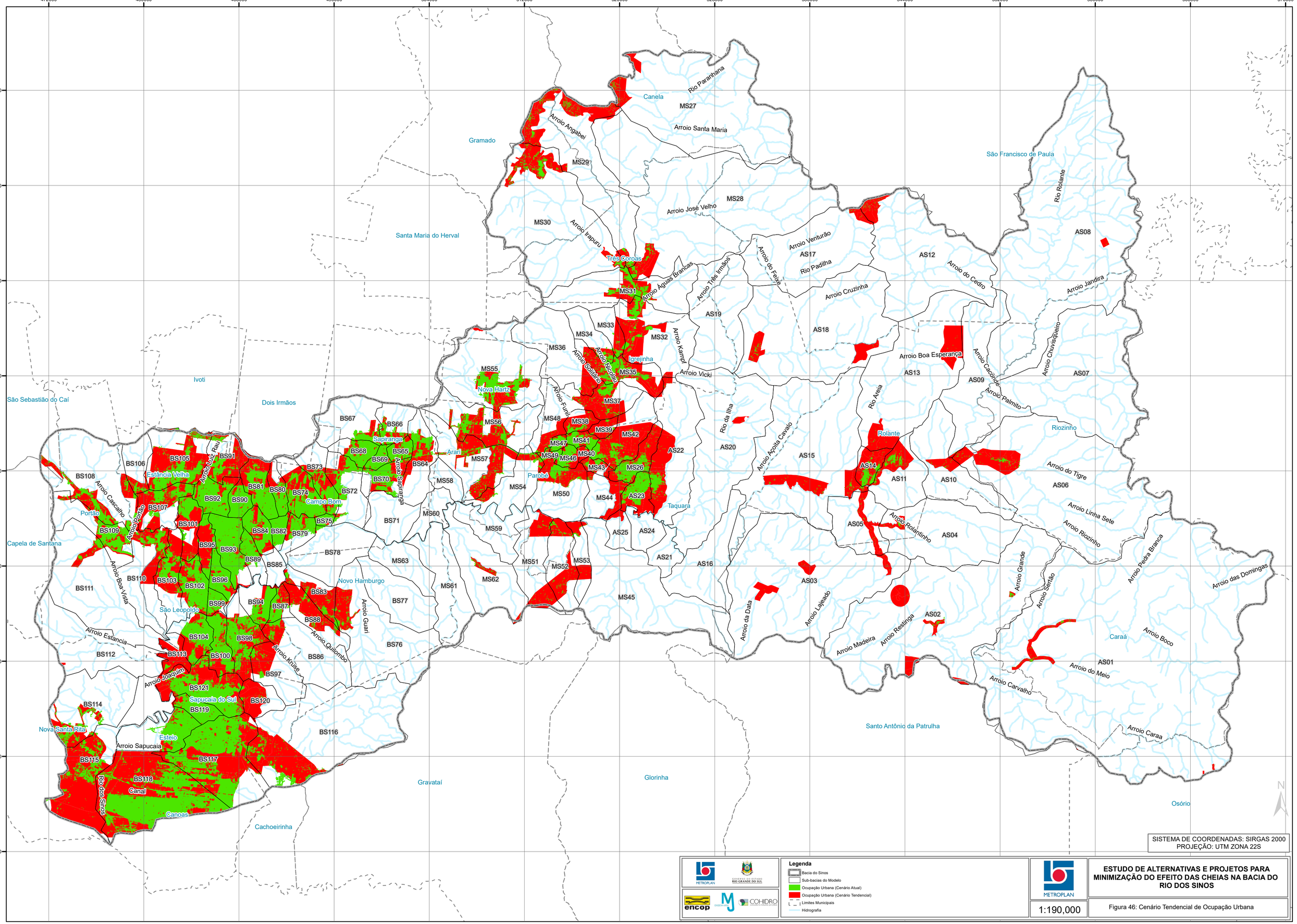
Para estimar o **Cenário 0**, foi considerado que a projeção de crescimento da área urbana e o uso preponderante que irá ser modificado no futuro.

✓ **Cenário Futuro de Desenvolvimento Urbano**

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 46.

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 no Produto 12 e serviram de subsídio para as novas simulações hidrodinâmicas.


472000
480000
488000
496000
504000
512000
520000
528000
536000
544000
552000
560000
568000
576000
6752000
6744000
6736000
6728000
6720000
6712000
6704000
6696000
6688000
Canela
Gramado
Santa Maria do Herval
São Francisco de Paula
Ivoti
Dois Irmãos
São Sebastião do Caí
Três Coroas
Igrejinha
Nova Hartz
Sapiranga
Araricá
Estância Velha
Campo Bom
Portão
Capela de Santana
Novo Hamburgo
São Leopoldo
Sapucaia do Sul
Nova Santa Rita
Esteio
Canoas
Cachoeirinha
Gravataí
Parobé
Taquara
Rolante
Riozinho
Caraá
Santo Antônio da Patrulha
Glorinha
Osório
Rio Paranhana
Arroio Santa Maria
Arroio Angabei
Arroio José Velho
Arroio Irapuru
Arroio Três Irmãos
Arroio Águas Brancas
Arroio do Feijó
Arroio Venturão
Rio Padilha
Arroio Cruzinha
Arroio do Cedro
Arroio Jandira
Rio Rolante
Arroio Kampf
Arroio Vicki
Arroio Nicoleti
Arroio Solitário
Arroio Funil
Arroio Boa Esperança
Arroio Cacimbinha
Arroio Chuvisqueiro
Arroio Palmito
Rio da Ilha
Arroio Apolita Cavalo
Rio Areia
Arroio do Tigre
Arroio Linha Sete
Arroio Riozinho
Arroio Rolantinho
Arroio Pedra Branca
Arroio das Domingas
Arroio Grande
Arroio Sertão
Arroio Lajeado
Arroio da Data
Arroio Madeira
Arroio Restinga
Arroio Boco
Arroio do Meio
Arroio Carvalho
Arroio Caraa
Arroio Sapiranga
Arroio Luiz Rau
Arroio Cascalho
Arroio Portão
Arroio Boa Vista
Arroio Estancia
Arroio Joaquim
Arroio Kruse
Arroio Quilombo
Arroio Guari
Arroio Sapucaia
Rio dos Sinos
Canal
MS27
MS29
MS28
MS30
MS31
MS32
MS33
MS34
MS35
MS36
MS37
MS38
MS39
MS40
MS41
MS42
MS43
MS44
MS45
MS46
MS47
MS48
MS49
MS50
MS51
MS52
MS53
MS54
MS55
MS56
MS57
MS58
MS59
MS60
MS61
MS62
MS63
AS01
AS02
AS03
AS04
AS05
AS06
AS07
AS08
AS09
AS10
AS11
AS12
AS13
AS14
AS15
AS16
AS17
AS18
AS19
AS20
AS21
AS22
AS23
AS24
AS25
AS26
BS64
BS65
BS66
BS67
BS68
BS69
BS70
BS71
BS72
BS73
BS74
BS75
BS76
BS77
BS78
BS79
BS80
BS81
BS82
BS83
BS84
BS85
BS86
BS87
BS88
BS89
BS90
BS91
BS92
BS93
BS94
BS95
BS96
BS97
BS98
BS99
BS100
BS101
BS102
BS103
BS104
BS105
BS106
BS107
BS108
BS109
BS110
BS111
BS112
BS113
BS114
BS115
BS116
BS117
BS118
BS119
BS120
BS121
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Legenda
Bacia do Sinos
Sub-bacias do Modelo
Ocupação Urbana (Cenário Atual)
Ocupação Urbana (Cenário Tendencial)
Limites Municipais
Hidrografia
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
COHIDRO
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
METROPLAN
1:190,000
Figura 46: Cenário Tendencial de Ocupação Urbana

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.

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.

No Produto 12 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.

- **Quantificação das Edificações Atingidas**

Para a quantificação do número de edificações atingidas nos diversos Tempos de Recorrência na Situação Atual (SA), 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 (SA). Sendo considerada a estabilização populacional e da urbanização nas áreas atingidas.

A quantificação em termos de edificação atingida, está apresentada para cada TR do Quadro 20 ao Quadro 24.

A quantificação do prejuízo anualizado e do seu valor presente no horizonte de projeto é apresentada no capítulo seguinte (e apresentado em detalhe 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.

*Quadro 20 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 5***

	Município	Classe 1 - Até 1 metro		Classe 2 - De 1 metro a 2,5 metros		Classe 3 - De 2,5 metros a 3 metros		Classe 4 - Maior que 3 metros		Total por município	
		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	Soma de Área (m²)
Sinos	Caraá (Alto Sinos)	28	9.619	0	0	0	0	0	0	28	9.619
	Campo Bom	71	7.279	16	2.799	0	0	0	0	87	10.079
	Canoas	9	578	0	0	0	0	0	0	9	578
	Esteio	3	281	0	0	0	0	0	0	3	281
	Nova Santa Rita	68	23.432	98	36.200	0	0	0	0	166	59.632
	Novo Hamburgo	12	7.975	168	76.260	20	8.578	0	0	200	92.813
	São Leopoldo	527	64.393	99	9.755	11	1.044	1	31	638	75.223
	Sapiranga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sapucaia do Sul	34	13.491	0	0	0	0	0	0	34	13.491
	Total Rio dos Sinos	**752**	**127.049**	**381**	**125.014**	**31**	**9.622**	**1**	**31**	**1.165**	**261.717**
Paranhana	Igrejinha	503	64.314	34	4.175	3	209	5	395	545	69.093
	Parobé	13	1.231	0	0	0	0	0	0	13	1.231
	Três Coroas	77	7.660	8	1.665	0	0	0	0	85	9.325
	Total Rio Paranhana	**593**	**73.205**	**42**	**5.840**	**3**	**209**	**5**	**395**	**643**	**79.649**
Areia	Rolante	7	806	1	20	0	0	0	0	8	826
	Total Arroio Areia	**7**	**806**	**1**	**20**	**0**	**0**	**0**	**0**	**8**	**826**
	Total Geral	**1.352**	**201.061**	**424**	**130.875**	**34**	**9.831**	**6**	**426**	**1.816**	**342.192**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

*Quadro 21 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 10***

	Município	Classe 1 - Até 1 metro		Classe 2 - De 1 metro a 2,5 metros		Classe 3 - De 2,5 metros a 3 metros		Classe 4 - Maior que 3 metros		Total Por município	
		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	Soma de Área (m²)
Sinos	Caraá (Alto Sinos)	29	9.772	0	0	0	0	0	0	**29**	**9.772**
	Campo Bom	143	14.725	26	3.847	2	106	0	0	**171**	**18.677**
	Canoas	112	13.520	4	172	0	0	0	0	**116**	**13.692**
	Esteio	421	50.581	0	0	0	0	0	0	**421**	**50.581**
	Nova Santa Rita	95	33.286	88	30.946	68	24.675	0	0	**251**	**88.907**
	Novo Hamburgo	41	4.618	51	25.683	146	65.982	0	0	**238**	**96.283**
	São Leopoldo	821	92.495	141	15.399	39	4.366	8	423	**1.009**	**112.683**
	Sapiranga	17	1.986	1	151	0	0	0	0	**18**	**2.137**
	Sapucaia do Sul	58	24.897	0	0	0	0	0	0	**58**	**24.897**
	Total Rio dos Sinos	**1.737**	**245.880**	**311**	**76.198**	**255**	**95.129**	**8**	**423**	**2.311**	**417.630**
Paranhana	Igrejinha	3.276	482.586	152	18.095	11	1.268	11	935	**3.450**	**502.884**
	Parobé	30	2.393	10	983	0	0	0	0	**40**	**3.376**
	Três Coroas	101	10.488	11	3.084	1	23	0	0	**113**	**13.595**
	Total Rio Paranhana	**3.407**	**495.467**	**173**	**22.163**	**12**	**1.291**	**11**	**935**	**3.603**	**519.855**
Areia	Rolante	11	1.082	3	148	0	0	0	0	**14**	**1.230**
	Total Arroio Areia	**11**	**1.082**	**3**	**148**	**0**	**0**	**0**	**0**	**14**	**1.230**
	Total Geral	**5.155**	**742.429**	**487**	**98.509**	**267**	**96.420**	**19**	**1.358**	**5.928**	**938.716**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

*Quadro 22 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 25***

	Município	Classe 1 - Até 1 metro		Classe 2 - De 1 metro a 2,5 metros		Classe 3 - De 2,5 metros a 3 metros		Classe 4 - Maior que 3 metros		Total Por município	
		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	Soma de Área (m²)
Sinos	Caraá (Alto Sinos)	32	10.470	0	0	0	0	0	0	**32**	**10.470**
	Campo Bom	250	27.433	36	5.283	3	121	0	0	**289**	**32.837**
	Canoas	981	112.470	70	10.239	3	74	0	0	**1.054**	**122.784**
	Esteio	1.994	264.748	82	11.806	1	303	0	0	**2.077**	**276.856**
	Nova Santa Rita	74	23.611	81	28.886	68	26.116	32	11.629	**255**	**90.242**
	Novo Hamburgo	128	10.788	19	10.142	68	29.770	115	53.263	**330**	**103.963**
	São Leopoldo	1.224	128.225	169	18.366	58	6.295	31	3.099	**1.482**	**155.985**
	Sapiranga	163	16.833	8	955	0	0	0	0	**171**	**17.788**
	Sapucaia do Sul	200	111.360	9	3.581	0	0	0	0	**209**	**114.941**
	Total Rio dos Sinos	**5.046**	**705.938**	**474**	**89.258**	**201**	**62.679**	**178**	**67.991**	**5.899**	**925.867**
Paranhana	Igrejinha	3.772	559.607	573	76.803	28	3.288	15	1.415	**4.388**	**641.113**
	Parobé	84	8.003	24	2.234	0	0	0	0	**108**	**10.237**
	Três Coroas	176	23.672	12	2.511	4	888	0	0	**192**	**27.071**
	Total Rio Paranhana	**4.032**	**591.281**	**609**	**81.548**	**32**	**4.176**	**15**	**1.415**	**4.688**	**678.421**
Areia	Rolante	35	3.511	5	327	1	60	0	0	**41**	**3.898**
	Total Arroio Areia	**35**	**3.511**	**5**	**327**	**1**	**60**	**0**	**0**	**41**	**3.898**
	Total Geral	**9.113**	**1.300.730**	**1.088**	**171.133**	**234**	**66.916**	**193**	**69.406**	**10.628**	**1.608.185**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

*Quadro 23 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 50***

	Município	Classe 1 - Até 1 metro		Classe 2 - De 1 metro a 2,5 metros		Classe 3 - De 2,5 metros a 3 metros		Classe 4 - Maior que 3 metros		Total Por município	
		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	Soma de Área (m²)
Sinos	Caraá (Alto Sinos)	36	10.831	1	422	0	0	0	0	**37**	**11.252**
	Campo Bom	481	71.425	50	7.640	6	189	1	51	**538**	**79.305**
	Canoas	1.119	134.558	159	20.473	15	2.113	3	74	**1.296**	**157.219**
	Esteio	1.939	252.577	288	41.928	3	549	0	0	**2.230**	**295.055**
	Nova Santa Rita	37	16.457	97	32.278	53	19.453	73	26.298	**260**	**94.486**
	Novo Hamburgo	158	13.502	36	5.437	17	10.132	177	80.265	**388**	**109.336**
	São Leopoldo	3.786	426.613	347	31.499	99	11.146	52	5.268	**4.284**	**474.526**
	Sapiranga	199	21.761	9	947	1	151	0	0	**209**	**22.859**
	Sapucaia do Sul	396	218.459	22	9.756	0	0	0	0	**418**	**228.215**
	Total Rio dos Sinos	**8.151**	**1.166.184**	**1.009**	**150.379**	**194**	**43.734**	**306**	**111.957**	**9.660**	**1.472.253**
Paranhana	Igrejinha	3.849	576.969	1.054	152.760	47	5.982	22	2.051	**4.972**	**737.762**
	Parobé	88	8.080	36	3.142	0	0	0	0	**124**	**11.222**
	Três Coroas	246	31.591	18	3.004	5	934	1	23	**270**	**35.551**
	Total Rio Paranhana	**4.183**	**616.640**	**1.108**	**158.906**	**52**	**6.915**	**23**	**2.074**	**5.366**	**784.535**
Areia	Rolante	69	11.358	27	2.216	4	259	2	128	**102**	**13.961**
	Total Arroio Areia	**69**	**11.358**	**27**	**2.216**	**4**	**259**	**2**	**128**	**102**	**13.961**
	Total Geral	**12.403**	**1.794.182**	**2.144**	**311.501**	**250**	**50.909**	**331**	**114.158**	**15.128**	**2.270.750**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

*Quadro 24 - Área Edificada atingida pelas Manchas de Inundação na Situação Atual com **TR 100***

	Município	Classe 1 - Até 1 metro		Classe 2 - De 1 metro a 2,5 metros		Classe 3 - De 2,5 metros a 3 metros		Classe 4 - Maior que 3 metros		Total Por município	
		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	Soma de Área (m²)
Sinos	Cará (Alto Sinos)	45	12.187	3	1.029	0	0	0	0	**48**	**13.215**
	Campo Bom	662	113.683	96	10.241	13	2.358	2	106	**773**	**126.388**
	Canoas	1.407	191.403	349	40.398	50	7.946	7	434	**1.813**	**240.180**
	Esteio	1.270	168.931	1.063	142.012	3	281	1	303	**2.337**	**311.528**
	Nova Santa Rita	9	6.576	107	36.462	48	16.035	100	37.745	**264**	**96.818**
	Novo Hamburgo	157	15.598	116	10.541	8	3.570	191	88.858	**472**	**118.567**
	São Leopoldo	3.864	443.131	739	66.921	99	8.937	109	12.737	**4.811**	**531.726**
	Sapiranga	248	26.606	13	1.396	1	151	0	0	**262**	**28.153**
	Sapucaia do Sul	382	215.931	73	33.002	0	0	0	0	**455**	**248.933**
	Total Rio dos Sinos	**8.044**	**1.194.045**	**2.559**	**342.002**	**222**	**39.278**	**410**	**140.183**	**11.235**	**1.715.508**
Paranhana	Igrejinha	3.454	534.574	1.906	271.160	67	8.873	38	3.500	**5.465**	**818.107**
	Parobé	51	4.303	77	7.178	14	1.275	0	0	**142**	**12.757**
	Três Coroas	354	46.322	30	4.313	4	877	2	80	**390**	**51.592**
	Total Rio Paranhana	**3.859**	**585.199**	**2.013**	**282.652**	**85**	**11.025**	**40**	**3.579**	**5.997**	**882.456**
Areia	Rolante	1.090	195.782	110	16.481	25	2.133	10	626	**1.235**	**215.022**
	Total Arroio Areia	**1.090**	**195.782**	**110**	**16.481**	**25**	**2.133**	**10**	**626**	**1.235**	**215.022**
	Total Geral	**12.993**	**1.975.027**	**4.682**	**641.135**	**332**	**52.437**	**460**	**144.388**	**18.467**	**2.812.986**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

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 25 a seguir estão as áreas adicionais, em m², atingidas pelas novas manchas de inundação (C0) no Rio dos Sinos e no Rio Paranhana respectivamente.

Quadro 25 - Novas áreas edificadas sujeitas aos eventos de cheias (m²)

Mancha	Município	TR05	TR10	TR25	TR50	TR100
Rio dos Sinos	Caraá	9.619	9.772	10.470	11.252	13.215
	Campo Bom	10.079	18.677	32.837	79.305	126.388
	Canoas	578	13.692	122.784	157.219	240.180
	Esteio	281	50.581	276.856	295.055	311.528
	Nova Santa Rita	59.632	88.908	90.242	94.486	96.818
	Novo Hamburgo	92.813	96.283	103.963	109.336	118.567
	São Leopoldo	75.223	112.683	155.985	474.526	531.726
	Sapiranga	0	2.137	17.788	22.859	28.153
	Sapucaia do Sul	13.491	24.897	114.941	228.215	248.933
	Total Rio dos Sinos	**261.717**	**417.631**	**925.867**	**1.472.253**	**1.715.508**
Rio Paranhana	Igrejinha	69.093	502.884	641.113	737.762	818.107
	Parobé	1.231	3.376	10.237	11.222	12.757
	Três Coroas	9.325	13.595	27.071	35.551	51.592
	Total Rio Paranhana	**79.649**	**519.855**	**678.421**	**784.535**	**882.456**
Arroio Areia	Rolante	826	1.230	3.898	13.961	215.021
	Total Arroio Areia	**826**	**1.230**	**3.898**	**13.961**	**215.021**
	Total Geral	**342.192**	**938.717**	**1.608.185**	**2.270.750**	**2.812.985**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.8.7 Cenário de Alternativas 1 (C1)

De uma forma geral, o Cenário C1 propõe, na bacia do rio dos Sinos, a alternativa não-estrutural de **Zoneamento de Áreas Inundáveis** combinada com o uso de **Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta**.

Destaca-se, ainda a proposta de inclusão de um **Sistema de Seguro de Cobertura de Inundações**.

✓ **Zoneamento**

A solução composta pelas diferentes intervenções propostas no **Cenário 1** 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 a 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 a Zona de Passagem de Cheia, com função de amortecer inundações causadas pela ocupação das áreas urbanizáveis.

✓ **Avaliação da constrição do escoamento na calha do Rio dos Sinos**

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

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

O Quadro 26 apresenta a situação de segurança das pontes quanto à capacidade hidráulica de escoamento da cheia de **TR 100** anos.

*Quadro 26 - Segurança das pontes quanto a capacidade de escoamento da cheia de **TR 100***

Ponte	Localidade	Estaca	Cota Inferior Superestrutura	Cota Tr100	Folga	Observação
Via Férrea	Canoas/Nova Santa Rita	72+910	7,80	3,78	4,02	
BR-386	Canoas/Nova Santa Rita	69+160	11,10	4,74	6,36	
BR-116	São Leopoldo/Novo Hamburgo	33+530	6,31	6,67	**-0,37**	Tabuleiro Abaixo Da Cota TR100 Anos
Av. Caxias Do Sul	São Leopoldo/Novo Hamburgo	33+180	8,2	6,89	1,31	
R. São Joaquim	São Leopoldo/Novo Hamburgo	32+870	7,62	7,02	**0,60**	Não Atende Folga Mínima
Av. Mauá/ Trensurb	São Leopoldo/Novo Hamburgo	32+490	10,45	7,23	3,22	
Estrada Leopoldo Petri	São Leopoldo/Novo Hamburgo	20+350	9,45	7,84	1,61	
Estrada Arlindo Vargas	Campo Bom	9+320	10,84	8,3	2,54	

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tanto a ponte da BR-116 e a Rua São Joaquim não atendem os requisitos mínimos de segurança quanto à capacidade hidráulica de escoamento de uma cheia de TR 100, sendo a situação mais crítica a da BR-116 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 dos Sinos ocasionados devido à correnteza do canal fluvial.

✓ **Zoneamento das Áreas Inundáveis - Cenário 1**

Conforme já mencionado, 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** .

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** , 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:

- efetua-se simulação do sistema para a cheia de **TR 100** , considerando a condição atual da **Planície de Inundação** e determina-se o nível d'água e velocidades;
- 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**, acrescida das áreas atingidas pela cheia de **Tr 10** 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 cm ≤ h ≤ 50 cm e v > 1,0 m/s)[2].

- 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**;
- efetua-se nova simulação do sistema para a cheia de **TR 100** , determinando-se o novo nível d'água na **Zona de Passagem de Cheias**;
- 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 47 mostra a seção transversal do curso d'água sem obstruções.

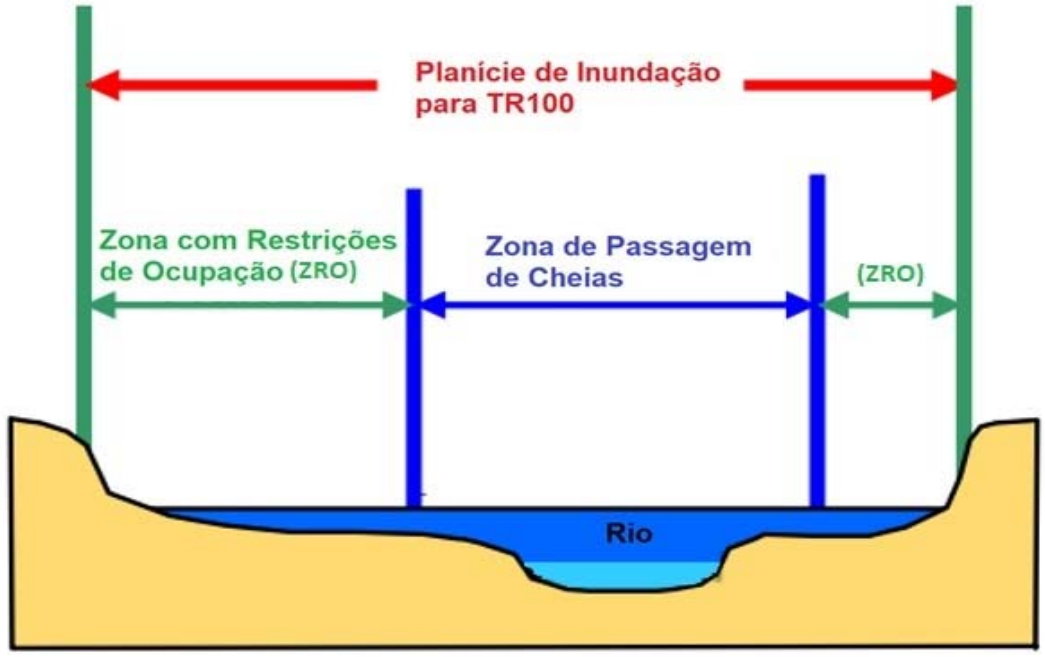


Figura 47 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação, sem obstruções
Fonte: DNR, 2014

A Figura 48 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*).

[2] A definição destes valores de profundidade de lâmina d'água e velocidades de escoamento foi efetuada a partir das categorias de perigo hidráulico (*hydraulic hazard categories*) apresentadas em DIPNR (2005).

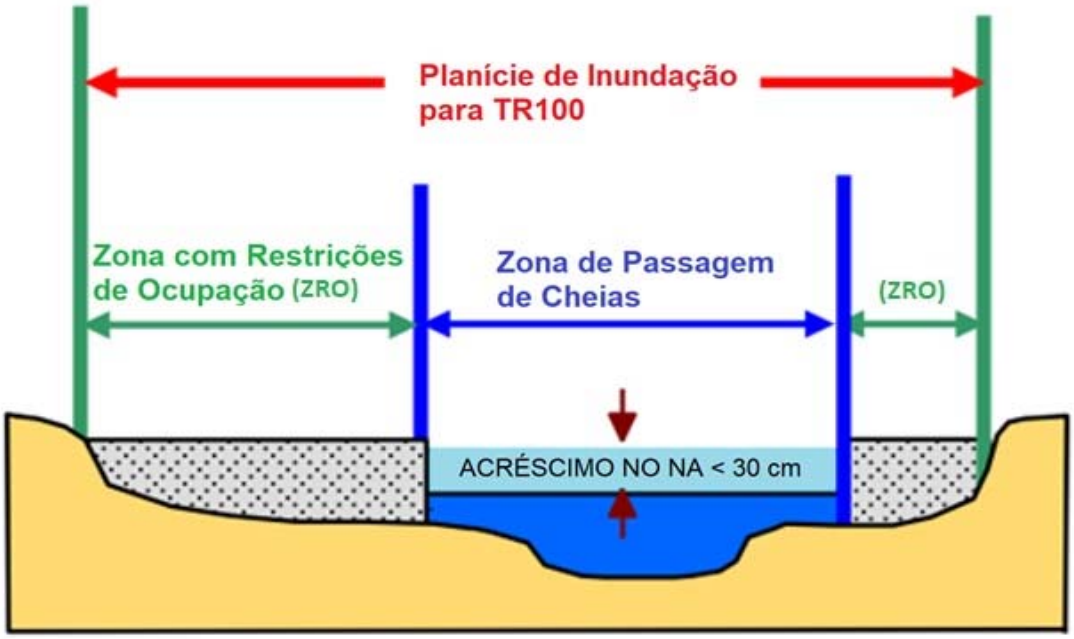


Figura 48 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundaçã, com aterros
Fonte: DNR, 2014

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 dos Sinos.

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: Canoas, Nova Santa Rita, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo, Novo Hamburgo, Igrejinha e Rolante.

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.

Apenas a Zona de Passagem de Cheias é definida a partir das simulações com o artifício hidráulico dos aterros.

A Planície de Inundação é delimitada pela mancha de inundação de TR 100 anos no Cenário 0, em que não houve a simulação de aterros. Dessa forma, tem-se o Cenário 1 com a Planície de Inundação idêntica ao Cenário 0. Portanto, o Cenário 1 não contabiliza externalidades causadas pela possível ocupação da Zona de Ocupação com Restrição.

Qualquer ocupação na Zona de Ocupação com Restrição que possa elevar os níveis d'água da Planície deve ter a sua viabilidade hidráulica verificada individualmente e, caso necessário, avaliadas quais as contrapartidas para a mitigação de tal externalidade às regiões vizinhas já consolidadas.

Tal etapa deve ser conduzida nos Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV).

✓ **Mapa de Perigo e incorporação de critérios à Zona de Passagem de Cheias**

Uma vez atendidos os critérios hidráulicos de ocupação da Planície de Inundação e definida a área de desobstrução para a passagem da cheia, com vistas a evitar efeitos de remanso a regiões a montante, os **critérios de perigo** às populações que ocupam a planície passam a ser avaliados e incorporados ao zoneamento.

Com base na ilustração apresentada na Figura 45, pôde-se depreender que a combinação entre velocidade e profundidade na planície de inundação é fator de perigo, seja à vida de pessoas, seja às estruturas ou bens materiais.

Idealmente, tais critérios devem ser associados a uma probabilidade de ocorrência do evento em um dado ano de 1%, ou seja, deve ser avaliado o perigo gerado por um evento de **TR 100** (Stephenson, 2012).

Dessa forma, na Figura 49 é apresentado o mapeamento da planície de inundação em termos de perigo hidráulico.

Delimitou-se as regiões em que o produto de velocidade *versus* profundidade é superior à 0,5 m²/s na ocorrência de um evento com Tempo de Retorno igual a 100 anos, o que representa um risco/perigo à vida.

Além disso, o restante da Planície de Inundação foi separado em duas zonas, uma com profundidades inferiores à 1,0 m e outra com profundidades superiores.

O que pode ser interpretado, que apesar do produto entre velocidade e profundidade ser inferior à 0,5 m²/s, profundidades superiores a 1,0 m podem representar riscos de afogamento e danos à bens materiais.

No Produto 12, em seus anexos, é apresentado o mesmo mapa de perigo em escala adequada (formato A1).

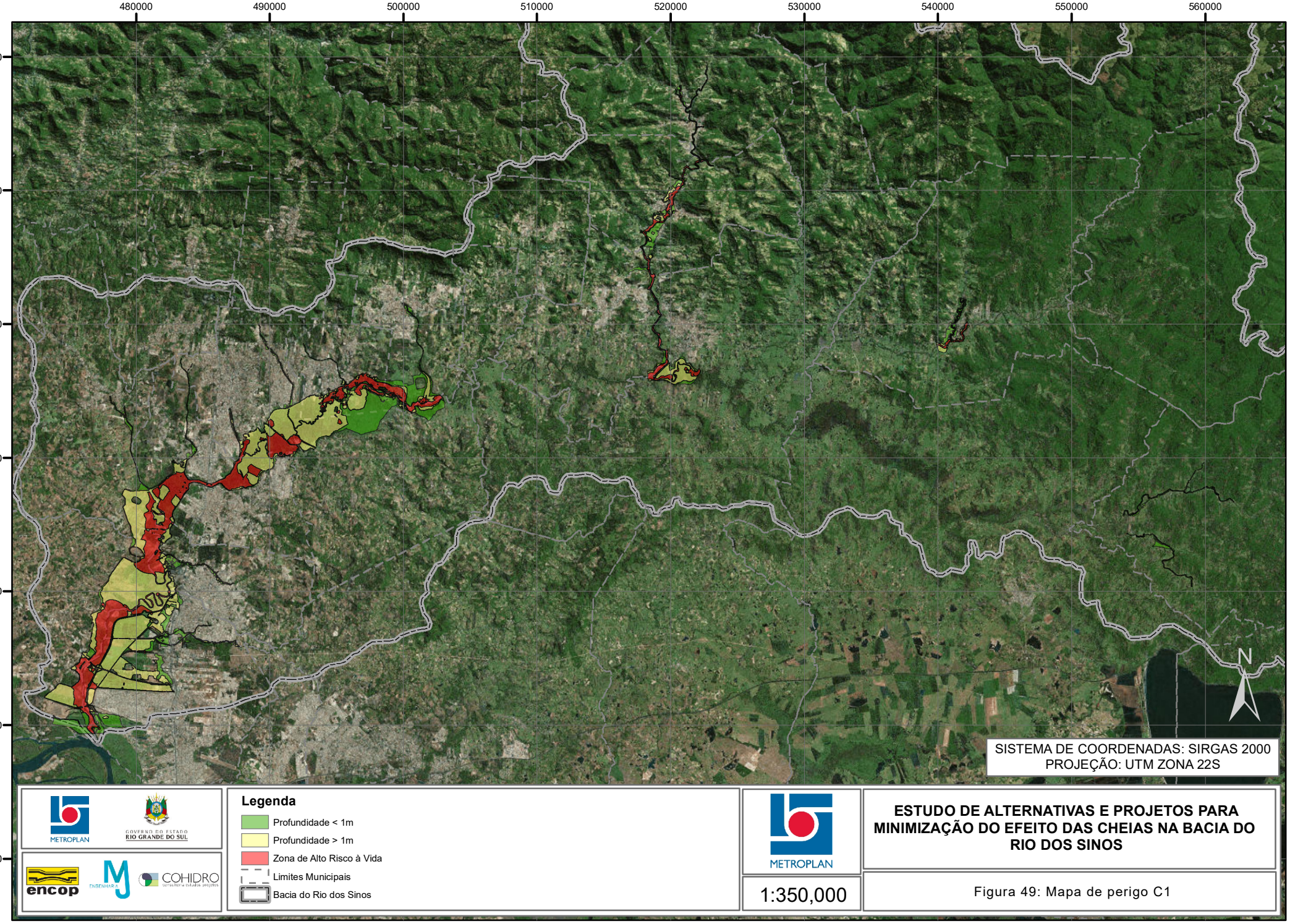
Com base no critério de risco à vida, as áreas em que o produto de velocidade *versus* profundidade é superior à 0,5 m²/s na ocorrência de um evento com Tempo de Retorno igual a 100 anos, foram incorporadas à Zona de Passagem de Cheias.

Ou seja, todas as áreas que apresentavam índices (V*h) superiores a tal limiar (0,5 m²/s) e que se encontravam externas à Zona de Passagem de Cheias definida através dos critérios hidráulicos de não obstrução, foram incorporadas a essa zona.

Dessa forma, entende-se que são agregados também critérios mais restritivos de ocupação nessas áreas de perigo com vistas a mitigação de riscos à vida humana.

Com relação à região externa à Zona de Passagem de Cheias, ou seja, que faz parte da Zona de Ocupação com Restrição, esta pode ser subdividida com vistas a compatibilizar a eventual ocupação a maiores e menores riscos averiguados.

Como sugestão, uma vez que as velocidades nessa zona são muito próximas de zero, pode-se utilizar como divisor, faixas de profundidades que subdividem a Zona de Ocupação com restrição, como é o caso do limite de 1,0 m apresentado no mapa da Figura 49. Tal decisão deve ficar à critério dos municípios e Ministério Púbico, condicionada às diretrizes preestabelecidas aqui.


480000
490000
500000
510000
520000
530000
540000
550000
560000
6740000
6730000
6720000
6710000
6700000
6690000
6680000
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
Legenda
Profundidade < 1m
Profundidade > 1m
Zona de Alto Risco à Vida
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
METROPLAN
1:350,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 49: Mapa de perigo C1

- **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 27 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.

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, foram quantificados os prejuízos **remanescentes** a essas edificações que continuarão a conviver com cheias.

No capítulo seguinte tais prejuízos são apresentados de forma mais concisa.

Quadro 27 - Áreas a serem desapropriadas nas zonas de passagem de cheias C1

Município	Área (m²)	Número de Edificações
MANCHA DO RIO DOS SINOS		
Caraá (Alto Sinos)	8.935	28
Campo Bom	14.066	134
Canoas	211	6
Esteio	326	2
Nova Santa Rita	113.402	237
Novo Hamburgo	98.140	216
São Leopoldo	33.976	324
Sapiranga	8.952	2
Sapucaia do Sul	87.610	170
Total - Rio dos Sinos	**365.619**	**1.119**
MANCHA DO RIO PARANHANA		
Igrejinha	166.317	1.157
Parobé	3.142	36
Três Coroas	14.002	100
Total - Rio Paranhana	**183.461**	**1.293**
MANCHA DO ARROIO AREIA/RIO ROLANTE		
Rolante	2.490	32
Total - Arroio Areia	**2.490**	**32**
TOTAL GERAL	**551.569**	**2.444**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

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.

As zonas classificadas como de ocupação restrita que já possuem áreas consolidadas também tiveram as edificações quantificadas e são apresentadas no Quadro 28.

Quadro 28 - Áreas de convivência de cheias já consolidadas na zona com restrições C1

Municípios	Área (m²)	Número de Edificações
MANCHA DO RIO DOS SINOS		
Caraá (Alto Sinos)	4.631	23
Campo Bom	113.225	649
Canoas	617.010	2.236
Esteio	752.356	2.650
Nova Santa Rita	46.584	33
Novo Hamburgo	27.956	292
São Leopoldo	497.879	4.490
Sapiranga	28.153	262
Sapucaia do Sul	252.994	292
Total - Rio dos Sinos	**2.340.789**	**10.927**
MANCHA DO RIO PARANHANA		
Igrejinha	651.790	4.308
Parobé	9.615	106
Três Coroas	47.660	300
Total - Rio Paranhana	**709.066**	**4.714**
MANCHA DO ARROIO AREIA/RIO ROLANTE		
Rolante	212.532	1.203
Total - Arroio Areia	**212.532**	**1.203**
TOTAL GERAL	**3.262.386**	**16.844**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A Figura 50 à Figura 52 apresentam as diferenças de elevação no nível d'água entre os **Cenários 0 e 1**, foi possível perceber que a diferença ficou abaixo dos 30 cm adotados como elevação máxima permitida, mesmo com a simulação de execução de aterros nas áreas de expansão que estão previstas nos planos diretores dos municípios e que se encontram dentro das zonas de ocupação restrita.

A Figura 53 à Figura 55 apresenta o zoneamento do Baixo, Médio e Alto Sinos de forma a ilustrar os resultados obtidos.

Os produtos efetivamente aplicáveis como ferramentas de gestão são apresentados nos anexos do Produto 12, 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 do **Cenário 1** em formato digital vetorizado e editável.

Cabe destacar que o zoneamento do Baixo Sinos, especialmente na região entre a BR-448 e a BR-116 foi realizado com base, não só nas simulações que delimitam as zonas inundáveis, mas também no ordenamento e uso do solo atual e pretendido futuramente.

Nesta região, a aplicação da Metodologia descrita para definição da Zona de Passagem de Cheias indica que:

- a Zona de Passagem de Cheia atingiria algumas áreas a leste da ferrovia (entre a ferrovia e a BR-116);
- a Zona de Passagem de Cheia não abrangeria áreas a oeste da ferrovia (entre a ferrovia e a BR-448).

Porém, hidraulicamente, tal resultado é aparentemente contra intuitivo dado que a área inundada se encontra mais afastada da calha do rio.

Tal incoerência está atrelada provavelmente à topografia plana da região e a imprecisão do modelo digital do terreno.

Além disso, os Planos Diretores de Esteio e Canoas preveem situação diametralmente oposta, ao levarem em consideração que as áreas mais próximas à BR-116 são justamente as que estão expostas a maior pressão para urbanização.

De forma a corrigir tal distorção hidráulica dos resultados:

- é prevista **possível** expansão urbana **de forma restrita** nas áreas a leste da ferrovia (entre a ferrovia e a BR-116);
- mas não é proposto parcelamento do solo nas áreas a oeste da ferrovia (entre a ferrovia e a BR-448).

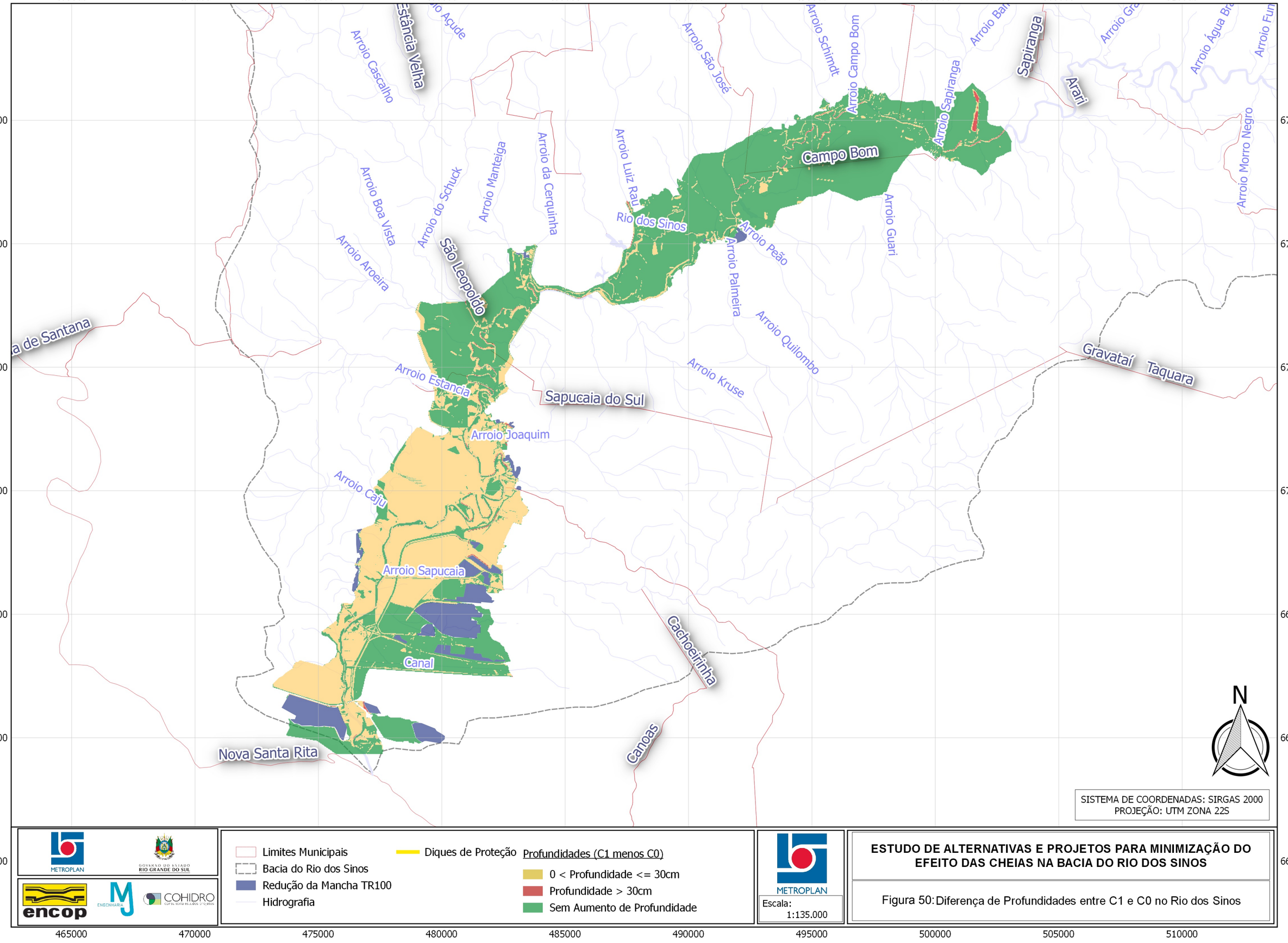
Buscando avaliar as condições previstas nos Planos Diretores, foram efetuadas novas simulações.

A região entre a ferrovia e a BR-448 foi simulada como área de armazenamento de excessos da cheia de **TR 100** , de forma a não criar impactos maiores a áreas a montante dessa região com um eventual aumento na constrição da passagem da cheia.

Estas áreas de amortecimento de cheia foram incorporadas à zona de passagem de cheias, impedindo assim sua ocupação.

Desta forma, verificou-se que é possível permitir ocupação de forma restrita a leste da ferrovia até a BR-116.

O **Cenário 2** avalia a possível ocupação dessa região através da implementação de pôlderes permitindo que se ocupe com segurança tais áreas, avaliando a magnitude dos impactos a montante.


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
Arroio Cascalho
Estância Velha
Arroio Açude
Arroio São José
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Sapiranga
Sapiranga
Arari
Arroio Água Bra
Arroio Fun
Arroio Morro Negro
Arroio Boa Vista
Arroio do Schuck
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Rio dos Sinos
Campo Bom
Arroio Guari
Arroio Aroeira
São Leopoldo
Arroio Pião
Arroio Palmeira
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estancia
Sapucaia do Sul
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
Canal
Cachoeirinha
Gravataí
Taquara
Canoas
Nova Santa Rita
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Redução da Mancha TR100
Hidrografia
Diques de Proteção
Profundidades (C1 menos C0)
0 < Profundidade <= 30cm
Profundidade > 30cm
Sem Aumento de Profundidade
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
Escala: 1:135.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 50: Diferença de Profundidades entre C1 e C0 no Rio dos Sinos

6715000 6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

515000 520000 525000 530000

Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
oio Morro Negro
Nova Hartz
Parobé
Gramado
Arroio Caboclo
Arroio Funil
rroio Pé-de-Galinha
Arroio Solitário
Igrejinha
Arroio Lavrado
Arroio Irapuru
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Rio Paranhana
Arroio Angabei
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Três Coroas
Taquara
Arroio Vicki
Rio da Ilha
Arroio José Velho
Três Irmãos

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
MJ ENGENHARIA
COHIDRO

Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Redução da Mancha TR100
Hidrografia
Diques de Proteção

Profundidades (C1 menos C0)
Sem Aumento de Profundidade
0 < Profundidade <= 30cm
Profundidade > 30cm

METROPLAN
Escala: 1:75.000

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

Figura 51: Diferença de Profundidades entre C1 e C0 no Rio Paranhana

6718000 6719000 6720000 6721000 6722000

540000

541000

542000

543000

Rio Areia

Rio Areia

Rio Rolante

N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

encop

MJ ENGENHARIA

COHIDRO consultoria e estudos de projetos

Limites Municipais
Diques de Proteção
Hidrografia

Redução da Mancha TR100

Profundidades (C1 menos C0)
Sem Aumento de Profundidade
0 < Profundidade <= 30cm
Profundidade > 30cm

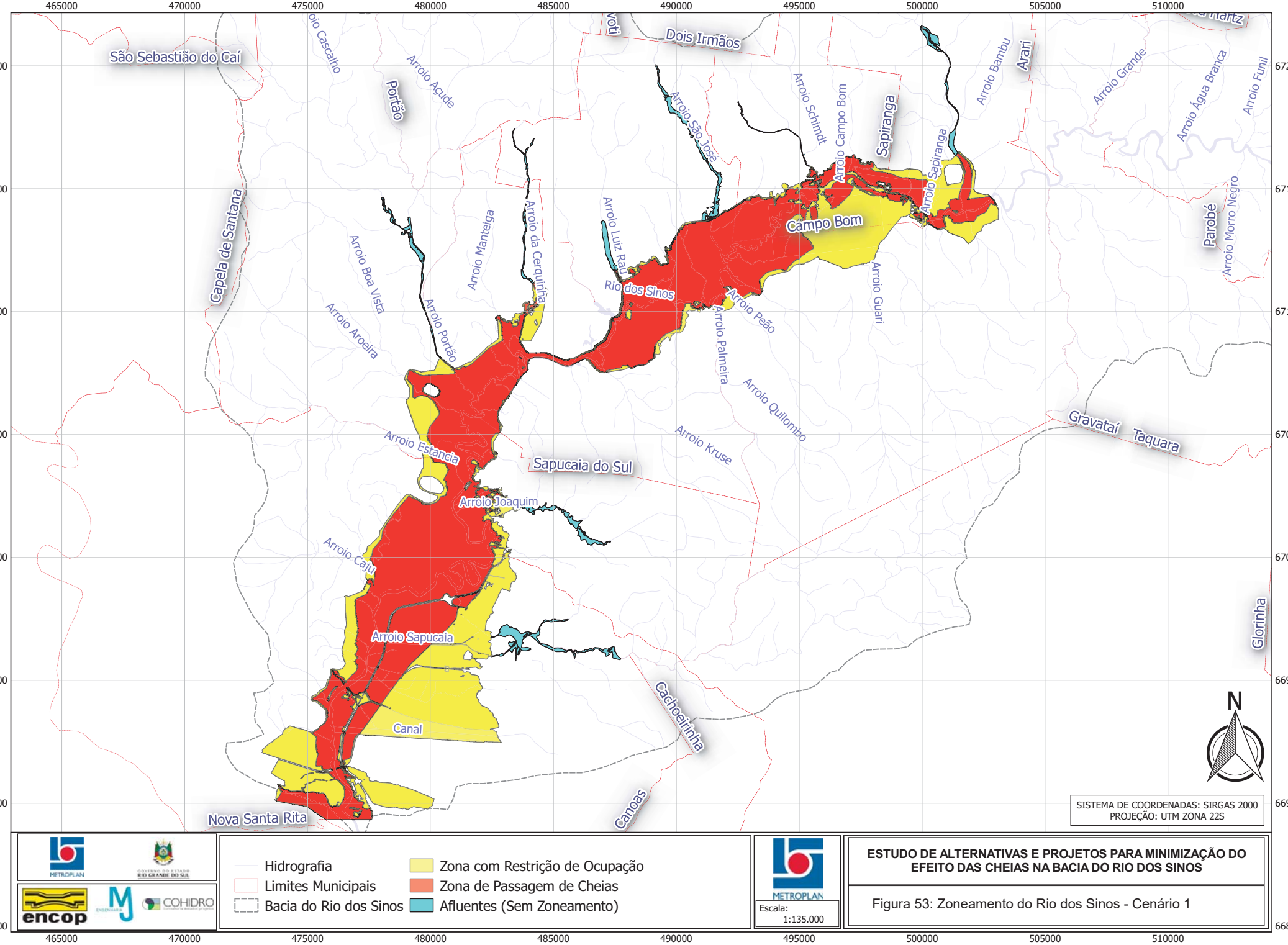
METROPLAN

Escala:
1:13.000

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

Figura 52: Diferença de Profundidades entre C1 e C0 dos Rios Areia e Rolante

6718000 6719000 6720000 6721000 6722000


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
São Sebastião do Caí
Dois Irmãos
Capela de Santana
Campo Bom
Sapiranga
Sapucaia do Sul
Gravataí
Taquara
Nova Santa Rita
Canoas
Glorinha
Parobé
Arari
Arroio Cascalho
Arroio Açude
Portão
Arroio São José
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Sapiranga
Arroio Bambu
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Morro Negro
Arroio Boa Vista
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Rio dos Sinos
Arroio Peão
Arroio Guari
Arroio Aroeira
Arroio Portão
Arroio Palmeira
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estancia
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
Canal
Cachoeirinha
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Hidrografia
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Zona com Restrição de Ocupação
Zona de Passagem de Cheias
Afluentes (Sem Zoneamento)
METROPLAN
Escala:
1:135.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 53: Zoneamento do Rio dos Sinos - Cenário 1

6715000 6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

515000 520000 525000 530000

Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
Arroio Morro Negro
Arroio Pé-de-Galinha
Nova Hartz
Parobé
Arroio Funil
Arroio Solitário
Gramado
Arroio Caboclo
Igrejinha
Arroio Lavrado
Arroio Irapuru
Arroio Angabei
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Três Coroas
Taquara
Arroio Vicki
Rio da Ilha
Arroio José Velho

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA MJ
COHIDRO consultoria estudos projetos

- Hidrografia
- Limites Municipais
- Bacia do Rio dos Sinos
- Zona com Restrição de Ocupação
- Zona de Passagem de Cheias

METROPLAN
Escala: 1:75.000

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

Figura 54: Zoneamento do Rio Paranhana - Cenário 1

6718000 6719000 6720000 6721000 6722000

540000 541000 542000 543000

Rua Francisco Feil
Rua João Alfredo
Rua Guido Krupp
Rua 31 de Outubro
Rua Santo Antônio
Rua Reinaldo Schenckel
Rua 21 de Abril
Rua Carlos Osthen
Rua Alcino Trindade
Rio Areia
Rio Areia
Rua Coronel João Linck
Rua Santo Antônio
Rua Vereador Arthur Fiesch
Rua Alberto Ostjen
Rua Feliciano C. dos Reis
Rio Rolante
Rua Martinho Lutero
Rua Engenheiro Alberto Pasqualini
Rua Santo Antônio
Rua Philipp Sperb
Rua Índio Sepé Tiaraju
Rua Isabel Peres Maserá
Rua Theobaldo Voltz
Rua José Correia de Andrade
Rua Vereador Benjamin Konrath

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO consultoria estudos projetos

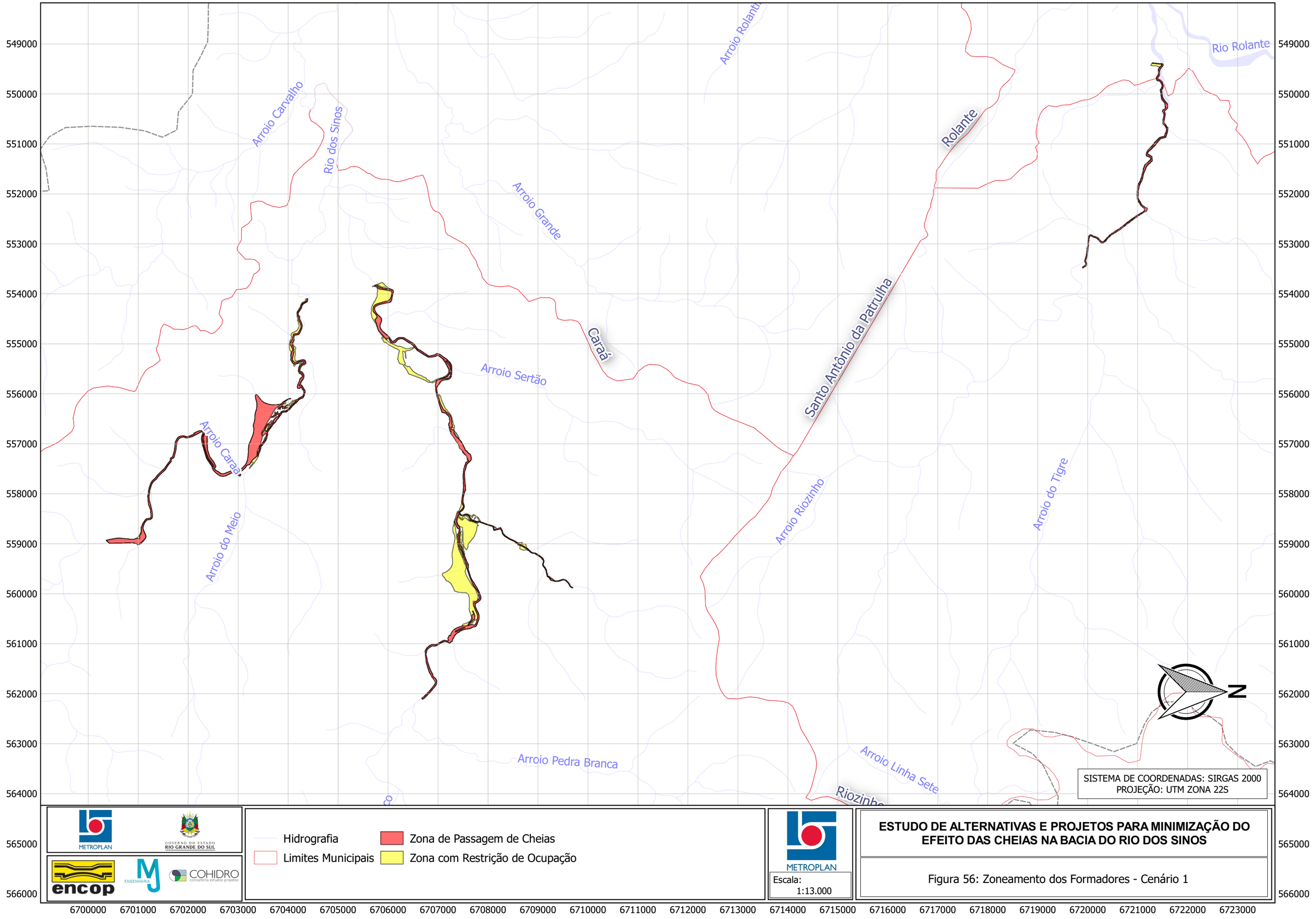
Hidrografia
Limites Municipais
Zona de Passagem de Cheias
Zona com Restrição de Ocupação

METROPLAN
Escala: 1:13.000

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

Figura 55: Zoneamento dos Rios Areia e Rolante - Cenário 1

6718000 6719000 6720000 6721000 6722000


6700000 6701000 6702000 6703000 6704000 6705000 6706000 6707000 6708000 6709000 6710000 6711000 6712000 6713000 6714000 6715000 6716000 6717000 6718000 6719000 6720000 6721000 6722000 6723000
549000 550000 551000 552000 553000 554000 555000 556000 557000 558000 559000 560000 561000 562000 563000 564000 565000 566000
Arroio Carvalho
Rio dos Sinos
Arroio Rolante
Rio Rolante
Arroio Grande
Caraá
Rolante
Santo Antônio da Patrulha
Arroio Sertão
Arroio Caraá
Arroio do Meio
Arroio Riozinho
Arroio do Tigre
Arroio Pedra Branca
Arroio Linha Sete
Riozinho
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO consultoria estudos projetos
Hidrografia
Limites Municipais
Zona de Passagem de Cheias
Zona com Restrição de Ocupação
METROPLAN
Escala: 1:13.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 56: Zoneamento dos Formadores - Cenário 1

✓ **Estimativas dos Custos de Implantação, Operação e Manutenção das Intervenções**

Os custos foram apresentados sem a inclusão da composição do BDI nos quadros específicos no Produto 12. Ver Quadro 29 abaixo.

Conforme o Decreto Nº 19.224 de 25 de novembro de 2015 foi considerado BDI conforme o tipo de obra ou serviço: 28,21% os serviços de INFRAESTRUTURA, incluindo pavimentação, iluminação pública, praças, saneamento, sistemas de água, esgoto cloacal e pluvial e seus respectivos serviços de conservação e manutenção; 19,35 % BDI diferenciado para fornecimento de materiais; 15,38% para projetos e serviços de apoio técnico de engenharia.

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.

O **Cenário 1** foi desenvolvido, tendo como base o Método Comparativo direto de dados de mercado.

É o método mais utilizado na avaliação 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.

Os resultados da pesquisa de mercado são apresentados nos anexos do Produto 12

- **Orçamento de Desapropriação e Convivência com Cheias no Zoneamento do Cenário 1**

No Quadro 29 abaixo consta o orçamento (i) da desapropriação da zona de passagem de cheias no **Cenário 1**; (ii) das demolições das edificações a serem desapropriadas; (iii) da revitalização das áreas desapropriadas com a implantação de parques lineares; e (iv) da avaliação dos imóveis a serem desapropriados.

*Quadro 29 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização das áreas no **Cenário 1***

Item	Descrição	Valor (sem BDI)	
1	**Zoneamento com desapropriações C1**	**R$**	**488.409.509,21**
1.1	Desapropriações	R$	437.780.576,96
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R$	4.377.805,77
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R$	14.349.212,80
1.4	Parque Linear	R$	31.901.913,68

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

O Quadro 30 compõe os custos totais do **Cenário 1**, **incluindo as despesas com BDI**, que agrega não só os custos mencionados acima, mas também os custos de melhoria do sistema de monitoramento, previsão e alerta, cujas propostas serão detalhadas nos itens subsequentes.

Quadro 30 - Custos das Intervenções na Área - C1

Item	Descrição	Valor sem BDI	Valor dos serviços com BDI 28,21%	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35%	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38%	Valor TOTAL com BDI
1	**Zoneamento com desapropriações**					**R$ 586.697.890,73**
1.1	Desapropriações	R$ 437.780.576,96		R$ 522.491.118,61		R$ 522.491.118,61
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R$ 4.377.805,77			R$ 5.051.112,30	R$ 5.051.112,30
1.3	Demolições e Transporte ate 30 km	R$ 14.349.212,80	R$ 18.397.125,73			R$ 18.397.125,73
1.4	Parque Linear	R$ 31.901.913,68	R$ 39.473.351,66		R$ 1.285.182,43	R$ 40.758.534,09
5	**Sistema de monitoramento, previsão e alerta**					**R$ 320.525,00**
5.1	Melhoria da rede de monitoramento*	R$ 250.000,00	R$ 320.525,00			R$ 320.525,00
TOTAL C1		**R$ 488.659.509,21**	**R$ 58.191.002,39**	**R$ 522.491.118,61**	**R$ 6.336.294,73**	**R$ 587.018.415,73**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.8.8 Cenário de Alternativas 2 (C2)

De uma forma geral, o Cenário C2 propõe, na bacia do rio dos Sinos, alternativas estruturais que são os **Diques de Proteção Combinados a Sistemas de Bombeamento** e, onde não se constatou a viabilidade técnica de tais obras, optou-se pela solução não-estrutural de **Zoneamento de Áreas Inundáveis** combinada com o uso de **Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta**.

Destaca-se, ainda a proposta de inclusão de um **Sistema de Seguro de Cobertura de Inundações**.

✓ **Obras de proteção**

As obras de proteção propostas no **Cenário 2** são essencialmente as mesmas 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 pôlderes que são estruturas hidráulicas artificiais de proteção.

O sistema é composto por diques de terra ou muros de concreto, dependo da disponibilidade de área para a implantação da obra, por reservatórios de acumulação de água e por casas de bombas.

O sistema funciona 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 pôlderes, 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.

O sistema deve poder funcionar por gravidade durante o restante do tempo, sem que seja acionado o sistema de bombas.

✓ **Zoneamento**

A solução composta pelas diferentes intervenções propostas no **Cenário 2** prevê não só as intervenções estruturantes, mas também mantém o ordenamento do uso do solo, através da proposta de Zoneamento de Áreas Inundáveis onde são definidas duas formas de uso, conforme já definido no **Cenário 1**:

- Áreas com possível urbanização - correspondendo a 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 a Zona de Passagem de Cheia, com função de amortecer inundações causadas pela ocupação das áreas urbanizáveis.

Há uma região no município de Campo Bom, na margem direita do Rio dos Sinos, ao atravessar a Av. Presidente Vargas no sentido Norte Sul que é impactada por eventos mais extremos.

Mesmo no **Cenário 2**, em que se procura proteger as áreas consolidadas com intervenções estruturais, não se propôs sistema de proteção estrutural nessa região, uma vez que a área ocupada se encontra numa região da planície de inundação entre meandros e que qualquer intervenção estrutural implicaria no ilhamento da região.

Tal estrutural implicaria em mudanças significativas da dinâmica/regime do escoamento da planície de inundação na região.

Além disso, o próprio Plano Diretor do município indica que tal área é Área de Preservação Permanente (APP). Portanto, em consonância com o Plano Diretor e com as premissas adotadas nesse trabalho, de diminuir as externalidades e influências no regime de escoamento do rio, mantém-se a opção por zoneamento na região o que implica na desapropriação de algumas edificações e a contínua convivência com cheias em eventos mais extremos.

A Figura 57 apresenta o Plano Diretor de Campo Bom, atualizado em Dezembro de 2017, em que não consta zona ocupada na região em discussão.

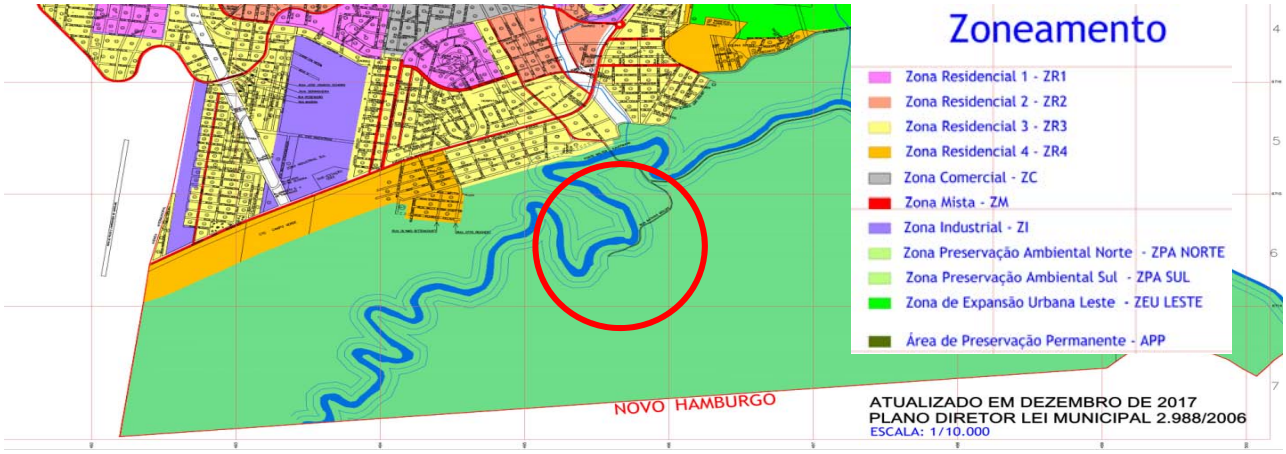


Figura 57 - Plano Diretor do município de Campo Bom
Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Campo Bom, 2017

A Figura 58 apresenta o a área atingida pelo evento de **TR 100** anos.



*Figura 58 - Área atingida por evento de **TR 100** anos no município de Campo Bom*
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais - Baixo Sinos**

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

- Canal secundário do rio dos Sinos junto à BR-116 e ao centro urbano de São Leopoldo e elevação dos diques existentes.
- Áreas inundáveis a leste da BR-448 nos municípios de Canoas e Esteio (alternativas A, B e C).
- Áreas inundáveis pela cheia do Sinos na margem direita, próximo à foz no município de Nova Santa Rita.
- Áreas inundáveis pela cheia do Sinos na margem esquerda, próximas à foz do Arroio José Joaquim no município de Sapucaia do Sul.
- Áreas inundáveis pelo remanso do Sinos no Arroio Cerquinha no município de São Leopoldo.
- Áreas inundáveis pela cheia do Sinos no município de Novo Hamburgo na margem esquerda.
- Áreas inundáveis pela cheia do Sinos na margem esquerda no município de São Leopoldo no Bairro Feitoria.
- Áreas inundáveis pela cheia do Sinos na foz do Arroio Schmidt no município de Campo Bom.
- Áreas inundáveis pela cheia do Sinos na margem direita do Sinos no município de Campo Bom no Bairro N.

As inundações nos arroios Luiz Rau (Novo Hamburgo), Schmidt (Campo Bom) e Sapiranga não são causadas por remanso do rio dos Sinos, propondo-se, apenas, diretrizes para os Planos de Drenagem Municipais, estabelecendo que devem ser avaliadas alternativas que incluem **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).

A intervenção no leito do rio dos Sinos, junto à BR-116 e ao centro urbano de São Leopoldo, visa aumentar a condutância do canal fluvial secundário ali existente, com isto minimizando as cheias deste ponto para montante.

Em adição, propõe-se elevar o grau de segurança das estruturas existentes com a elevação dos diques da região.

Por sua vez, as intervenções a jusante, nos municípios de Canoas e Esteio, visam à proteção das áreas inundáveis a leste da rodovia BR-448.

A alternativa A, mais extensiva, utiliza o maciço da BR-448, adaptado para a proteção interna da região, bem como o aumento da condutância e da capacidade de laminação de cheias dos arroios Esteio, Sapucaia e da própria vala de drenagem lateral a BR-448.

Já a alternativa B menos extensiva, protege apenas as regiões já ocupadas da área, não permitindo a expansão urbana da região, apenas mitigando os prejuízos existentes.

A alternativa C, é intermediária às alternativas A e B. Permite a expansão urbana limitada ao eixo da ferrovia que cruza de norte a sul a região, mantendo ainda, uma área interna à BR-448 e a oeste da ferrovia, desocupada, incorporada a Zona de Passagem de Cheias.

Em Nova Santa Rita, observou-se no cenário tendencial impactos consideráveis com tempos de retorno menores (5 e 10 anos), portanto, propõe-se a proteção por dique único a jusante da BR-386 na margem direita do Rio dos Sinos. O sistema é complementado por sistema de bombeamento.

No município de Sapucaia do Sul há uma proposta de implantação de diques para a proteção das cheias do Sinos próximos à foz do Arroio José Joaquim e em região mais a montante combinados com sistemas de bombeamento.

As soluções propostas se encontram a oeste do município.

Já as intervenções no Arroio Cerquinha são propostas visando de forma integrada, mitigar os efeitos causados pelo remanso do Rio dos Sinos, assim como, das inundações do próprio arroio. Já existe um dique nas margens direita e esquerda que deverão ser ampliados.

A casa de bombas existente na margem direita permanece inalterada.

Na margem esquerda do Rio dos Sinos a montante do estrangulamento em São Leopoldo sob a BR-116, ainda na planície de inundação foram propostos dois diques um em Novo Hamburgo e outro em São Leopoldo no bairro Feitoria.

Ambos se localizam próximos à divisa dos dois municípios. As soluções propostas são também diques e sistemas de bombeamento nos dois casos.

Por fim, no caso das intervenções em Campo Bom no Rio dos Sinos junto à foz do Arroio Schmidt e no Bairro N, são previstas as implantações de dois diques em cada área, compostos por sistemas de bombeamento visando mitigar os efeitos apenas da cheia do Rio dos Sinos.

As intervenções propostas se encontram ao Sul do município.

Todas as intervenções propostas, cuja análise, seções-tipo, quantitativos e métodos construtivos são apresentados a seguir, têm a sua localização indicada na Figura 59.

As sondagens utilizadas para a análise geotécnica das intervenções próximas à BR-116 encontram-se nos anexos do Produto 12.

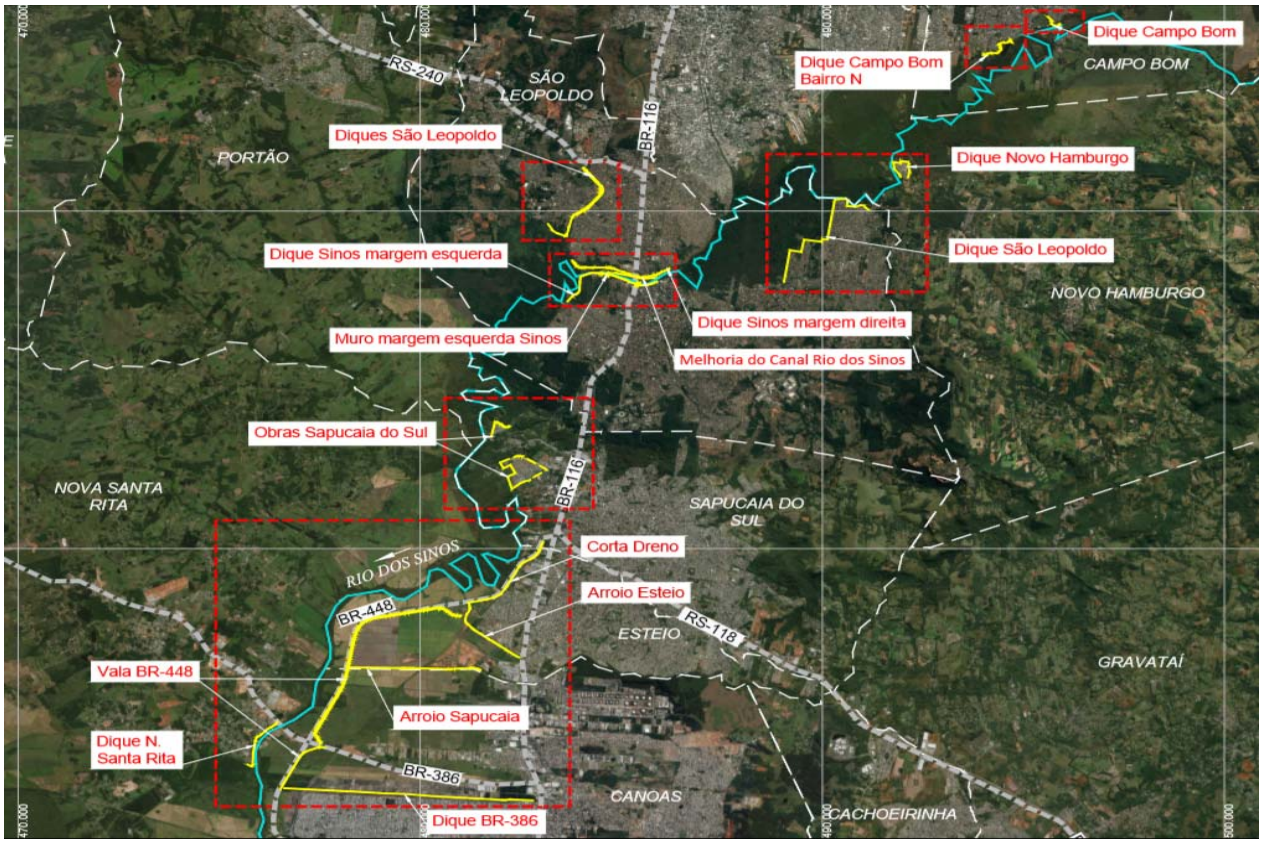


Figura 59 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Sinos - C2-BS-A
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

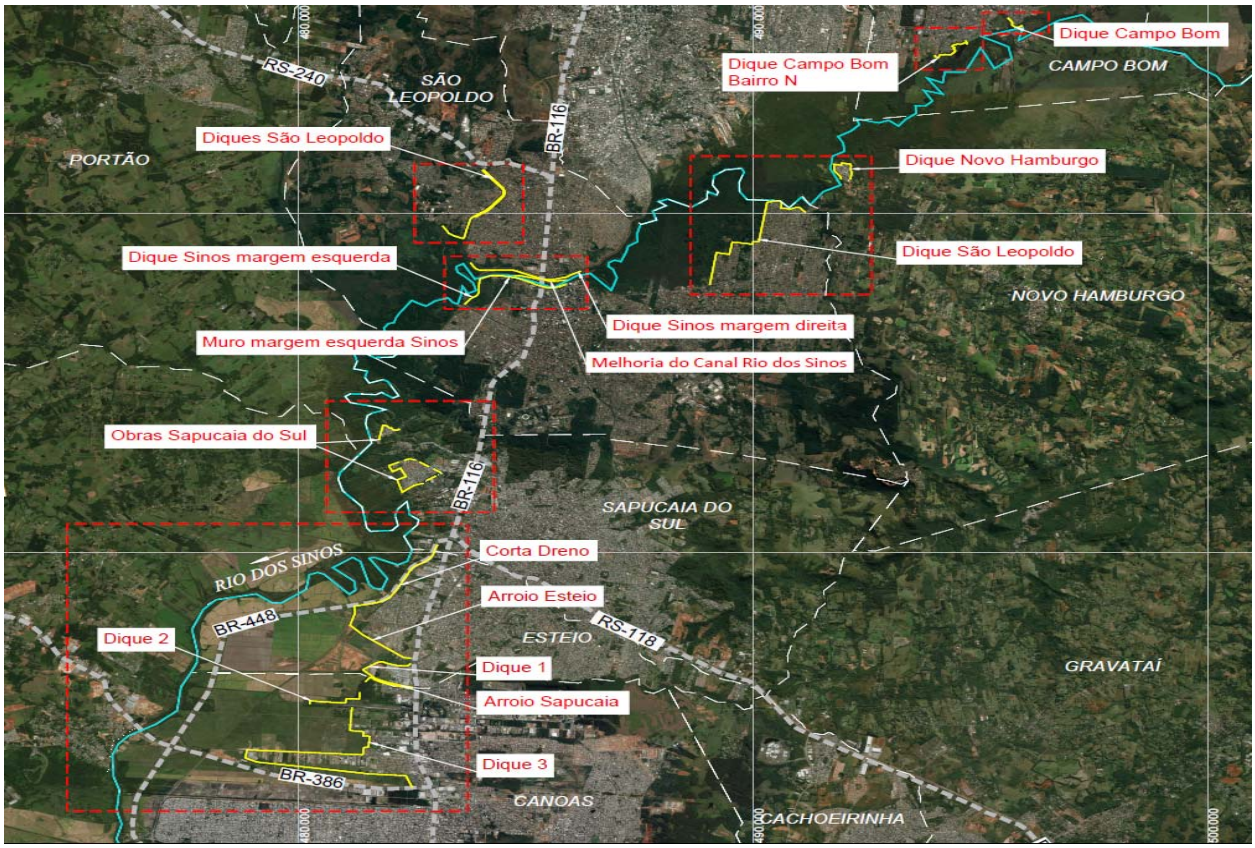


Figura 60 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Sinos - C2-BS-B
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

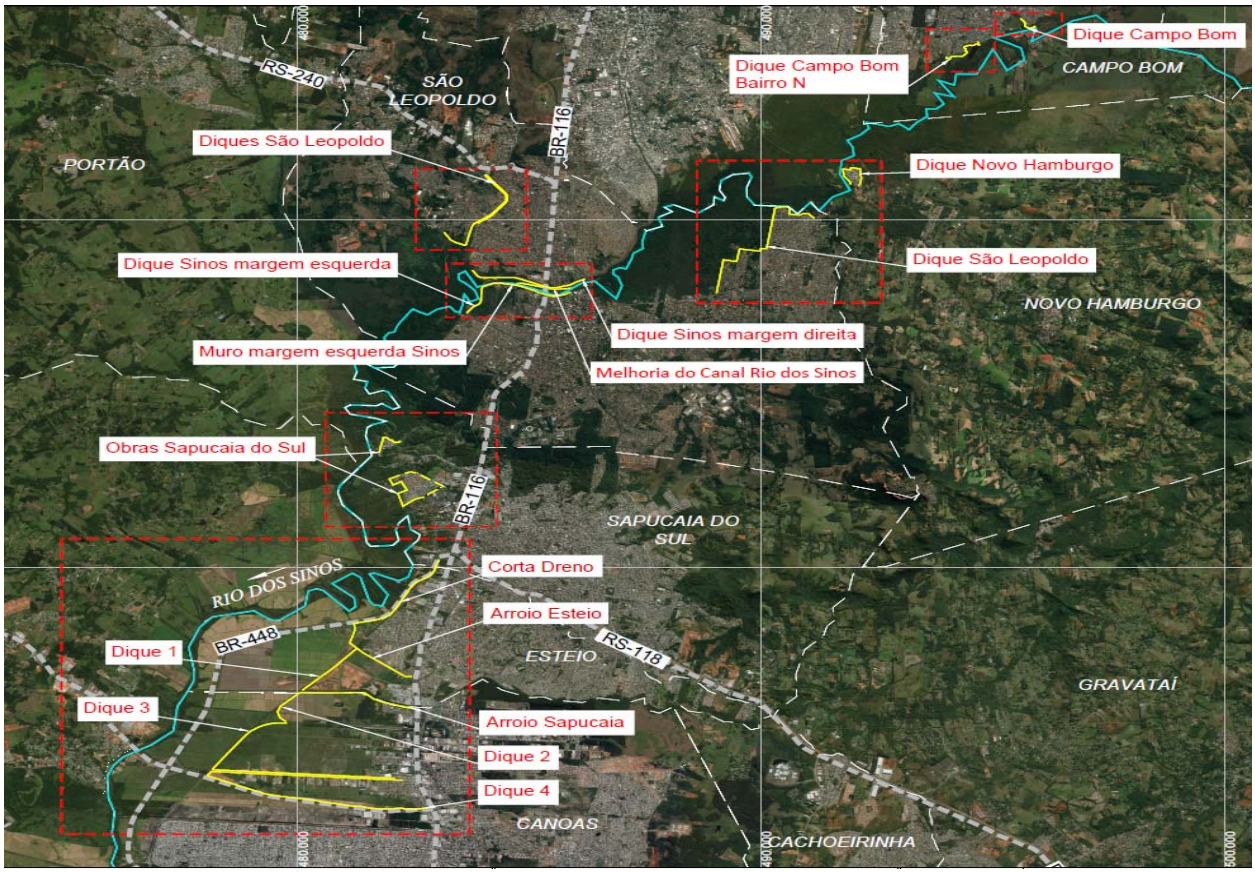


Figura 61 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Baixo Sinos - C2-BS-C
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- ✓ **Obras de Aprofundamento e Alargamento do Canal Secundário do Rio dos Sinos sob a BR-116 e Elevação dos Diques Existentes**
  - **Localização e caracterização do problema**

A área em questão localiza-se junto à BR-116 e ao centro urbano de São Leopoldo (Figura 62), onde o rio dos Sinos é constituído por dois canais fluviais, um principal e outro secundário.

Este último, com cota de fundo mais elevada que o canal principal, encontrava-se predominantemente emerso na data da inspeção, em parte recoberto por vegetação arbustiva.

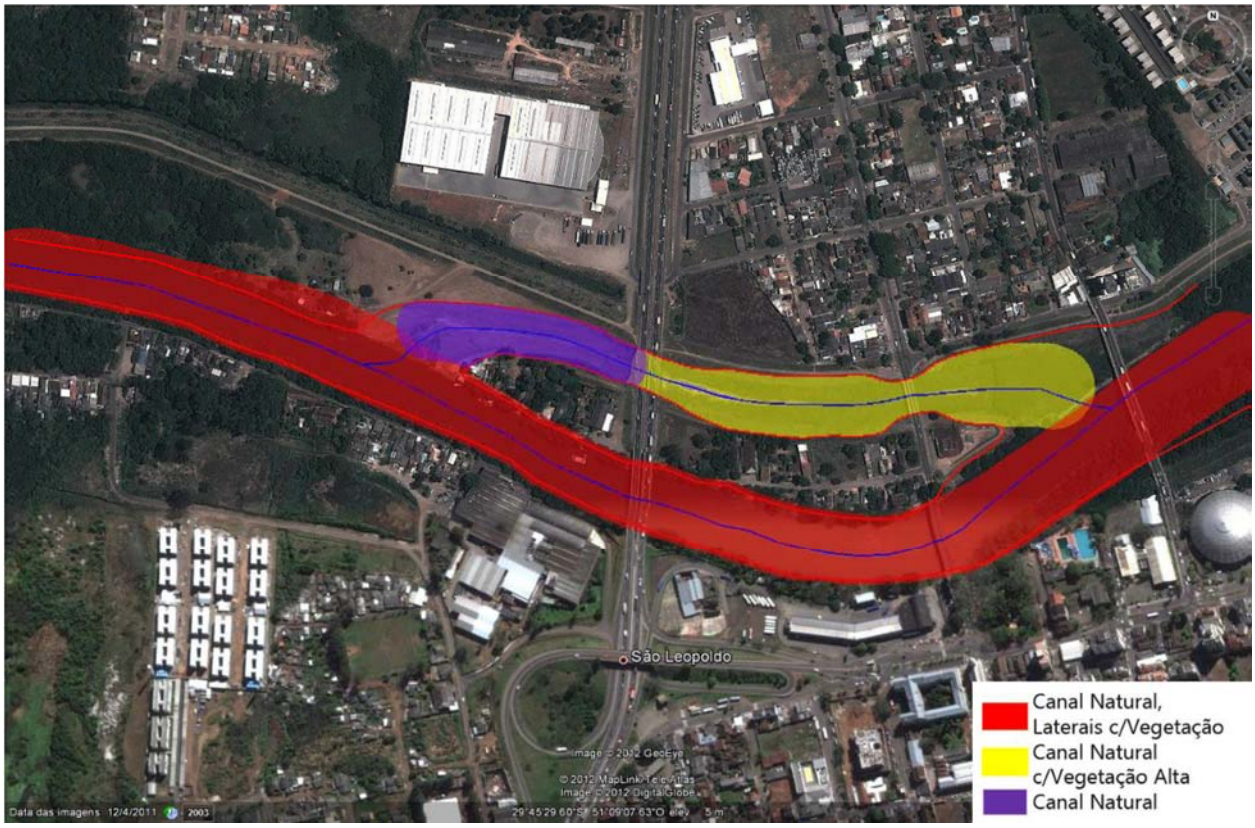


Figura 62 – Intervenções junto a BR-116 e ao centro urbano de São Leopoldo
Fonte: DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Projeto executivo para recuperação, reforço e reabilitação de pontes rodoviárias na BR-116 - RS, Abril/2014

O canal secundário, como pode ser observado na Figura 63, devido à sua cota de fundo (1,00 m a 2,00 m) mais elevada, tem uma seção de vazão reduzida, além de uma baixa eficiência hidráulica, pouco contribuindo para a minimização das cheias periódicas do rio dos Sinos.

Na Figura 63 observa-se a esquerda, na cota de coroamento +7,00 m, o dique de proteção da margem direita do rio dos Sinos.

A diferença das cotas de fundo dos canais secundário (+1,00 m) e principal (-2,50 m) é da ordem de 3,50 m. A largura de fundo do canal secundário é de 40 m, enquanto a ilha entre os dois canais, com largura emersa em torno de 50 m, encontra-se na cota 3,00 m.

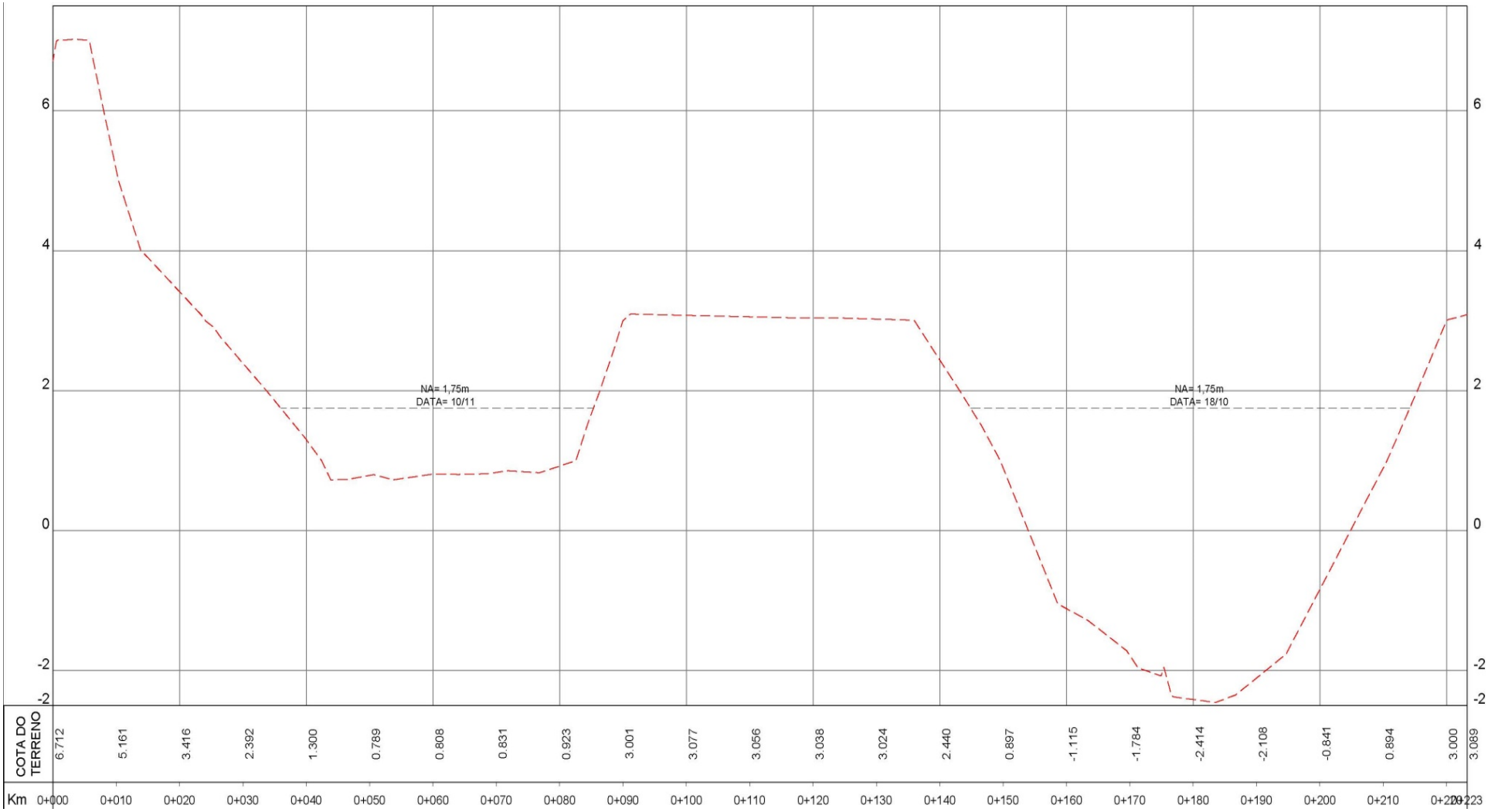


Figura 63 - Seção transversal dos canais a jusante da ponte sobre a BR-116 em S.Leopoldo
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- **Análise das alternativas de intervenção**

As alternativas de intervenção neste local, com vistas à minimização das cheias periódicas, são as seguintes:

  - Elevação dos diques de proteção atualmente existentes em ambas as margens do rio dos Sinos no município de São Leopoldo onde ocorre a maior constrição da calha do rio (peças gráficas apresentadas nos anexos Produto 12).
  - Rebaixamento do fundo e modificação da seção hidráulica do canal secundário do rio dos Sinos (peças gráficas apresentadas nos anexos Produto 12).

A elevação dos diques existentes em ambas as margens, os quais já se encontram na cota de coroamento 7,00 m, constitui uma alternativa para aumentar a proteção das áreas inundáveis adjacentes, como o centro urbano de São Leopoldo.

Complementarmente a elevação dos diques existentes, é o rebaixamento da cota de fundo do canal secundário.

Entretanto, a viabilidade desta alternativa depende do condicionamento geológico local, o que foi avaliado a partir das sondagens geotécnicas adjacentes à ponte da BR-116 (DNIT, 2014), cuja localização está indicada na Figura 64 e os perfis das sondagens apresentados nos anexos do Produto 12.

Estas sondagens indicam que o fundo do canal principal é recoberto por uma camada de areia aluvial fofa a pouco compacta, a qual está assente sobre arenitos brandos da Formação Pirambóia, estes últimos parcialmente decompostos a muito alterados.

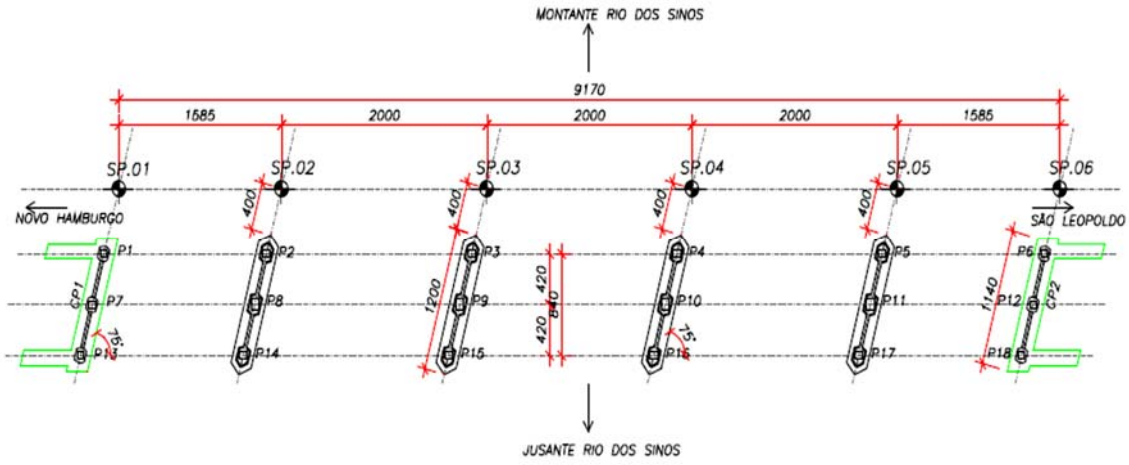


Figura 64 - Localização das sondagens geotécnicas ao lado da ponte da BR-116 em S. Leopoldo
Fonte: DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Projeto executivo para recuperação, reforço e reabilitação de pontes rodoviárias na BR-116 - RS, Abril/2014

No leito do canal principal inexiste o aterro ocorrente nas margens, verificando-se apenas uma camada de areia aluvial fofa sobreposta ao arenito brando.

Admitindo-se as mesmas condições geotécnicas para ambos os canais, o fundo do canal secundário poderia ser rebaixado até o topo do arenito brando na cota -1,50 m (remoção areia fofa → 1ª categoria).

Entretanto, um significativo incremento da eficiência hidráulica já é obtido apenas com o seu rebaixamento em seção retangular até a cota -0,50 m, com largura de 50 m (largura atual → 40 m).

Estas modificações, além de aumentar em 2 a 3 vezes a área da seção transversal, a qual se aproxima da área do próprio canal principal, aumentam ainda a eficiência hidráulica do canal secundário.

Assim, com este condicionamento geológico local, o canal secundário pode ser rebaixado até a cota -0,50 m apenas com escavação de 1ª categoria, modificando-se a sua geometria para uma seção retangular de 50 m de largura.

A contenção dos taludes laterais pode ser feita com cortina de estacas-prancha de 6,0 m de comprimento, com trecho livre de 3,50 m e uma ficha de 2,50 m, esta última engastada no próprio arenito brando.

Para isto deve ser aberta uma trincheira de engastamento (escavação 1ª ou 2ª categoria), a partir do topo do arenito (cota -1,50 m), com largura de 1,0 m e profundidade de 1,50 m, atingindo-se a cota -3,00 m no fundo da vala.

Após o posicionamento da cortina, a trincheira deve ser preenchida com o próprio arenito decomposto anteriormente removido, o que permitirá a execução de quaisquer trabalhos futuros de manutenção, tais como a retirada, ajuste ou reposicionamento dos perfis metálicos.

A partir do topo da cortina (cota +3,00 m), a contenção dos taludes é feita com muros de gabiões de 2,0 m de altura, seguindo-se o reaterro interno aos mesmos com o material proveniente das escavações obrigatórias do fundo do canal.

Isto possibilita a elevação parcial da ilha para a cota +5,0 m, ou ainda para cotas superiores, se necessário para a redução do efeito das cheias neste interflúvio.

- **Plantas e seções-tipo das obras propostas**

A concepção das obras, como anteriormente analisada, teve como objetivo o aumento da condutância do rio dos sinos, o que é obtido com o rebaixamento do canal secundário em seção retangular (largura 50 m) para a cota de fundo -0,50 m.

O arranjo geral das obras e sua seção-tipo de referência encontram-se na Figura 65 e na Figura 66.

A intervenção proposta, tanto o rebaixamento de fundo como o alargamento da seção fluvial, são viabilizados pela construção de ensecadeiras de montante e jusante (estacas 0+200 m e 0+950 m), as quais permitem o ensecamento de um trecho interno de 750 m de extensão ao longo do canal.

As obras externas às ensecadeiras (estacas 0+000 m a 0+200 m e estacas 0+950 m a 1+27 3m) são executadas em terra e apenas na margem direita do rio dos Sinos.

A seção hidráulica retangular tem a contenção dos seus taludes garantida por cortinas laterais de estacas-prancha de 6,0 m de comprimento, com trecho livre de 3,50 m e ficha de 2,50 m, esta última engastada no arenito brando existente no leito do rio.

O topo da cortina está posicionado na cota +3,00 m, à qual se segue a contenção em muro de gabiões até a cota +5,00 m.

O trecho interno às contenções é reaterrado com o próprio material das escavações obrigatórias, elevando-se este aterro compactado até a cota +5,00 m, ou cotas superiores se necessário para redução do risco de inundação da ilha.

A elevação dos diques existentes é proposta para ocorrer em 0,50 m em toda a extensão dos diques nas margens esquerda e direita do Sinos na região de São Leopoldo.

Na margem esquerda parte do dique é composto por muro de concreto, portanto a obra de elevação deve considerar a consolidação com a estrutura existente.

A elevação dos diques de terra são realizadas por métodos construtivos simples, com o aterro compactado da estrutura original.

- **Quantitativos e métodos construtivos**

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são apresentadas a seguir.

- Construção de ensecadeiras;
- Instalação das cortinas laterais;
- Rebaixamento do fundo do canal e elevação parcial dos aterros laterais;
- Pré-instalação dos tirantes de ancoragem;
- Construção dos muros em gabiões;
- Elevação do aterro externo e tensionamento final dos tirantes;
- Construção de enrocamentos de proteção;
- Remoção das ensecadeiras;
- Elevação dos diques existentes de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros;
- Elevação dos muros existentes.

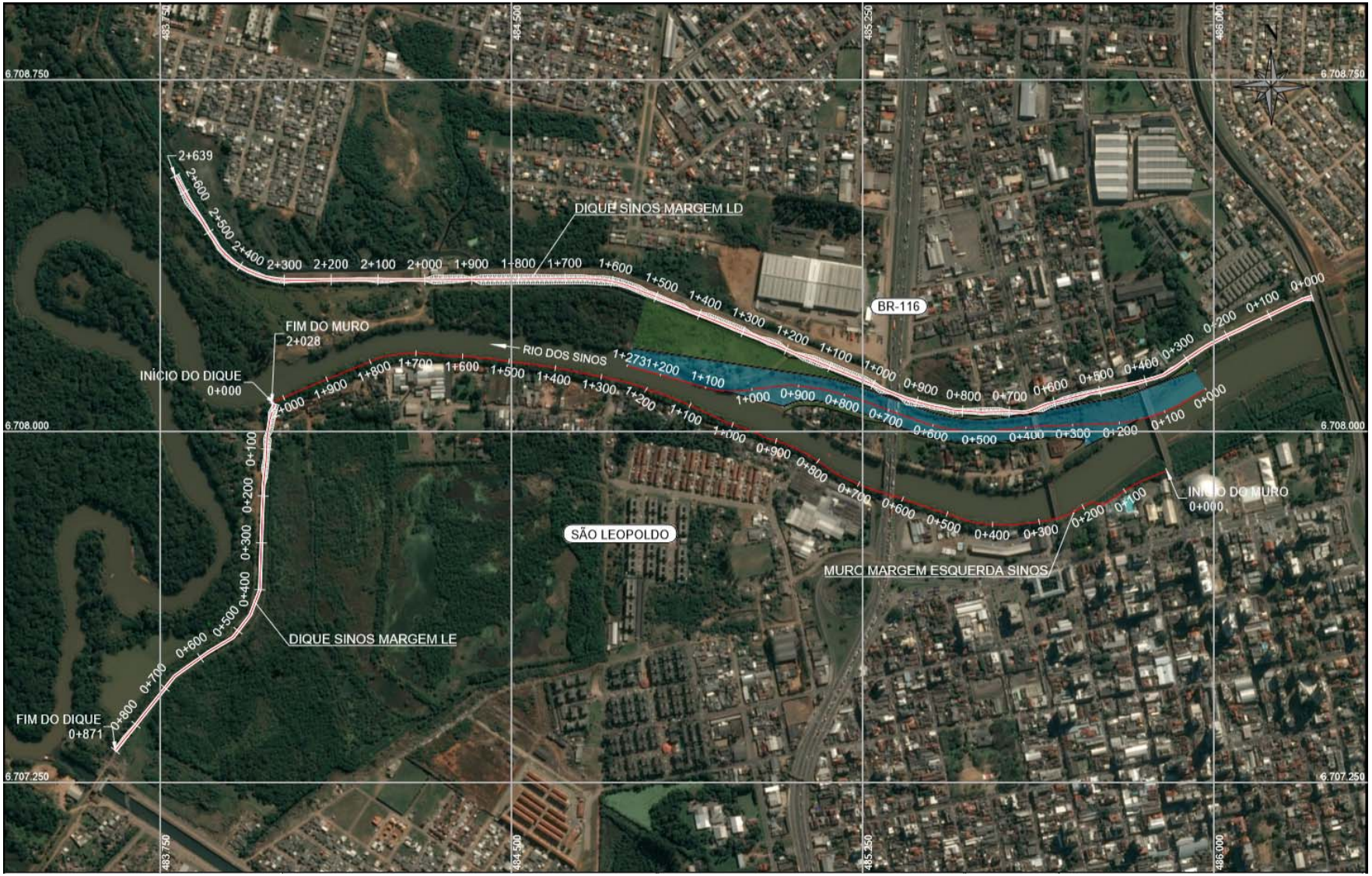


Figura 65 - Arranjo geral das obras nos canais, sob a BR-116 em S.Leopoldo
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

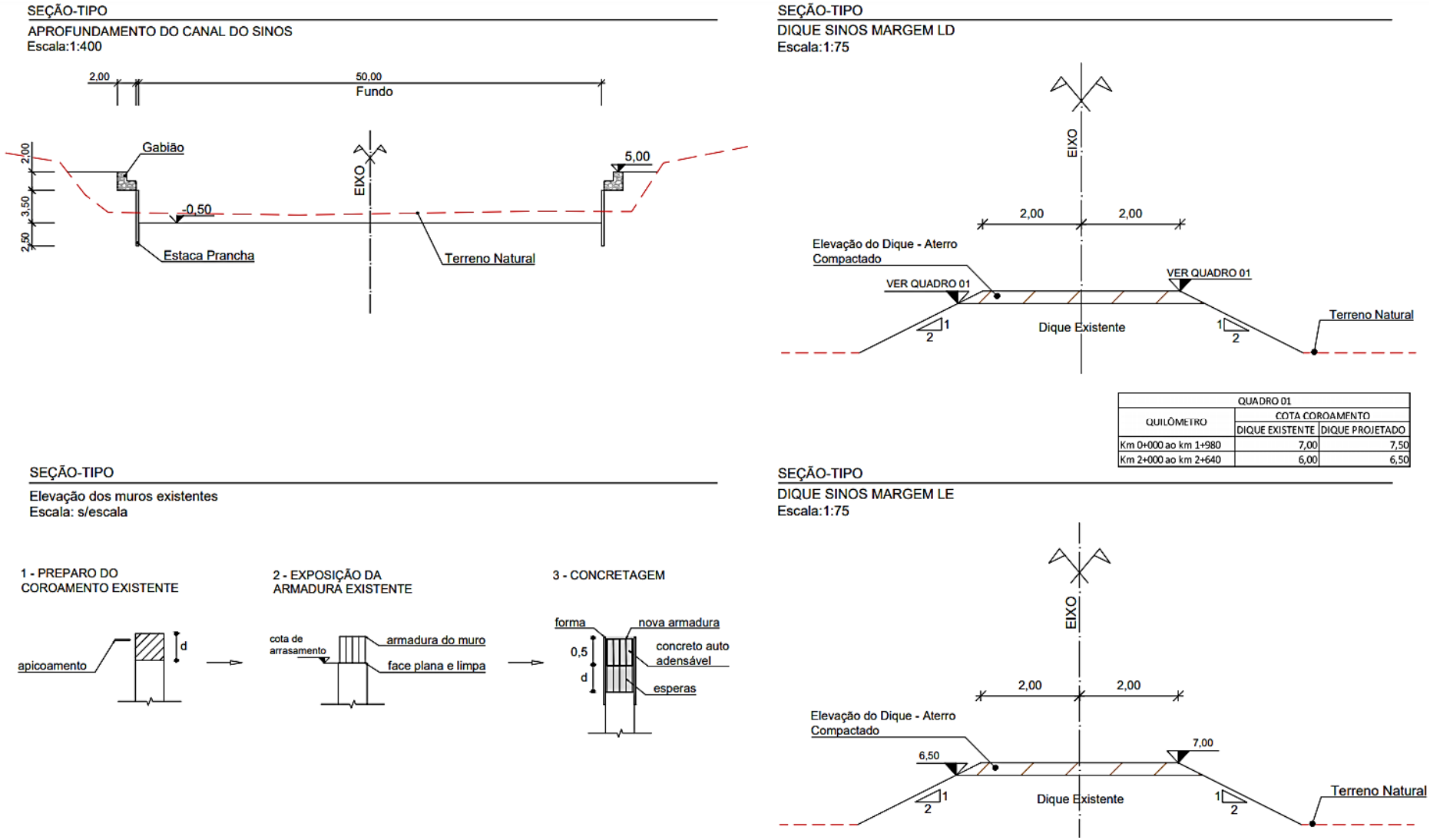


Figura 66 - Seção transversal-tipo do canal secundário, elevação dos muros e dos diques
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Obras do Pôlder da BR-448**

- **Localização e caracterização do problema**

A área inundável em questão localiza-se a leste da BR-448, nos municípios de Canoas e Esteio (Figura 67), estendendo-se desde o arroio Esteio ao norte até a BR-386 ao sul.

Constituída por solos orgânicos parcialmente saturados, a área caracteriza-se por um relevo plano com cotas predominantemente entre 1,00 m a 4,00 m, sendo que quaisquer obras de proteção contra as cheias (TR = 100) devem atingir a cota 6,00 m a 6,15 m.

Devido aos arroios existentes, assim como à grande extensão a ser protegida, quaisquer intervenções contra as cheias representam um grande volume de obras de terra, motivo pelo qual, apesar de suas características geotécnicas, deve-se aproveitar ao máximo os próprios solos locais.

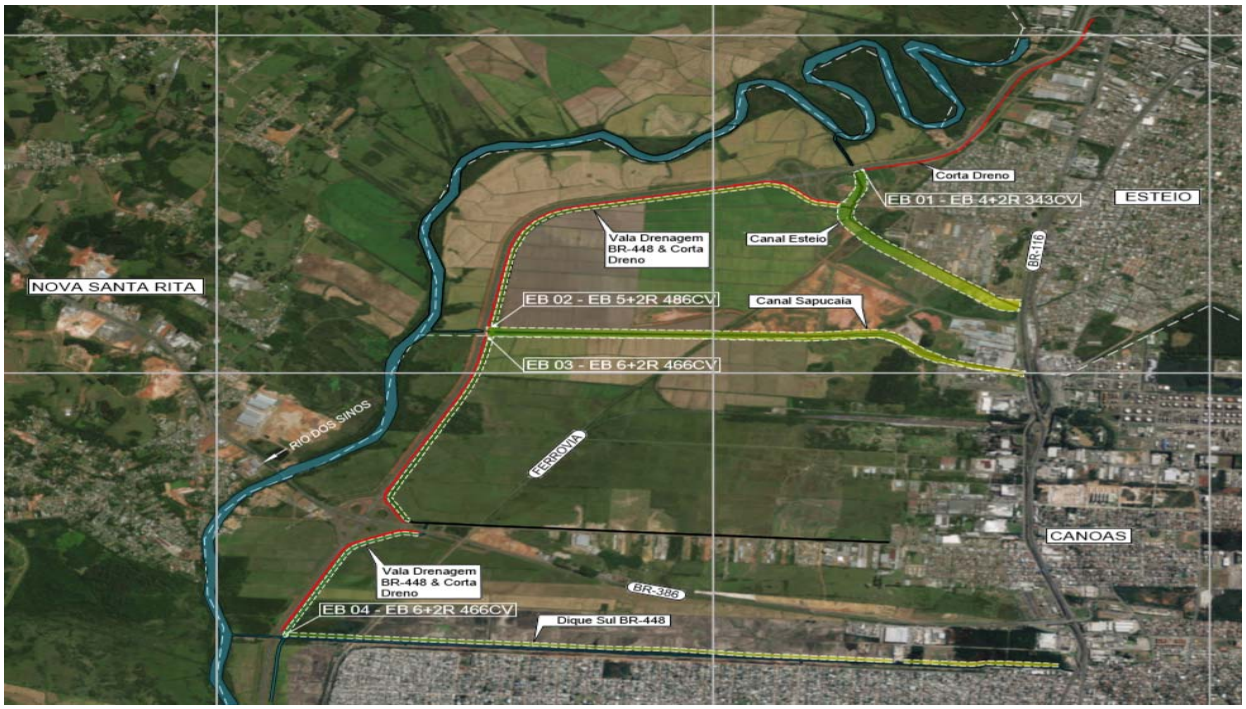


Figura 67 - Intervenções a leste da BR-448, diques, valas de drenagem e bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- **Análise geotécnica das alternativas de intervenção**

A área é constituída por depósitos de sedimentos inconsolidados de idade holocênica e holocênico-pleistocênicas, tais como aluviões, depósitos lagunares e depósitos lacustre-paludais, os quais estão constituídos por uma intercalação de camadas argilo-siltosas e areias, por vezes com a ocorrência localizada de turfeiras.

Sobre este substrato geológico, desenvolveram-se solos hidromórficos, tais como gleyssolos e planossolos.

As sondagens geotécnicas (SPT e CPTU) executadas ao longo da BR-448 mostraram a ocorrência de solos moles até 7,0 m de profundidade, seguindo-se uma camada argilosa medianamente compacta com espessura em torno de 2,0 m, a qual está assente sobre camada de areia fina a média pouco compacta.

Apesar do efeito drenante e da continuidade lateral da camada arenosa, o que deve ser considerado para fins de estimativa de adensamento dos solos moles, não há uma percolação franca entre as águas superficiais e a areia em subsuperfície, o que se deve a baixa permeabilidade dos solos moles os quais a camada arenosa está sotoposta.

A partir deste perfil geotécnico, as obras de terra foram concebidas com bermas laterais de estabilização, executando-se diques centrais em solo compactado até a cota 6,00 m e 6,15 m nos diques Sapiranga e Esteio respectivamente, a qual é a cota indicada pelos estudos hidrológicos para a proteção contra as cheias desta área a leste da BR-448.

Com esta concepção, a maior parte das obras é constituída por solos locais, os quais são escavados e lançados diretamente, sem operações intermediárias de transporte ou estocagem. Os materiais indicados para os diques em solo compactado poderão ser obtidos em jazidas de solos próximas, tais como as apresentadas em detalhe no Produto 12.

- **Plantas e seções-tipo das obras propostas**
  - **Vala de Drenagem ao longo da BR-448 e casas de bombas**
    O alargamento e aprofundamento da vala de drenagem ao longo da BR-448, a leste da mesma, destinam-se à drenagem superficial e a laminação de cheias, sendo complementados por estações de bombeamento junto aos arroios Esteio e Sapucaia e ao dique Sul junto ao bairro Mathias Velho.
    A vala terá largura final de 30 m, com cota de fundo a -1,00 m, sendo o material de escavação utilizado para a composição das bermas laterais de estabilização do dique Sul.
    Com vistas a evitar fluxo sob a BR-448 nos períodos de cheia, será executada uma vala corta-dreno na berma lateral, sendo construída por simples remoção e reaterro não compactado do material da berma, descartando-se o material arenoso do dreno.
    A seção hidráulica da vala de drenagem encontra-se indicada na Figura 68.
  - **Canalização Arroio Esteio**
    A canalização do arroio Esteio, o qual se estende desde a BR-116 até a BR-448, prevê a execução de dois diques laterais de proteção até a cota 6,15 m, construídos em solo compactado e com bermas laterais de estabilização em solos moles lançados.
    Entre as estacas 0+000 m e 0+400 m inexistem o dique da margem esquerda. Paralelamente e a norte do novo canal, será construída uma vala para drenagem da área urbana adjacente, a qual conduz as águas de drenagem para uma Casa de Bombas junto à BR-448.
    A seção-tipo desta obra encontra-se indicada na Figura 69.
  - **Canalização Arroio Sapucaia**
    Da mesma forma, uma vez que o condicionamento geotécnico é o mesmo do arroio Esteio, a canalização do arroio Sapucaia prevê a execução de dois diques laterais de proteção até a cota 6,00 m, estes construídos em solo compactado e com bermas laterais de estabilização em solos moles lançados. Junto à BR-448 serão construídas duas Casas de Bombas, as quais se destinam ao esgotamento das águas da vala de drenagem alargada junto a esta rodovia.

A seção-tipo encontra-se indicada na Figura 70.

- **Dique Sul**

  Da mesma forma que as obras anteriores, o dique Sul tem sua seção em solo compactado até a cota de coroamento 5,50 m, cuja estabilidade é garantida por bermas laterais em solos moles lançados.

  Os volumes de solos moles para a execução das bermas laterais são oriundos do alargamento da vala de drenagem junto à BR-448.

  A seção-tipo desta obra encontra-se indicada na Figura 71.

- **Estações de Bombeamento**

  As intervenções na forma de diques apresentadas nesta seção constituem um bloqueio para a drenagem por gravidade apenas para as áreas protegidas durante o período de cheias.

  Desta forma é necessária a implementação de estações de bombeamento para drenagem de tais áreas.

  Dentro do escopo das obras para proteção do pôlder da BR-448 são propostas 5 estações de bombeamento:

  - **2 EB's** para proteção do pôlder formado devido ao dique no Arroio Esteio, contemplando as áreas entre a BR-116 e BR-448, inclusive o Parque Estadual de Exposições Assis Brasil.

    A primeira será localizada no encontro de um canal de drenagem no Bairro Três portos em Esteio junto à BR-448. A segunda será localizada no encontro do Arroio Esteio e a BR-448.
  - **1 EB** entre área formada pelos diques do Arroio Esteio e Arroio Sapucaia (lado norte), localizada no encontro do Arroio Sapucaia e a BR-448.
  - **2 EB's** na área formada entre o dique do Arroio Sapucaia e o dique paralelo ao Canal da Rua Curitiba (paralelo ao dique do bairro Mathias Velho/Dique Sul). Tais dividirão a responsabilidade pela drenagem desta área igualmente.

    Uma delas estará localizada no encontro do dique do Arroio Sapucaia (lado sul) e a BR-448 e a outra estará localizada junto ao encontro do Canal da Rua Curitiba e a BR-448.

Considerando que nas condições usuais de escoamento dos Arroios Sapucaia e Esteio tais áreas (dos pôlderes) são drenadas exclusivamente por gravidade, o projeto das Estações de Bombeamento deverá permitir que a drenagem assim seja realizada, através de sistema de comportas ou semelhante de modo a reduzir o custo de energia.

O Quadro 31 apresenta as características das estações de bombeamento.

Quadro 31 - Estações de Bombeamento na região da BR-448

Localização	Área de Drenagem (ha)	Potência Instalada (CV)
Arroio Esteio	282	[4+2R] x 343
Arroio Esteio/Sapucaia	550	[5+2] x 486
Arroio Sapucaia/Canal R.Curitiba	1900	2 x [6+2R] * 466
Obs.: [4+2R] x 343 = 4 bombas mais 2 bombas reservas de 343 CV cada.		

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

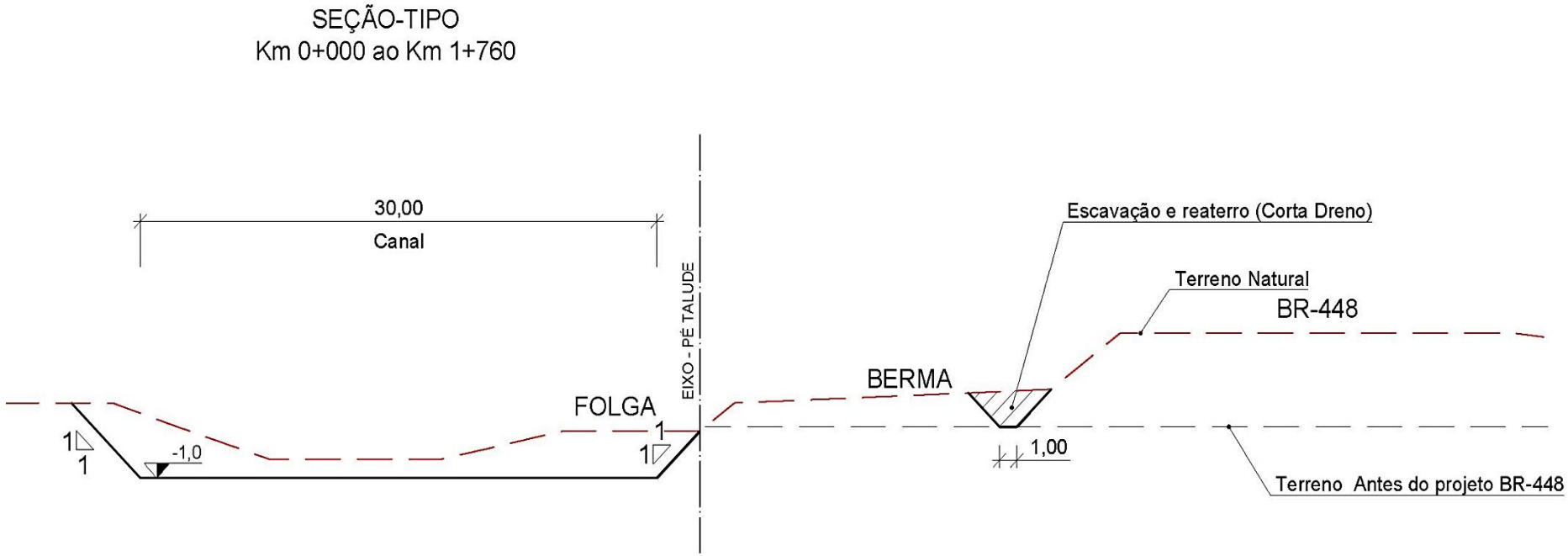


Figura 68 - Seção transversal da vala de drenagem lateral à BR-448 e vala corta-dreno
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

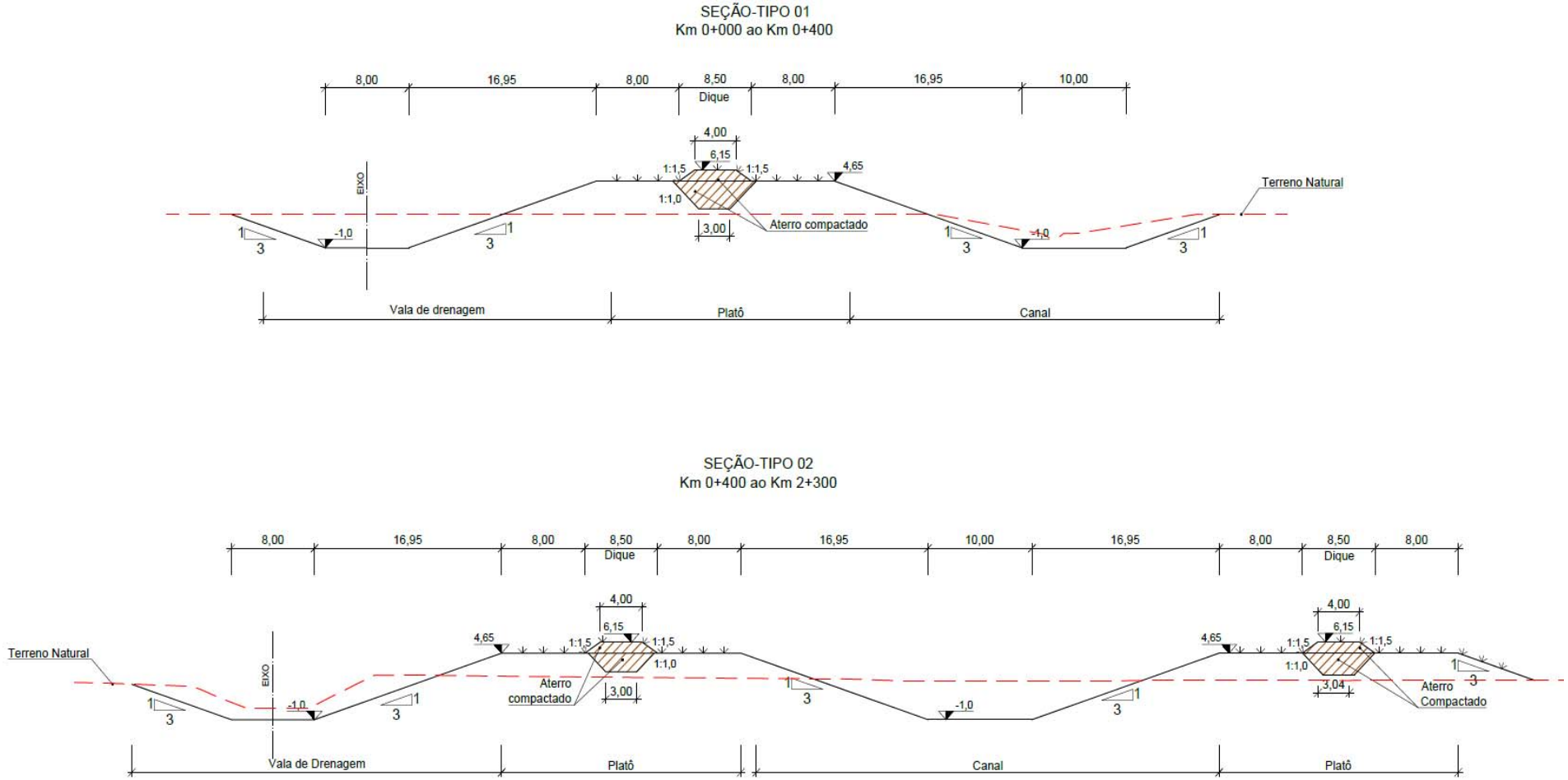


Figura 69 - Seção de canalização do Arroio Esteio, somente com dique da margem esquerda.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

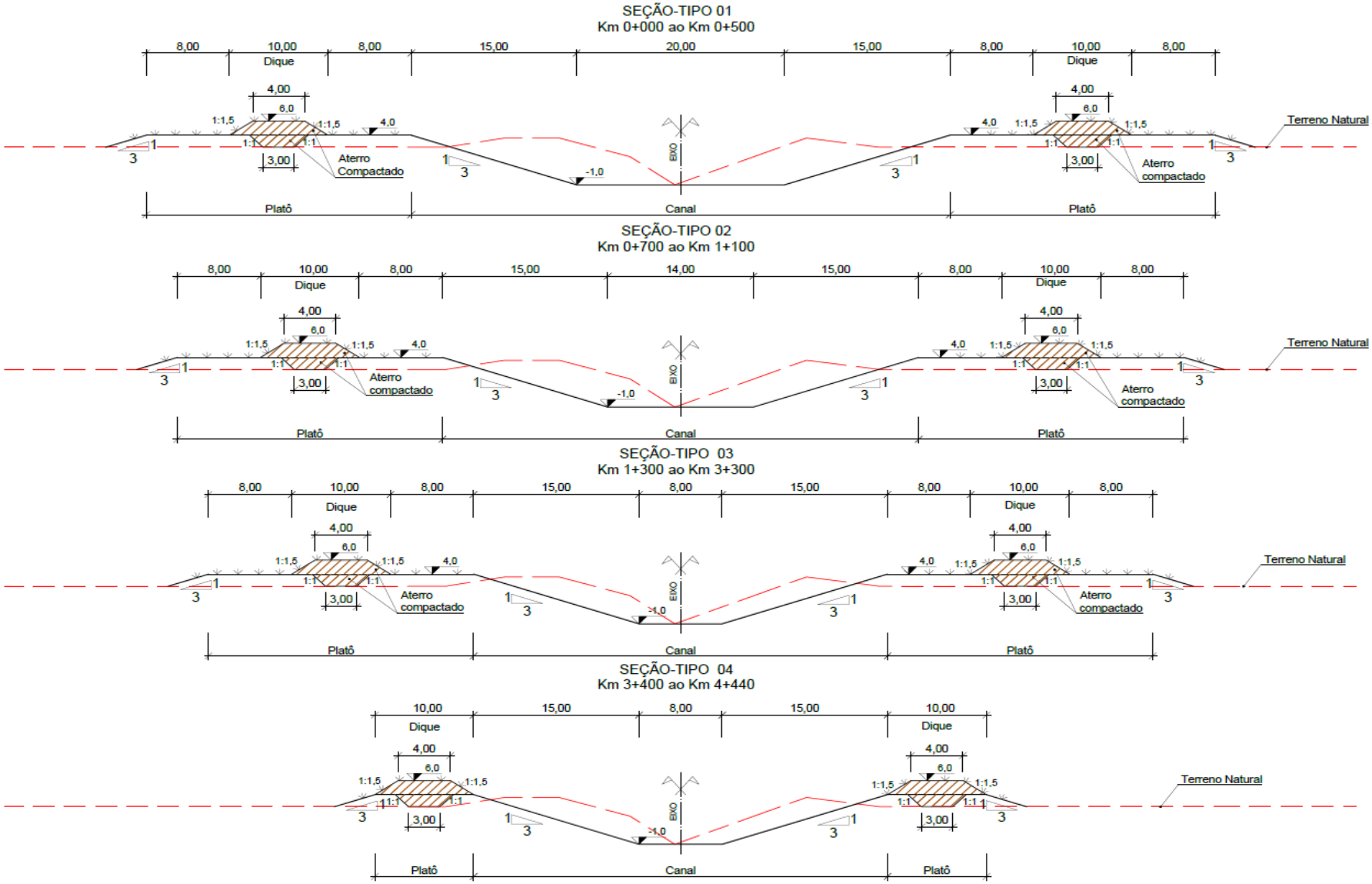


Figura 70 - Seções transversais da canalização do arroio Sapucaia, com diques laterais
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

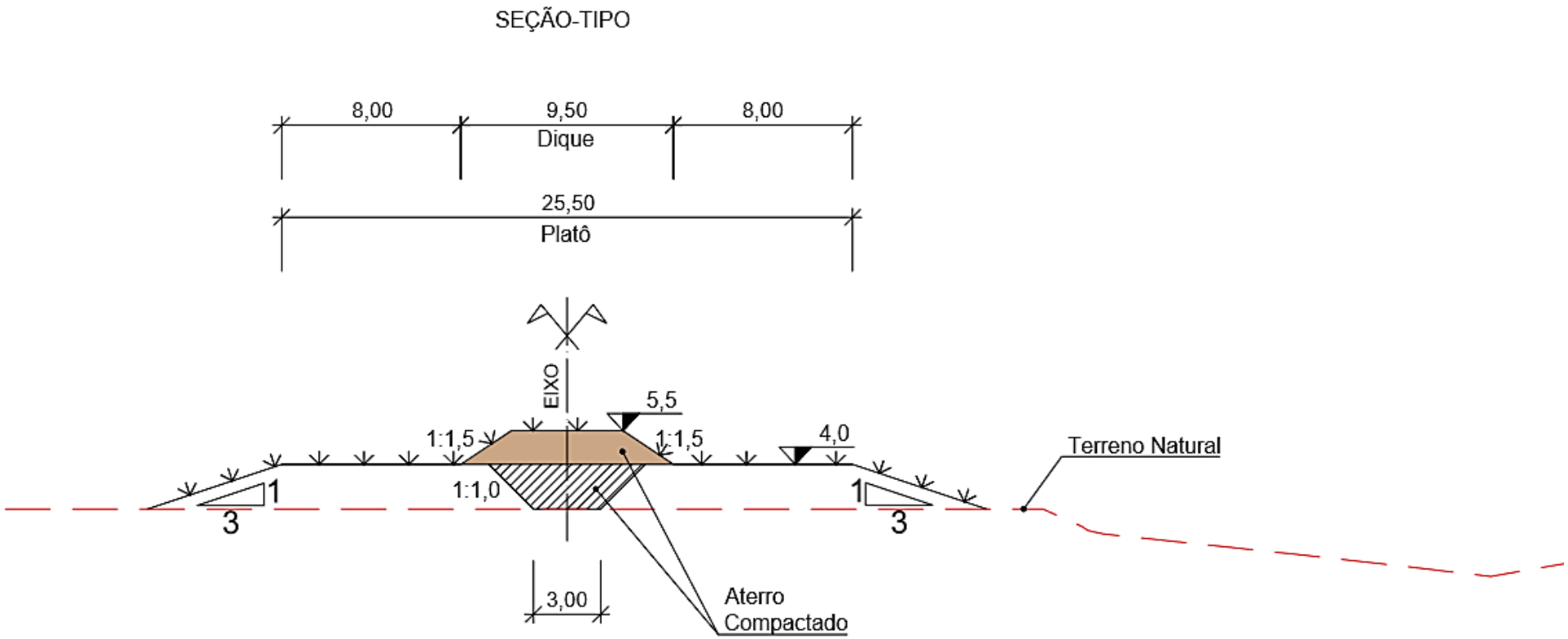


Figura 71 - Seção-tipo do dique Sul
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- **Quantitativos e métodos construtivos**

Os quantitativos e métodos construtivos das obras de terra do Dique sul, vala de drenagem junto a BR-448 são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Escavação e construção de bermas em solos moles;
- Construção das trincheiras centrais de vedação;
- Construção dos diques de vedação;
- Construção de vala e reaterro corta–dreno na berma da BR-448;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Canoas e Esteio - Alternativa B: Diques de proteção somente às áreas já ocupadas**

- **Localização e caracterização do problema**

A área em questão localiza-se a oeste dos municípios de Canoas e Esteio, se aproximando da foz do Rio dos Sinos em sua margem esquerda.

A região é cortada pelos arroios Sapucaia e Esteio, os quais também exigem que o sistema proteja as ocupações da região de suas cheias.

Os pôlderes propostos tem função de proteger as regiões já consolidadas na planície de inundação. São três sistemas distintos, dois no município de Esteio e um no município de Canoas.

O primeiro sistema (Dique Arroio Esteio + BR-448), mais ao norte, que protege a maior parte da população exposta aos eventos, pode ser implementado utilizando a rodovia BR-448, adaptando-a para que funcione como dique de proteção adicionando um dique na margem direita do arroio Esteio e complementando-a com um sistema de bombeamento composto por duas casas de bombas (EB nº 1 e 2).

O segundo sistema (Dique 01 + Dique MD Sapucaia) e menor sistema, protege uma região industrial na divisa com o município de Canoas. É complementado por uma casa de bombas (EB nº 3) e pelo dique na margem direita do Arroio Sapucaia.

Já o terceiro sistema, é composto por três maciços distintos (Dique ME Sapucaia, Dique 02 e Dique 03), aproveitando-se da topografia por onde passa. Protege uma região industrial e residencial. A proteção por diques de terra é complementada por três casas de bombas (EB nº 04, 05 e 06). A Figura 82 apresenta a localização das estruturas.

- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

A solução proposta consiste em diques nas cotas 6,00 m e um sistema de bombeamento composto pelas seguintes estações de bombeamento:

- EB 1: [2+1R] x 264 CV
- EB 2: [2+1R] x 250 CV
- EB 3: [2+1R] x 70 CV
- EB 4: [2+1R] x 86 CV
- EB 5: [2+1R] x 171 CV
- EB 6: [2+1R] x 278 CV

A localização das casas de bomba pode ser melhor visualizada nas peças gráficas do sistema, expostos nos anexos do Produto 12.

Obs.: [2+1R] x 264 = 2 bombas mais 1 bomba reserva de 264 CV cada.



Figura 72 - Dique em Canoas e Esteio protegendo as áreas já ocupadas da planíce de inundação
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

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

Assim como o já descrito na obra proposta no **Cenário 2A** para a região de Canoas e Esteio, as sondagens geotécnicas (SPT e CPTU) executadas ao longo da BR-448 mostraram a ocorrência de solos moles até 7,0 m de profundidade, seguindo-se uma camada argilosa medianamente compacta com espessura em torno de 2,0 m, a qual está assente sobre camada de areia fina a média pouco compacta.

A partir deste perfil geotécnico, parte das obras de terra foram concebidas com bermas laterais de estabilização, executando-se diques centrais em solo compactado até a cota 6,00 m.

Com esta concepção, a maior parte das obras é constituída por solos locais, os quais são escavados e lançados diretamente, sem operações intermediárias de transporte ou estocagem.

- **Plantas e seções-tipo das obras propostas**

  - **BR-448 Corta Dreno**
    Com vistas a evitar fluxo sob a BR-448 nos períodos de cheia, será executada uma vala corta-dreno na berma lateral a esta rodovia. Esta vala corta-dreno será construída por simples remoção e reaterro não compactado do material da berma, descartando-se o material arenoso do dreno.
    A seção hidráulica da vala de drenagem encontra-se indicada na Figura 76.

- **Canalização Arroio Esteio**
  A canalização do arroio Esteio, o qual se estende desde a BR-116 até a BR-448, prevê a execução de um dique lateral na margem direita até a cota 6,00 m, construídos em solo compactado e com bermas laterais de estabilização em solos moles lançados.
  Paralelamente e a norte do novo canal, será construída uma vala para drenagem da área urbana adjacente, a qual conduz as águas de drenagem para uma Casa de Bombas junto à BR-448.
  A seção-tipo desta obra encontra-se indicada na Figura 75.
- **Canalização Arroio Sapucaia**
  Da mesma forma, uma vez que o condicionamento geotécnico é o mesmo do arroio Esteio, a canalização do arroio Sapucaia prevê a execução de dois diques laterais de proteção até a cota 6,00 m, estes construídos em solo compactado e com bermas laterais de estabilização em solos moles lançados.
  A seção-tipo desta obra encontra-se indicada na Figura 74.
- **Diques 1, 2 e 3**
  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 desta obra encontra-se indicada na Figura 73.

- **Quantitativos e métodos construtivos**

Os quantitativos e métodos construtivos das obras de terra são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Escavação e construção de bermas em solos moles;
- Construção das trincheiras centrais de vedação;
- Construção dos diques de vedação;
- Construção de vala e reaterro corta–dreno na berma da BR-448;
- Hidrossemeadura dos aterros.

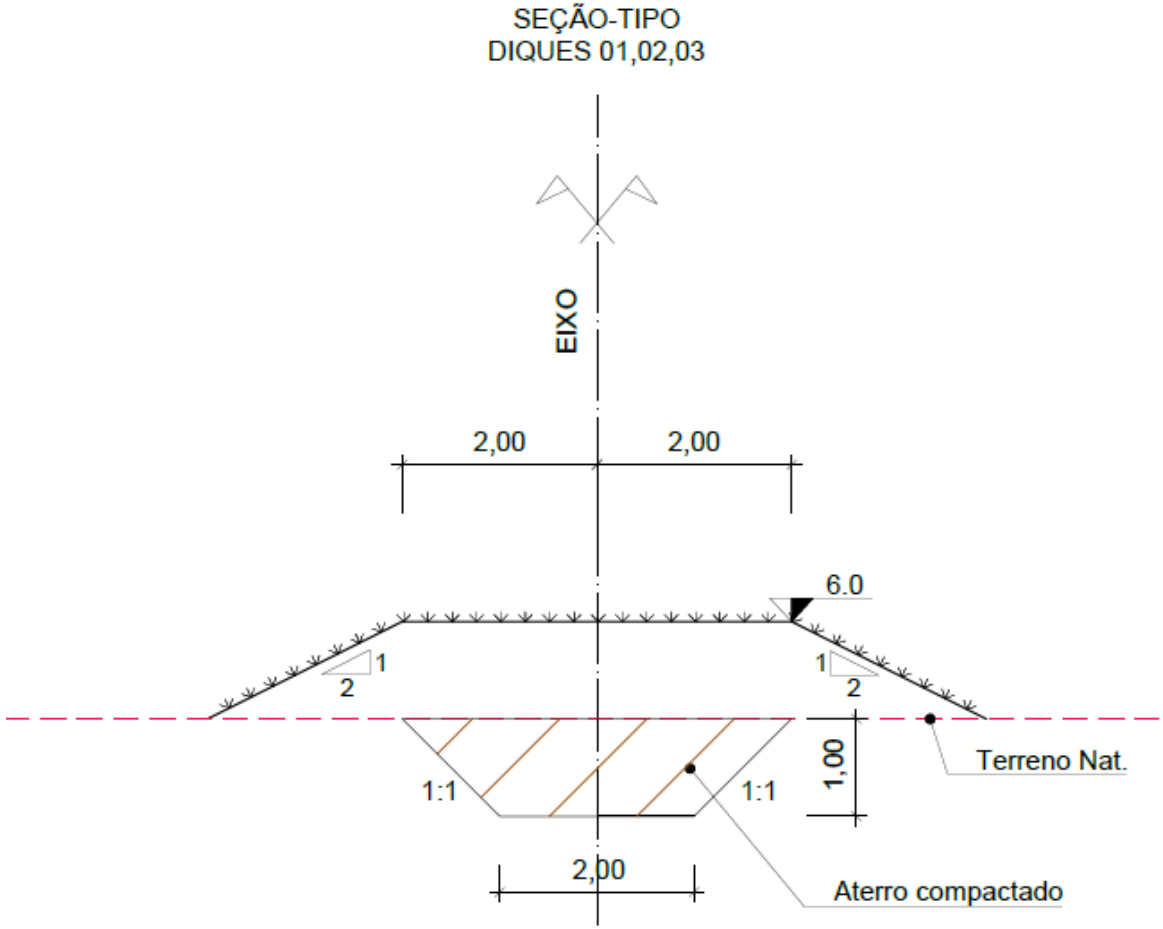


Figura 73 - Seção-tipo dos diques 1, 2 e 3 de proteção em Canoas e Esteio C2B.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

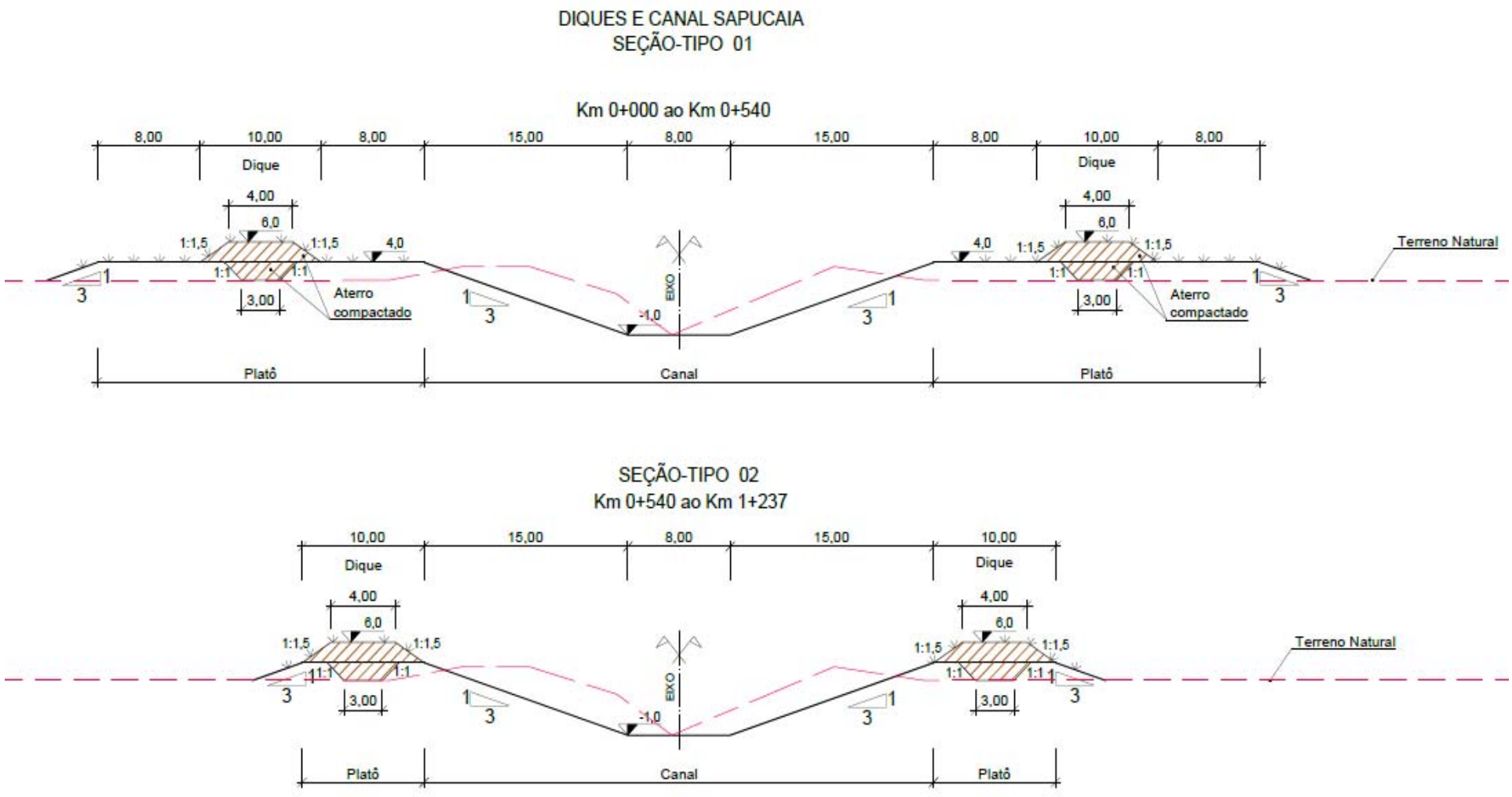


Figura 74 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Sapucaia C2B.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

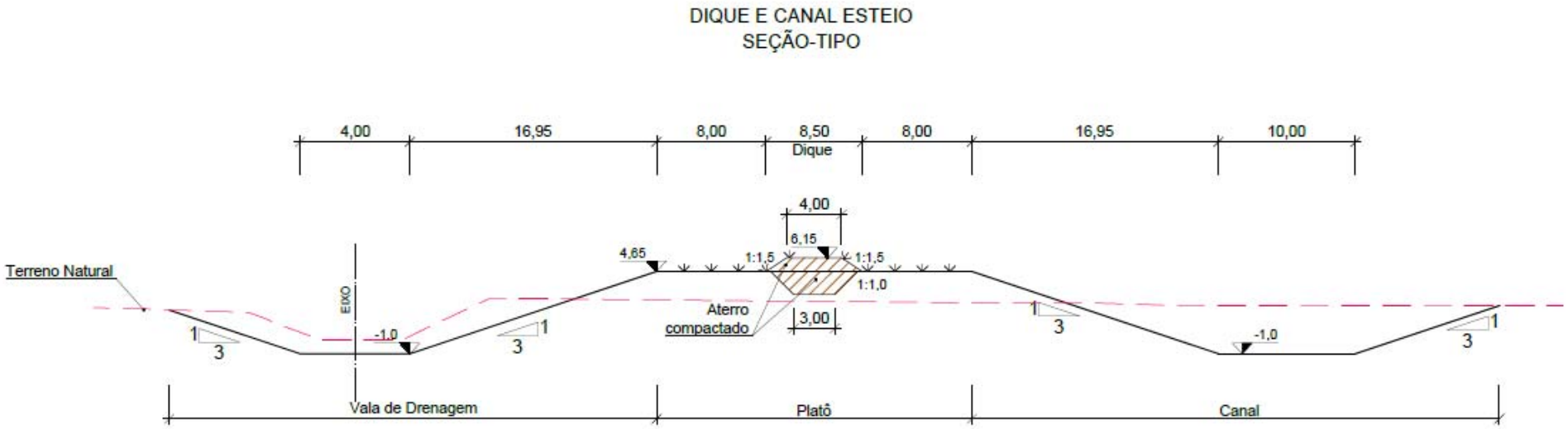


Figura 75 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Esteio C2B.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

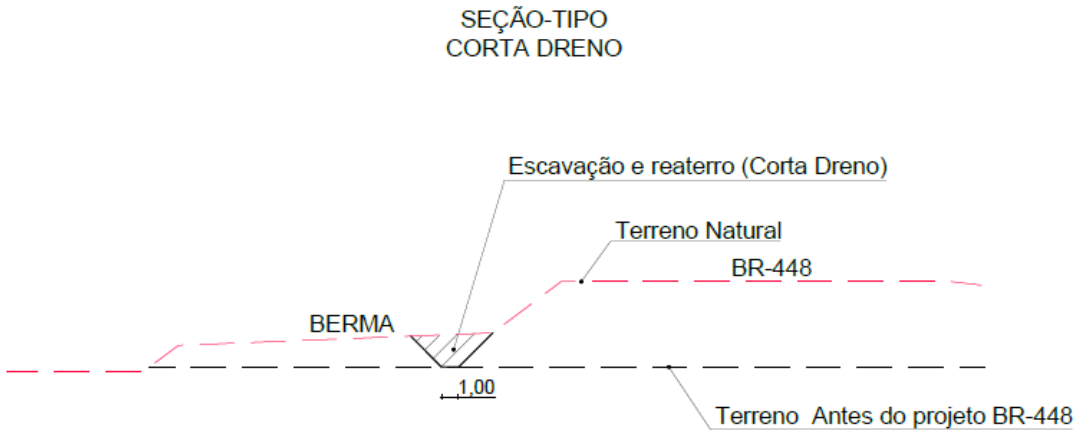


Figura 76 - Seção-tipo do corta-dreno junto à BR-448 no trecho de Esteio.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- ✓ **Canoas e Esteio - Alternativa C: Diques de proteção no eixo da Ferrovia**

- **Localização e caracterização do problema**

Assim como as alternativas A e B, a alternativa C localiza-se na área a oeste dos municípios de Canoas e Esteio, se aproximando da foz do Rio dos Sinos em sua margem esquerda.

A região é cortada pelos arroios Sapucaia e Esteio, os quais também exigem que o sistema proteja as ocupações da região de suas cheias.

Os pôlderes propostos tem função de proteger não só as regiões já consolidadas na planície de inundação, mas também áreas a oeste das ocupações até a linha férrea.

São quatro sistemas distintos, dois no município de Esteio e dois no município de Canoas.

O primeiro sistema (Dique Arroio Esteio + BR-448), mais ao norte, que protege a maior parte da população exposta aos eventos, pode ser implementado utilizando a rodovia BR-448, adaptando-a para que funcione como dique de proteção adicionando um dique na margem direita do arroio Esteio e complementando-a com um sistema de bombeamento composto por duas casas de bombas (EB nº 1 e 2). É a mesma concepção da alternativa B.

O segundo e menor sistema (Dique 01 + Dique ME Esteio + Dique MD Sapucaia), protege uma região industrial na divisa com o município de Canoas, incluindo áreas de expansão. É complementado por uma casa de bombas (EB nº 3).

O terceiro sistema, é composto por três maciços distintos (Dique ME Sapucaia + Diques 02 + Dique 03), aproveitando-se da topografia por onde passa, sendo interceptado por um dos ramais da linha férrea.

Protege uma região parcialmente industrial e residencial, incluindo o pátio de manobras férreo.

A proteção por diques de terra é complementada por duas casas de bombas (EB nº 04 e 05).

Por último, o quarto sistema (Dique 04) protege também uma região de expansão urbana e uma área consolidada por glebas industriais e residenciais.

É complementado por uma casa de bombas (EB nº 06). A Figura 82 apresenta a localização das estruturas.

- **Análise hidráulica da alternativa de intervenção**

A solução proposta consiste em diques nas cotas 6,00 m e um sistema de bombeamento composto pelas seguintes estações de bombeamento:

  - EB 1: [2+1R] x 264 CV
  - EB 2: [2+1R] x 250 CV
  - EB 3: [2+1R] x 236 CV
  - EB 4: [2+1R] x 334 CV
  - EB 5: [2+1R] x 361 CV
  - EB 6: [2+1R] x 403 CV

A localização das casas de bomba pode ser melhor visualizada nas peças gráficas do sistema, expostos nos anexos do Produto 12.

Obs.: [2+1R] x 264 = 2 bombas mais 1 bomba reserva de 264 CV cada.



Figura 77 - Dique em Canoas e Esteio protegendo áreas já ocupadas no eixo da ferrovia.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

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

Assim como o já descrito na obra proposta no **Cenário 2**A e 2B para a região de Canoas e Esteio, as sondagens geotécnicas (SPT e CPTU) executadas ao longo da BR-448 mostraram a ocorrência de solos moles até 7,0 m de profundidade, seguindo-se uma camada argilosa medianamente compacta com espessura em torno de 2,0 m, a qual está assente sobre camada de areia fina a média pouco compacta.

A partir deste perfil geotécnico, as obras de terra foram concebidas com bermas laterais de estabilização, executando-se diques centrais em solo compactado até a cota 6,00 m.

Com esta concepção, a maior parte das obras é constituída por solos locais, os quais são escavados e lançados diretamente, sem operações intermediárias de transporte ou estocagem.

- **Plantas e seções-tipo das obras propostas**

  - **BR-448 Corta Dreno**

    Com vistas a evitar fluxo sob a BR-448 nos períodos de cheia, será executada uma vala corta-dreno na berma lateral a esta rodovia.

    Esta vala corta-dreno será construída por simples remoção e reaterro não compactado do material da berma, descartando-se o material arenoso do dreno.

    A seção hidráulica da vala de drenagem encontra-se indicada na Figura 81.

- **Canalização Arroio Esteio**
  A canalização do arroio Esteio, o qual se estende desde a BR-116 até a BR-448 na margem direita e até a ferrovia na margem esquerda, prevê a execução de diques laterais em ambas as margens até a cota 6,00 m, construídos em solo compactado e com bermas laterais de estabilização em solos moles lançados.
  Paralelamente e a norte do novo canal, será construída uma vala para drenagem da área urbana adjacente, a qual conduz as águas de drenagem para uma Casa de Bombas junto à BR-448.
  A seção-tipo desta obra encontra-se indicada na Figura 80.
- **Canalização Arroio Sapucaia**
  Da mesma forma, uma vez que o condicionamento geotécnico é o mesmo do arroio Esteio, a canalização do arroio Sapucaia prevê a execução de dois diques laterais de proteção até a cota 6,00 m, estes construídos em solo compactado e com bermas laterais de estabilização em solos moles lançados.
  A seção-tipo desta obra encontra-se indicada na Figura 79.
- **Diques 1, 2, 3 e 4**
  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 desta obra encontra-se indicada na Figura 78.

- **Quantitativos e métodos construtivos**

Os quantitativos e métodos construtivos das obras de terra são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Escavação e construção de bermas em solos moles;
- Construção das trincheiras centrais de vedação;
- Construção dos diques de vedação;
- Construção de vala e reaterro corta–dreno na berma da BR-448;
- Hidrossemeadura dos aterros.

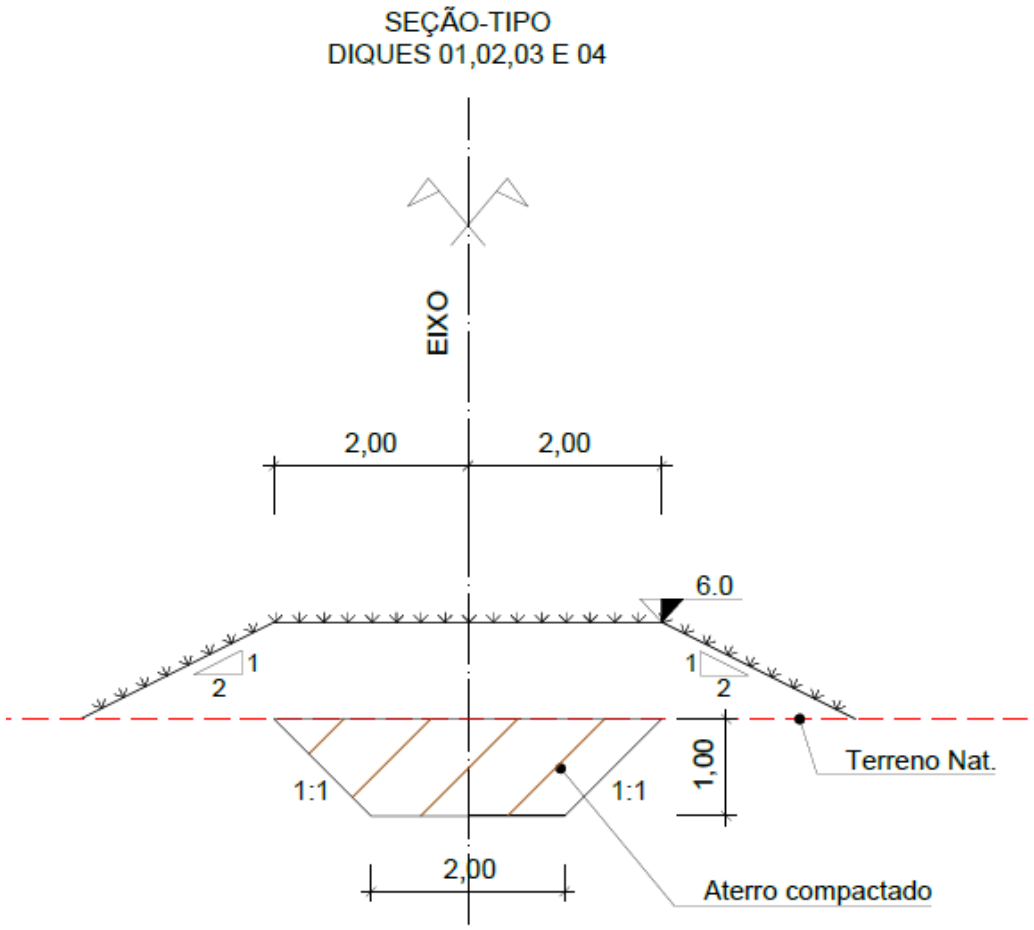


Figura 78 - Seção-tipo dos diques 1, 2, 3 e 4 de proteção em Canoas e Esteio C2C.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

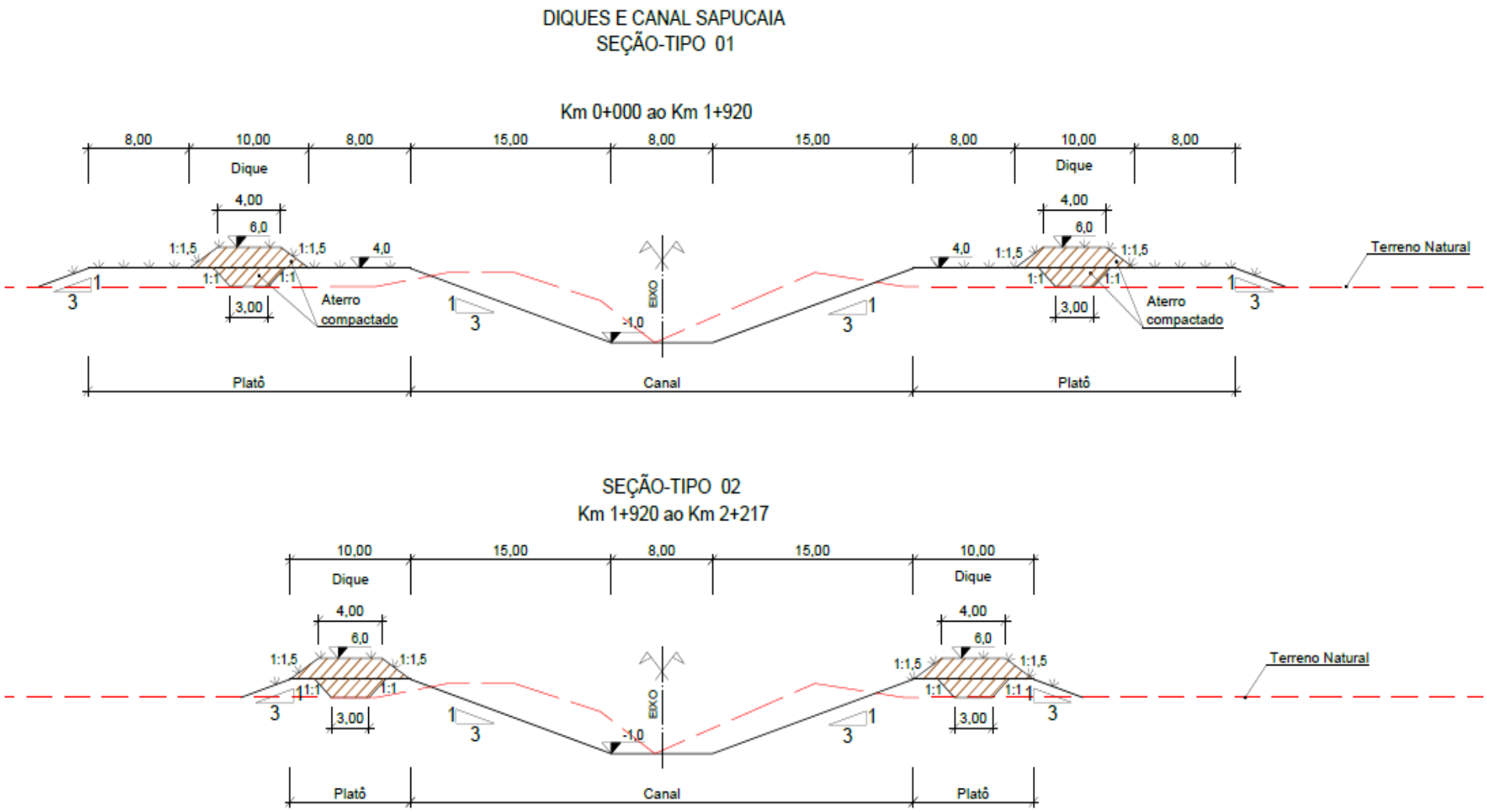


Figura 79 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Sapucaia C2C.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

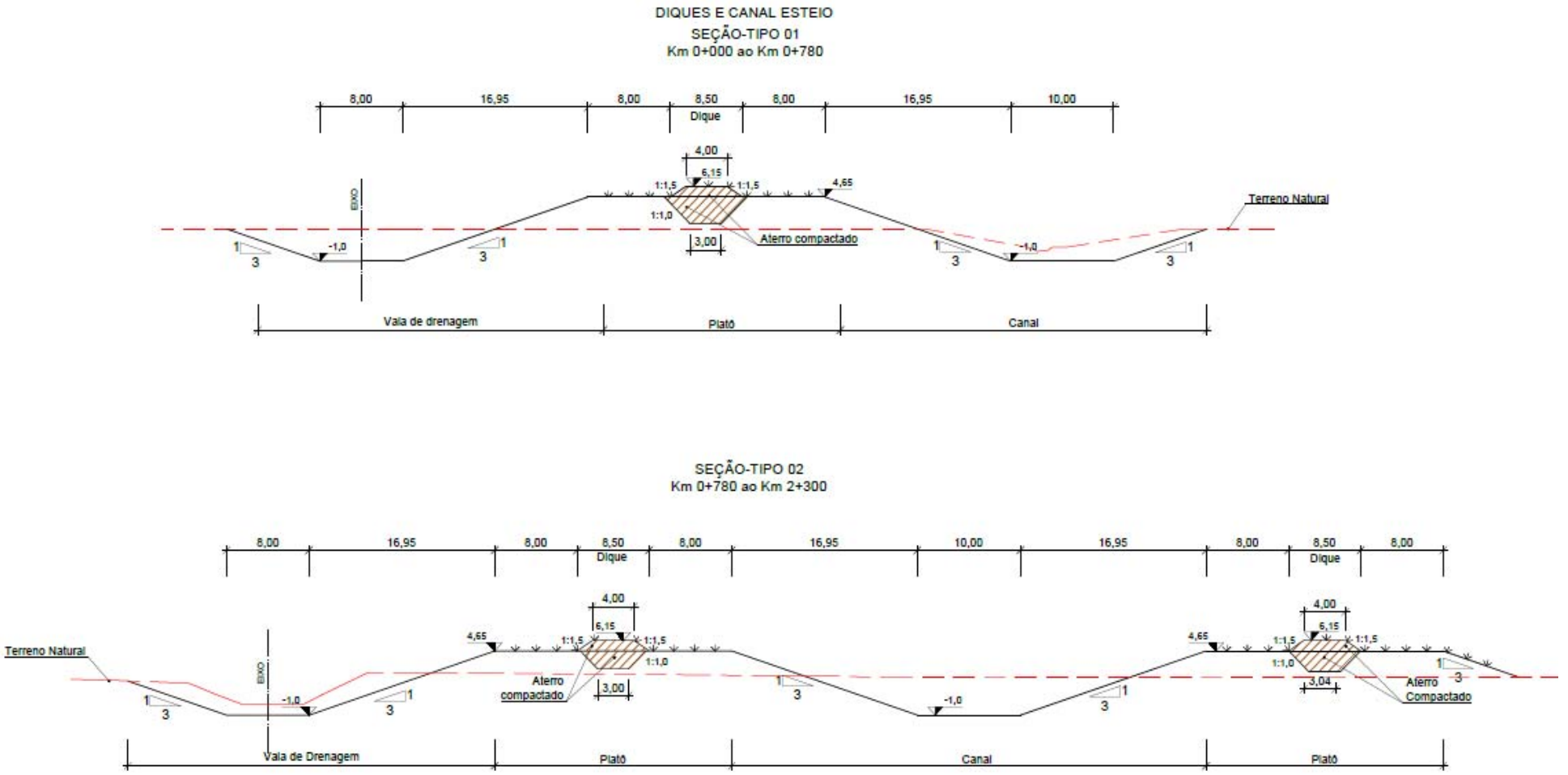


Figura 80 - Seção-tipo do dique de proteção Arroio Esteio C2C.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

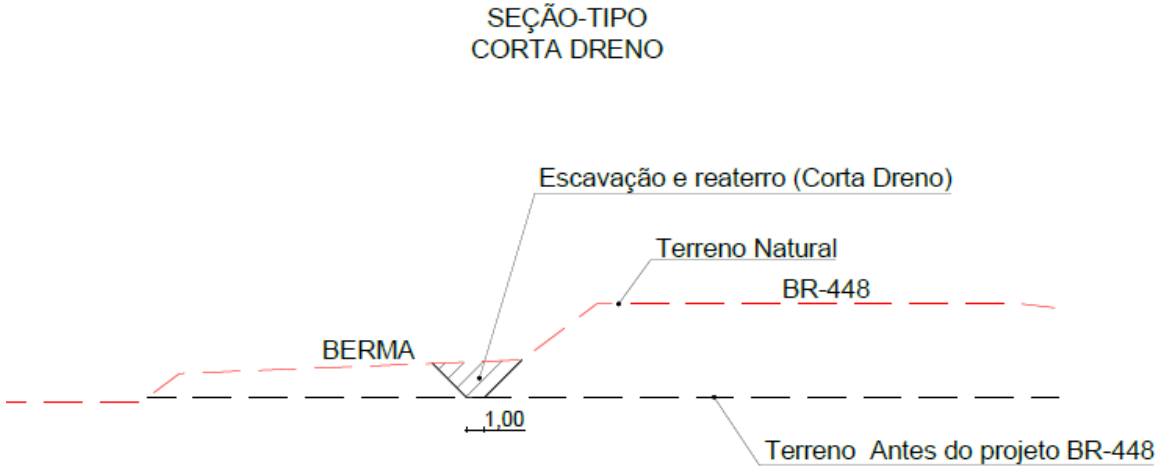


Figura 81 - Seção-tipo do corta-dreno junto à BR-448 no trecho de Esteio.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- ✓ **Obras dos Diques de Proteção no Rio dos Sinos em Nova Santa Rita**

A área em questão localiza-se a leste do município de Nova Santa Rita, se aproximando da foz do Rio dos Sinos em sua margem direita.

O dique se estende da BR-386 mais ao norte até o final da área urbana do município ao sul perfazendo 1,7 km.

Dado que o trecho de rio onde a obra está localizada tem a topografia mais encaixada, o fato de realizar a constrição de eventos de cheias mais extremos através da obra aumenta as velocidades no trecho e por isso, os primeiros 600 m de obra devem ter o talude protegido por camada de proteção.

Além disso, observou-se a elevação do nível no trecho de até 15 cm em comparação a não implantação da obra para o **TR 100** .

A proteção por diques de terra é complementada por sistema de bombeamento para realizar a drenagem local durante os eventos de cheias. A Figura 82 apresenta a localização das estruturas.

A solução proposta consiste em um dique na cota 5,50 m e um sistema de bombeamento localizado na parte mais ao sul da área protegida.

A estação de bombeamento é composta por 5 bombas mais 2 reservas com 450 CV cada.

O dique proposto deve ter seu talude interno ao Rio dos Sinos protegido devido às velocidades mais altas nos primeiros 600 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.

Os primeiros 600 m de obra terão o seu talude interno ao rio protegido por uma camada de 30 cm de colchão reno, sobreposta a uma camada intermediária de material de transição.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Instalação de Colchão Reno;
- Hidrossemeadura dos aterros.



Figura 82 - Dique em Nova Santa Rita na margem direita do Rio
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- ✓ **Obras dos Diques de Proteção no Rio dos Sinos em Sapucaia do Sul**

A área em questão localiza-se a oeste do município de Sapucaia do Sul, na planície de inundação do Rio dos Sinos em sua margem esquerda.

São propostos dois diques, um mais ao norte, protegendo uma área menor e mais próximo à calha do rio todo em terra e outro mais ao sul próximo à margem direita da foz do Arroio José Joaquim, circundando uma área mais extensa, composto por dique em terra e muro de concreto. Ambas as áreas são ocupadas essencialmente por residências.

A proteção por diques de terra e muros de concreto é complementada por sistema de bombeamento para realizar a drenagem local durante os eventos de cheias.

A Figura 83 apresenta a localização das estruturas.

A solução proposta ao norte consiste em um dique na cota 6,25 m e um sistema de bombeamento localizado na parte mais ao sul da área protegida junto a um canal de drenagem existente na região.

A estação de bombeamento é composta por duas bombas mais uma reserva com potência de 41 CV.

O pôlder na região mais ao sul é circundado em todo seu perímetro por diques na cota 7,50 m e quando o terreno tem elevação superior à 7,50 m o muro de proteção deve ter 0,50 m de altura, contando com uma casa de bombas.

A estação de bombeamento é composta por quatro bombas mais duas reservas com potência de 116 CV cada.

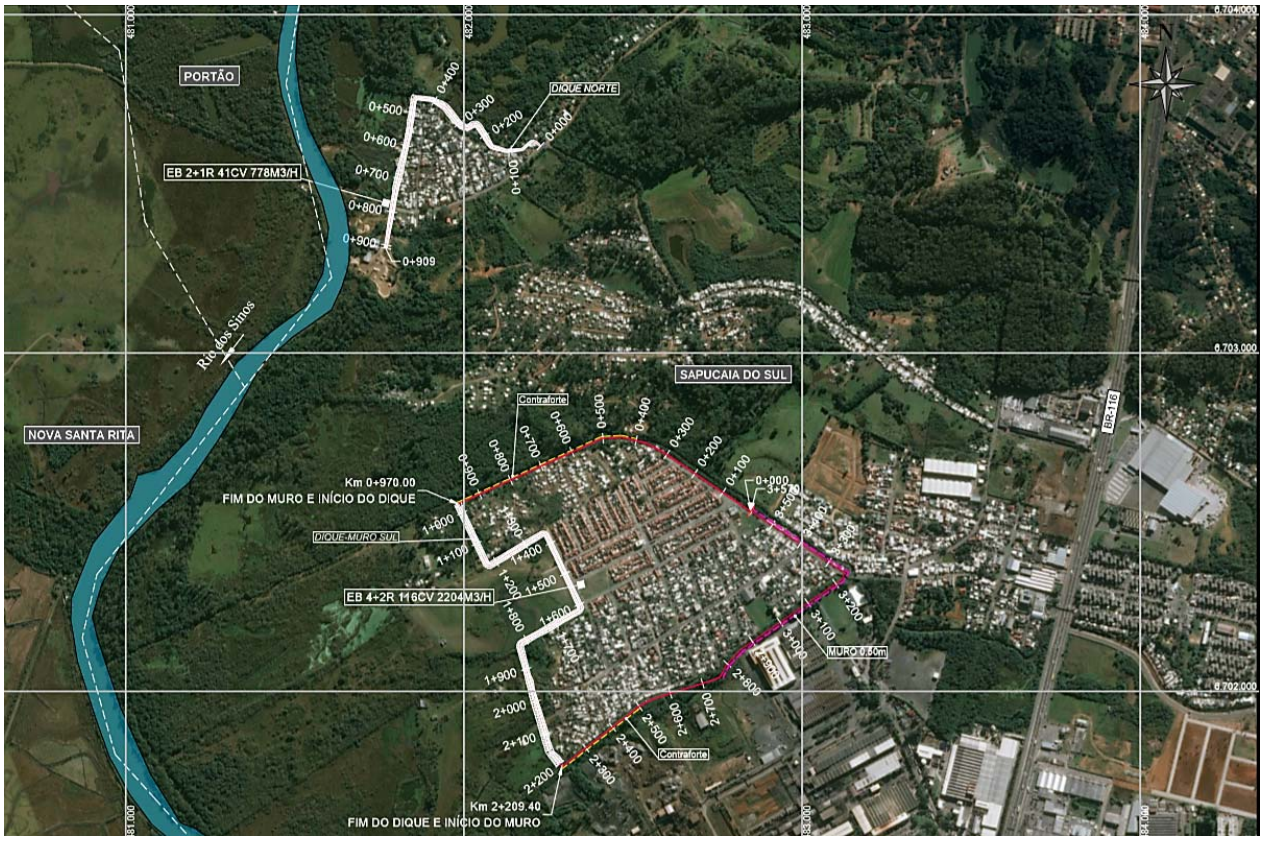


Figura 83 - Dique em Sapucaia do Sul na margem esquerda do Rio
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A seção-tipo das obras em 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.

O muro de concreto armado proposto é estruturado por vigas e estaqueamento em adição a contrafortes que atuarão quando o muro estiver submetido aos esforços de empuxo dos eventos de cheias.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Construção do muro de concreto;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Obras dos Diques de Proteção de São Leopoldo - Arroio Cerquinha**

A área em questão localiza-se próxima do centro urbano de São Leopoldo, na foz do Arroio Cerquinha junto ao rio dos Sinos.

O problema a ser resolvido nessa região é causado primariamente pelo remanso do Rio dos Sinos no Arroio Cerquinha.

Dado que os eventos de cheias ocorrem tanto no Arroio Cerquinha quanto no Rio dos Sinos com determinada correlação, a solução proposta deve ser integrada para que atenda os eventos em ambos cursos d'água, ou a combinação dos dois.

Portanto, a solução não se restringe ao remanso do Rio dos Sinos no Cerquinha, sendo integrada às áreas inundáveis pelo próprio Cerquinha.

Na margem direita e esquerda do Arroio Cerquinha já existem diques, cujas cotas de coroamento não satisfazem o **TR 100** .

Além disso, na margem direita já existe uma casa de bombas complementando o sistema de proteção. Tal sistema de bombeamento deve se manter inalterado.

A área de intervenção já é protegida por sistema de diques, desta forma não é necessária a construção de novas estruturas de diques ou bombeamento.

De toda forma, a cota da estrutura é insuficiente para proteger com segurança suficiente os níveis de cheias de **TR 100**.

Propõe-se assim que a proteção do dique seja elevada em 25 cm para atender a borda livre mínima para tal estrutura.

Não é necessária a construção de sistema de bombeamento na margem esquerda.

A Figura 84 apresenta a localização das estruturas.



Figura 84 – Dique no Arroio Cerquinha.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio dos Sinos e do Arroio Cerquinha, o que é alcançado elevando-se a altura dos diques existente.

A seção-tipo da elevação 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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Elevação dos diques de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Obras do Dique de Proteção de São Leopoldo - Bairro Feitoria**

A área em questão localiza-se em São Leopoldo no Bairro Feitoria na margem esquerda do Rio dos Sinos. O problema a ser resolvido nessa região é causado pela cheia do Rio dos Sinos.

O dique proposto inicia na Av. Imperatriz Leopoldina na esquina com a Rua Olentino Vargas Câmara, seguindo em sentido norte de forma a proteger o bairro que se prolonga até as margens da calha principal.

Ao encontrar com o leito do rio segue no sentido leste, paralelo a Rua Eugênio Emílio Daudt até o final do bairro.

A solução proposta consiste em um dique na cota 8,00 m e um sistema de bombeamento localizado na parte mais ao norte da área protegida.

A estrutura do dique proposto impõe uma restrição à drenagem normal da área protegida para os cursos d'água.

Desta forma é proposta uma estação de bombeamento junto à parte mais ao norte da área protegida.

O complemento do sistema de drenagem se dará por 2 sistemas de Estação de Bombeamento.

- EB1 = 3+2R * 40CV (três bombas mais duas reservas cada com 400 CV de potência)
- EB2 = 3+1R * 400CV (três bombas mais uma reserva cada com 400 CV de potência)

A Figura 85 apresenta a localização das estruturas.



Figura 85 - Dique no bairro Feitoria em São Leopolo e sistema de bombeamento
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio dos Sinos, o que é alcançado elevando-se um novo dique até a cota 8,00 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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12. As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Obras do Dique de Proteção no Rio dos Sinos em Novo Hamburgo - Lomba Grande**

A área em questão localiza-se a leste do município de Novo Hamburgo, na planície de inundação do Rio dos Sinos em sua margem esquerda em região menos conurbada.

É proposto uma proteção que inicia e termina junto a Estrada Leopoldo circundando o bairro Lomba Grande. O sistema de proteção será composto por dique em terra e muro de concreto.

A proteção por diques de terra e muros de concreto é complementada por sistema de bombeamento para realizar a drenagem local durante os eventos de cheias.

A solução proposta consiste em um dique na cota 8,00 m e um sistema de bombeamento localizado na parte mais ao norte da área protegida. A estação de bombeamento é composta por três bombas mais uma reserva com potência de 21 CV.

A seção-tipo das obras em 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.

O muro de concreto armado proposto é estruturado por vigas e estaqueamento em adição a contrafortes que atuarão quando o muro estiver submetido aos esforços de empuxo dos eventos de cheias.

A Figura 86 apresenta a localização das estruturas.



Figura 86 – Dique em Novo Hamburgo / Lomba Grande na margem esquerda do Rio
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Construção do muro de concreto;
- Hidrossemeadura dos aterros.

- ✓ **Obras do Dique de Proteção de Campo Bom - Bairro** N

O dique em questão tem o propósito de proteger uma área residência do Bairro N de Campo Bom. O seu eixo se inicia no cruzamento da R. Mal. Floriano com a R. das Flores seguindo no sentido sudoeste margeando o lado direito do Rio dos Sinos e termina após o cruzamento com a R. Olívia K. Gerhardt.

O problema a ser resolvido nessa região é causado pela cheia do Rio dos Sinos. A Figura 87 apresenta a localização das estruturas.

A solução proposta consiste em um dique na cota 8,50 m e um sistema de bombeamento composto de duas casas de bombas.

A estrutura do dique proposto impõe uma restrição à drenagem normal da área protegida para os cursos d'água.

Desta forma é proposta uma estação de bombeamento junto à parte mais ao sul da área protegida, drenando o lago existente e, ao mesmo tempo, o usando como reservatório de amortecimento.

Uma das estações de bombeamento deverá possuir uma bomba de 11 CV mais uma reserva ([1+1R] * 11 CV) e a outra estação de bombeamento deverá possuir uma bomba de 38 CV mais uma reserva ([1+1R] * 38 CV).



Figura 87 - Dique no Bairro N em Campo Bom e sistema de bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio dos Sinos, o que é alcançado elevando-se um novo dique até a cota 8,50 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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Construção do muro de concreto;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Obras do Dique de Proteção de Campo Bom - Foz do Arroio Schmidt**

A área em questão localiza-se entre a Avenida dos Municípios e o rio dos Sinos no lado esquerdo da Foz do Arroio Schmidt.

O problema a ser resolvido nessa região é causado primariamente pela cheia do Rio dos Sinos e pelo remanso causado no Arroio Schmidt.

Dado que os eventos de cheias ocorrem tanto no Arroio Schmidt quanto no Rio dos Sinos com determinada correlação, a solução proposta deve ser integrada para que atenda os eventos em ambos cursos d'água, ou a combinação dos dois.

Portanto, a solução não se restringe ao remanso do Rio dos Sinos no Schmidt, sendo integrada às áreas inundáveis pelo próprio Schmidt.

A solução proposta consiste em um dique na cota 8,80 m e um sistema de bombeamento localizado na parte mais ao sul da área protegida.

O dique proposto será separado pela estrutura da ponte da Avenida dos Estados sobre o Arroio Schmidt à qual as obras de terra deverão fazer o encontro estrutural.

A estrutura do dique proposto impõe uma restrição à drenagem normal da área protegida para os cursos d'água.

Desta forma é proposta uma estação de bombeamento junto à parte mais ao sul da área protegida, drenando o lago existente e, ao mesmo tempo, o usando como reservatório de amortecimento.

A Estação de Bombeamento deverá drenar uma área de 19 hectares e possuir duas bombas de 206 CV mais uma reserva ([2+1R] * 206 CV).

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio dos Sinos e do Arroio Schmidt, o que é alcançado elevando-se um novo dique até a cota 8,80 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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

A Figura 88 apresenta a localização das estruturas.



Figura 88 – Dique junto à foz do Arroio Schmidt e sistema de bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A concepção das obras tem como objetivo a diminuição da exposição ao risco de eventos de cheias do Rio dos Sinos e do Arroio Schmidt, o que é alcançado elevando-se um novo dique até a cota 8,80 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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais Médio Sinos - Cenário 2**

São analisadas e propostas intervenções estruturais no médio Sinos em diferentes locais.

São propostas duas alternativas para o **Cenário 2** na região de Igrejinha.

As intervenções são descritas abaixo por região.

- Dique ao Norte do município de Três Coroas na confluência do Arroio Angabei com o Rio Paranhana nas margens direita do Paranhana e esquerda do Angabei. Localizados ao Sul do bairro Sander.
- Alternativa C2-MS-A Igrejinha (proteção apenas na margem esquerda)
- Dique ao Norte do município de Igrejinha, na margem esquerda do Rio Paranhana. Localizado à Oeste do Bairro Moinho.
- Dique ao centro do município de Igrejinha, mais a jusante do dique anteriormente citado, protege o Centro do município e o bairro 15 de Novembro.
- Alternativa C2-MS-B Igrejinha (proteção em ambas as margens)
- Diques de terra e muros de concreto na margem esquerda do Rio Paranhana no município de Igrejinha.
- Diques de terra e muros de concreto na margem direita do Rio Paranhana no município de Igrejinha.

A alternativa A do **Cenário 2** do Médio Sinos é mais conservadora e menos extensiva no quesito estrutural, propondo menos intervenções estruturais, uma vez que a extensão dos diques necessários nessa região são grandes, portanto, se imaginou compor as alternativas estruturais (diques) e não-estruturais (zoneamento e desapropriação) de forma mais balanceada.

As intervenções propostas visam minimizar a exposição ao risco de cheias das populações que habitam essas regiões.

Analisou-se o impacto de tais intervenções a regiões vizinhas, para que não houvesse externalidades fora dos limites aceitáveis de altura da lâmina d'água nas cheias e de expansão das áreas inundáveis.

Todas as intervenções propostas têm a sua localização indicada na Figura 89.

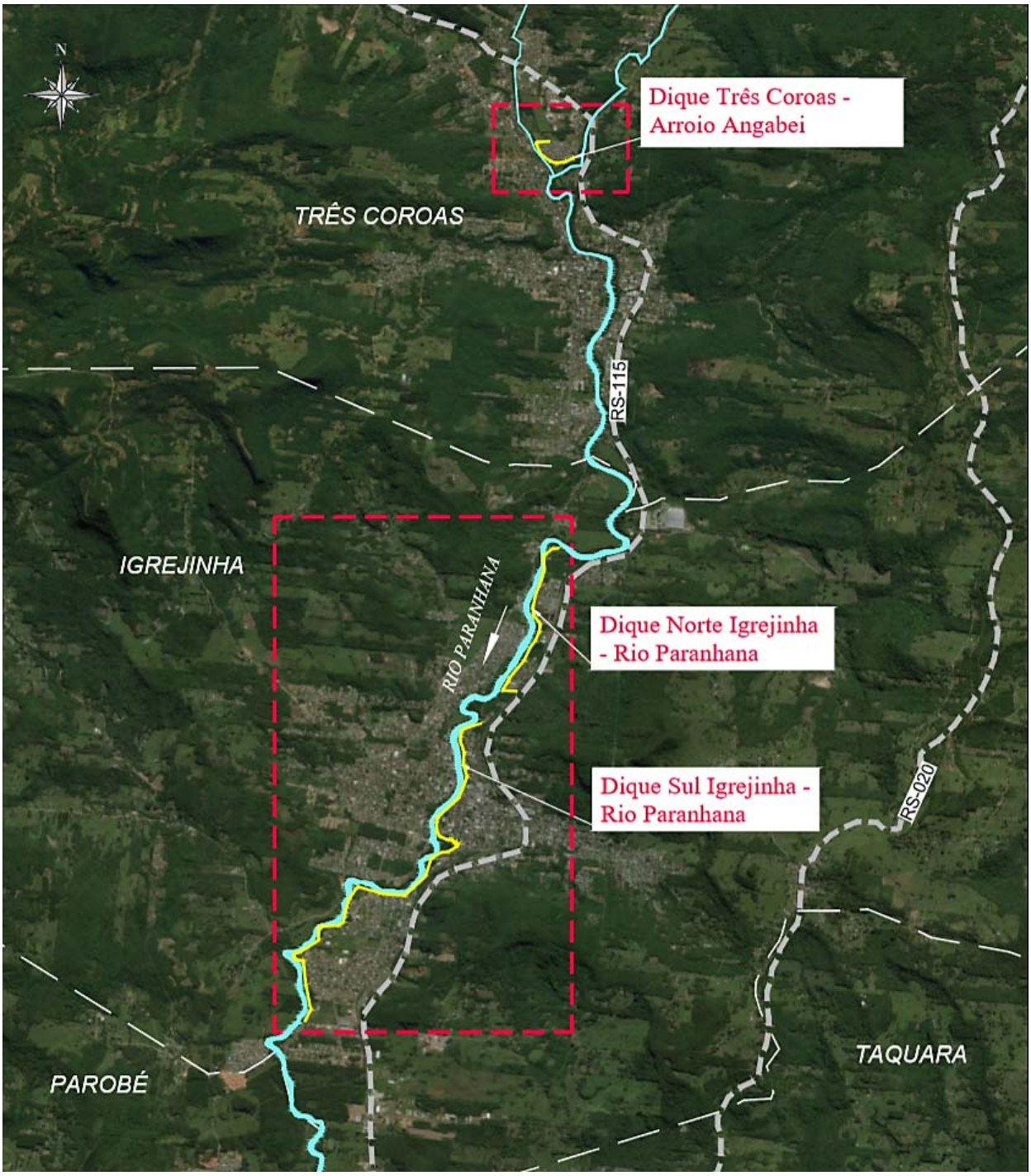


Figura 89 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Médio Sinos C2A
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Já a Alternativa B do **Cenário 2** do Médio Sinos é menos conservadora e mais extensiva estruturalmente que a Alternativa A, propondo proteção por diques basicamente em todas as áreas com risco de inundações.

Por ser mais extensiva estruturalmente, passa a canalizar de forma mais acentuada as vazões de cheias que passam no Rio Paranhana, principalmente no trecho de Igrejinha.

Nessa alternativa, as velocidades são intensificadas, portanto as obras são propostas de forma a permitir esse escoamento, sem que haja deterioração do leito do rio e das obras propostas.

Devido o alto grau de urbanização da região, foi necessária a composição de obras de terra nas áreas com mais área para implantação da proteção e obras de concreto, onde há menores áreas de implantação das proteções.

Em comparação à Alternativa A, o custo de obras se eleva, no entanto o custo com desapropriações diminui.

Essas comparações são realizadas com detalhe nos orçamentos apresentados no Produto 12.

Conforme todos os outros cenários, as intervenções propostas visam minimizar a exposição ao risco de cheias das populações que habitam essas regiões.

Também de forma análoga aos outro cenário, analisou-se o impacto das intervenções às regiões vizinhas, para que não houvesse externalidades fora dos limites aceitáveis de altura da lâmina d'água nas cheias e de expansão das áreas inundáveis.

Todas as intervenções propostas, cuja análise, seções-tipo, quantitativos e métodos construtivos são apresentados a seguir, têm a sua localização indicada na Figura 90.

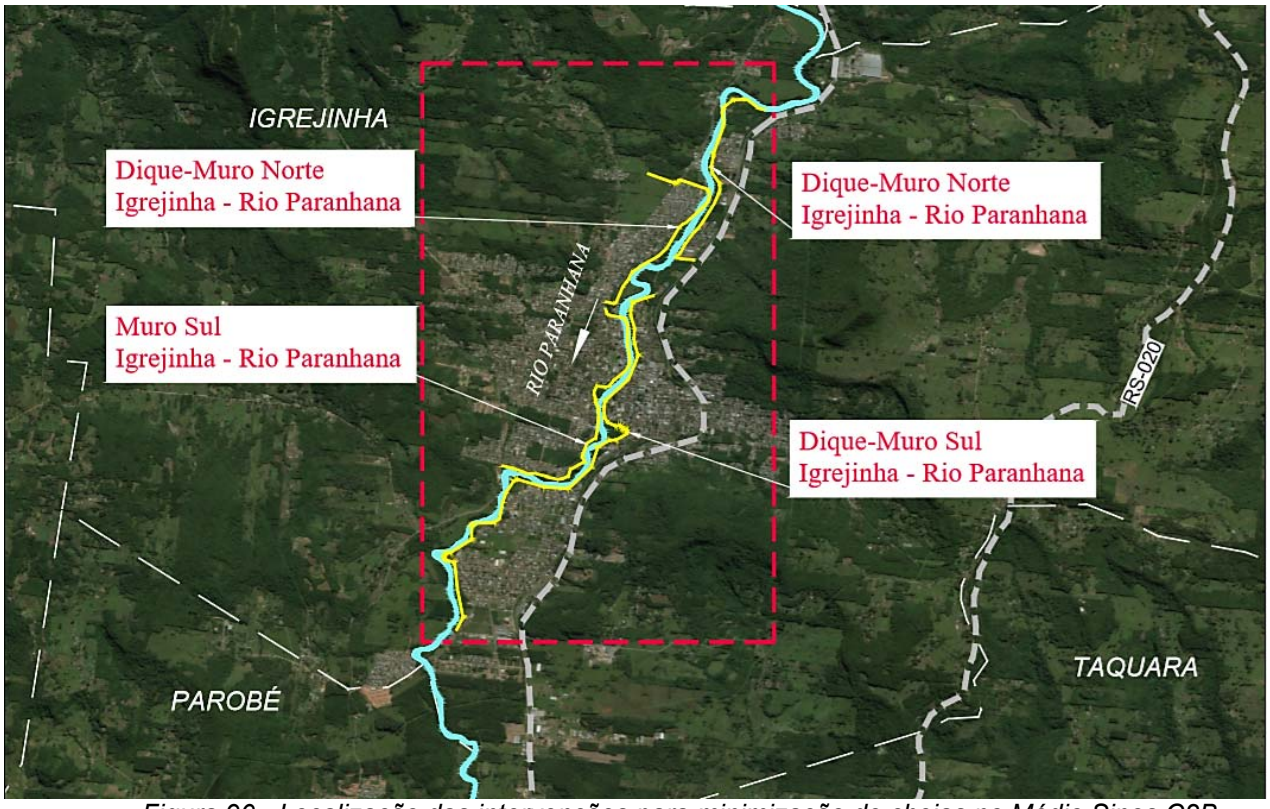


Figura 90 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Médio Sinos C2B
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- ✓ **Obras do Dique de Proteção Confluência do Arroio Angabei com o Rio Paranhana ao Norte de Três Coroas - Bairro Sander**

A área em questão se encontra na parte norte da confluência Rio Paranhana e o Arroio Angabei.

O dique de proteção visa proteger o Bairro Sander tanto das inundações do Rio Paranhana, quanto das inundações do Arroio Angabei.

Há uma casa de bombas proposta ao sul da região protegida para a drenagem local durante os eventos de cheias.

A Figura 91 apresenta a localização das estruturas.



Figura 91 - Dique no Arroio Angabei e sistema de bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Para proteção da área em questão proposto um sistema de diques de terra e sistema de bombeamento.

O dique de terra deverá atingir a cota de 54,00 m e cobrir a área entre o cruzamento da Rua das Hortênsias e Rua Jasmim até a Rua Antônio Oppitz na altura da Igreja.

O sistema de bombeamento proposto deverá ser instalado próximo à ponte sobre o Arroio Angabei e possuir duas bombas de 25 CV e uma reserva ([2+1R] x 25CV de potência instalada).

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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros.

- ✓ **Alternativa A - Obras do Dique de Proteção do Rio Paranhana em Igrejinha (Norte) - Bairro Moinho**

A região em questão compreende a margem esquerda do rio Paranhana do início da Rua Independência até aproximadamente a Fábrica Santinelli Calçados.

Há uma casa de bombas prevista no terço médio do comprimento do dique para a drenagem local. A Figura 92 apresenta a localização das estruturas.



Figura 92 - Diques em Igrejinha Norte e sistemas de bombeamento Alternativa A
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A obra para proteção desta região consiste em um dique na cota 39,00 m, perfazendo aproximadamente 870 m.

Em conjunto a este dique deverá ser instalada uma estação de bombeamento composta de duas bombas de 100 CV mais uma reserva ([2+1R] x 100 CV) para drenagem da área.

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 no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Alternativa A - Obras dos Diques de Proteção do Rio Paranhana em Igrejinha (Sul) - Bairros Centro e 15 de Novembro**

A área em questão consiste de um longo trecho da margem esquerda do Paranhana, compreendendo a R. Independência x R. R. A. Bischof até a R. Marechal Deodoro da Fonseca, perfazendo aproximadamente 5.600 metros.

Estão previstas as implantações de duas casas de bombas para a drenagem local. A Figura 93 apresenta a localização das estruturas.

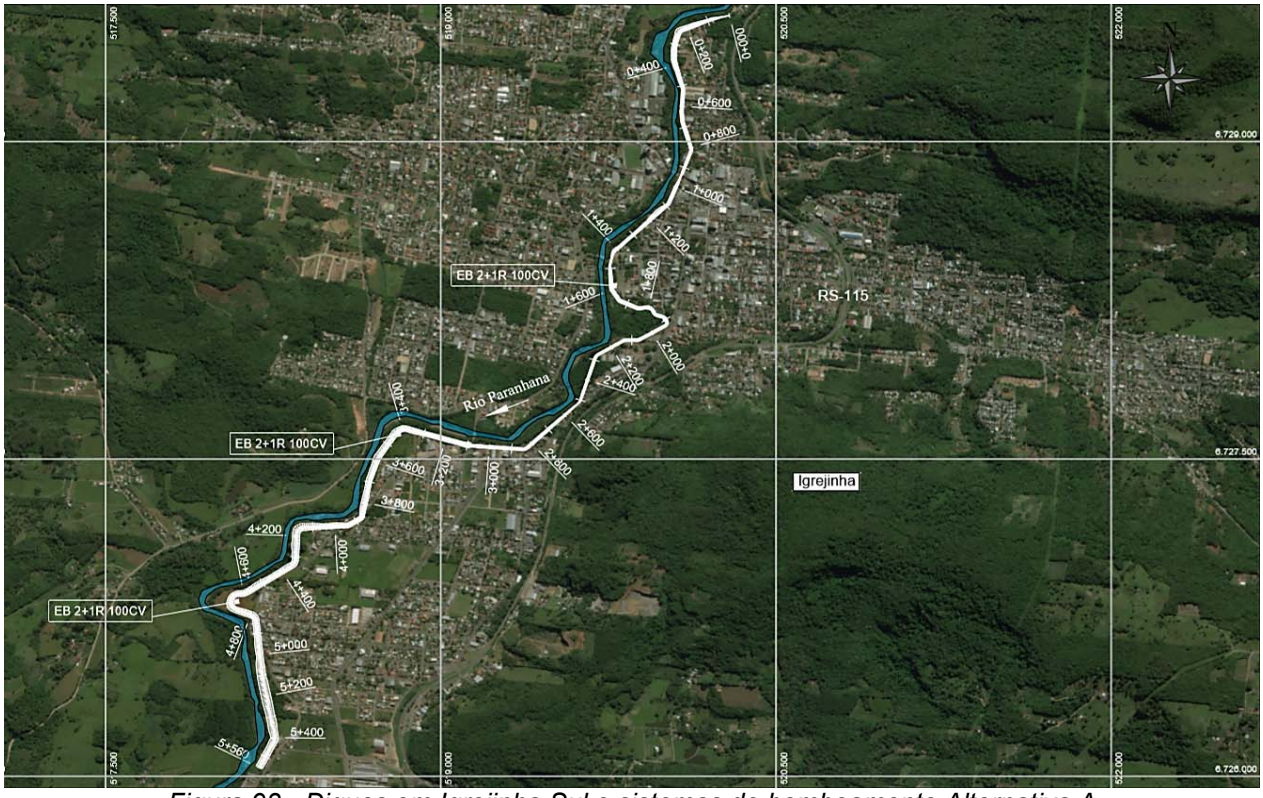


Figura 93 - Diques em Igrejinha Sul e sistemas de bombeamento Alternativa A
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A proposta para proteção desta região consistiu na execução de um dique ao longo de todo o trecho em 3 cotas distintas. Nos primeiro 1000 m do trecho o dique atingirá a cota 38,00 m.

A partir da ponte da R. 1º de Junho sobre o Rio Paranhana o dique deverá atingir a cota 36,00 m. A partir da ponte da Travessa Pontal a cota que o dique deverá atingirá ser 33,50 m, por aproximadamente 3.000 m a partir do ponto.

O complemento do sistema de drenagem se dará por 2 sistemas de Estação de Bombeamento.

- EB1 = 2+1R * 150CV (duas bombas mais uma reserva cada com 150 CV de potência)
- EB2 = 2 +1R * 120CV (duas bombas mais uma reserva cada com 120 CV de potência)

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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Alternativa B - Obras dos Diques de Proteção nas margens esquerda e direita do Rio Paranhana em Igrejinha (Norte)**

A área em questão consiste de dois longos trechos nas margens esquerda e direita do Rio Paranhana.

Na margem direita o dique se alterna entre obras de terra e muros de concreto compreendendo desde a R. Anita Garibaldi x Rua não pavimentada paralela ao norte da R. Ronaldo Max Lauffer seguindo no sentido leste até a R. Rui Barbosa que ao se aproximar da calha do rio segue no sentido sul até dobrar no cruzamento da Rua Anita Garibaldi x Rua Jardelino Robison no sentido oeste, perfazendo aproximadamente 2.430 m.

Está prevista a implantação de uma casa de bombas para a drenagem local.

Já o dique na margem esquerda perfaz 2.494 m e conta também com uma casa de bombas para a drenagem interna da área protegida. Inicia-se em área menos urbanizada no ponto mais ao norte da Rua Independência seguindo ao longo do rio a jusante até ultrapassar o final do bairro e dobrar no sentido leste, protegendo quase que em sua totalidade as residências dessa região.

O dique também é composto por trechos em maciços de terra e outros por muros de concreto com contraforte.

A proposta para proteção desta região consiste na execução de um dique ao longo da margem direita iniciando na cota 40,70 m e finalizando na cota 40,0 m.

O dique ao longo da margem esquerda inicia na cota 41,20 m e finaliza na cota 40,30 m.

A seção-tipo das obras em 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.

Os muros de concreto armado propostos são estruturados por vigas, funcionando com fichas estimadas em 40% da altura do muro sobre estaqueamento. Em adição, são propostos contrafortes que atuarão quando o muro estiver submetido aos esforços de empuxo dos eventos de cheias.

O complemento do sistema de drenagem se dará por 2 sistemas de bombeamento, um em cada margem do rio.

- Margem Direita: EB1 = 4 + 2 R * 335 CV (quatro bombas mais duas reservas cada com 335 CV de potência)
- Margem Esquerda: EB2 = 2 + 1 R * 100 CV (duas bombas mais uma reserva cada com 100 CV de potência)

A Figura 94 apresenta a localização das estruturas.



Figura 94 - Diques em Igrejinha Norte e sistemas de bombeamento - Alternativa B
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Construção do muro de concreto;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Alternativa B - Obras dos Diques de Proteção nas margens esquerda e direita do Rio Paranhana em Igrejinha (Sul)**

A área em questão consiste de dois longos trechos nas margens esquerda e direita do Rio Paranhana mais ao sul da região descrita no item anterior.

Na margem direita o dique é todo em muro de concreto compreendendo desde a R. São Francisco x R. Anita Garibaldi seguindo na margem direita do rio sentido sul até o final do Bairro Vila Nova no que seria o prolongamento da R. 7 de Julho no sentido oeste, perfazendo aproximadamente 3.064 m.

Estão previstas as implantações de duas casas de bombas para a drenagem interna.

Já o dique na margem esquerda perfaz 5.462 m e conta também com três casas de bombas para a drenagem interna da área protegida. Inicia-se no ponto mais ao norte da Rua A. Bischof ainda no Bairro Moinho seguindo ao longo da margem esquerda do rio a jusante ultrapassando o bairro Centro e o bairro 15 de Novembro e finalizar no cruzamento R. Tristão Monteiro x R. Mal. Deodoro da Fonseca.

O dique é composto por trechos em maciços de terra e outros por muros de concreto com contraforte.

A Figura 95 apresenta a localização das estruturas.

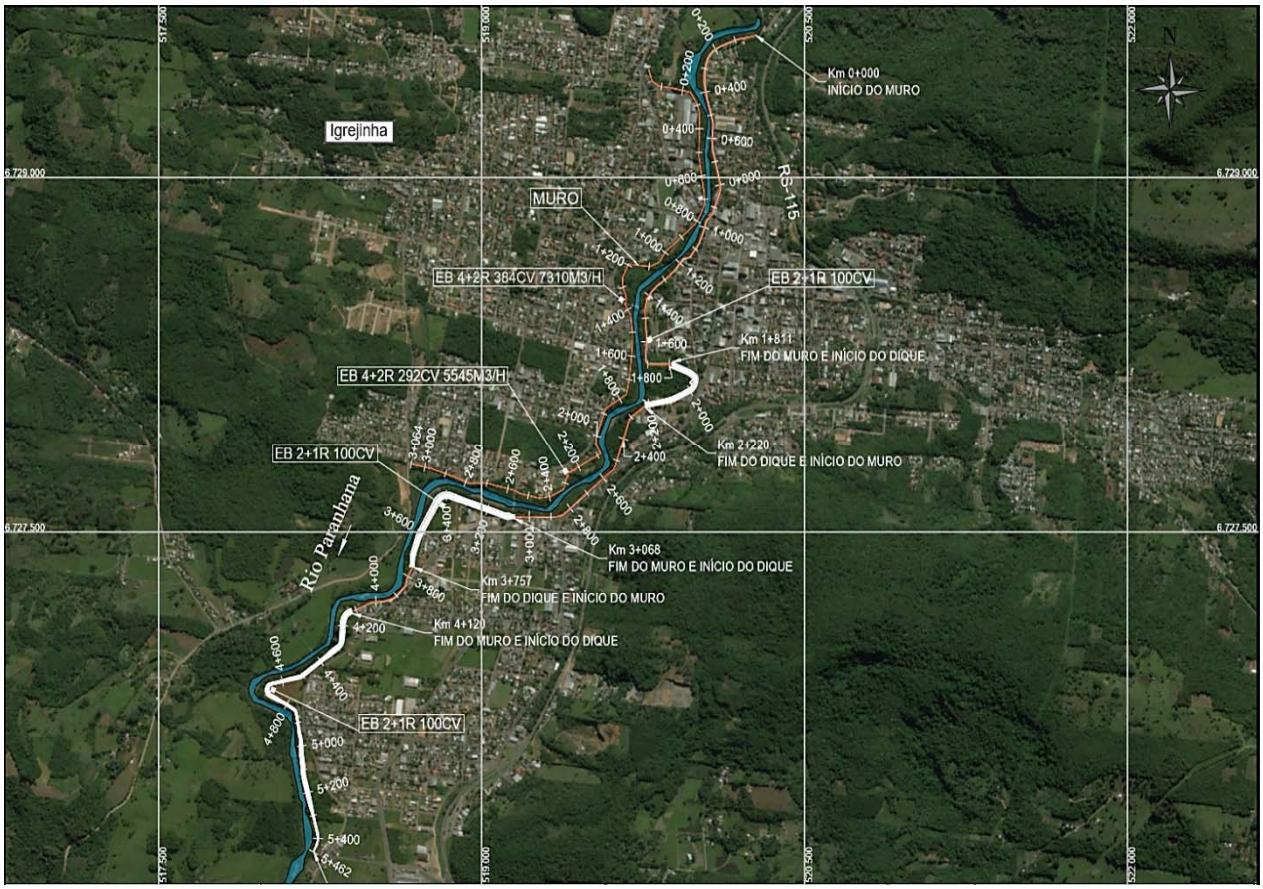


Figura 95 - Diques em Igrejinha Sul e sistemas de bombeamento Alternativa B
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A proposta para proteção desta região consiste na execução de um dique ao longo da margem direita iniciando na cota 40,00 m e finalizando na cota 32,50 m.

O dique ao longo da margem esquerda inicia na cota 40,20 m e finaliza na cota 25,30 m.

O complemento do sistema de drenagem se dará por 5 sistemas de bombeamento, dois na margem direita e três na margem esquerda do rio.

- **Margem Direita:**

  EB 1 = 4 + 2 R * 384 CV (quatro bombas mais duas reservas cada com 384 CV de potência).
  EB 2 = 4 + 2 R * 292 CV (quatro bombas mais duas reservas cada com 292 CV de potência).

- **Margem Esquerda:**

  EB 3 = 2 + 1 R * 100 CV (duas bombas mais uma reserva cada com 100 CV de potência)
  EB 4 = 2 + 1 R * 100 CV (duas bombas mais uma reserva cada com 100 CV de potência)
  EB 5 = 2 + 1 R * 100 CV (duas bombas mais uma reserva cada com 100 CV de potência)

A seção-tipo das obras em 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.

Os muros de concreto armado propostos são estruturados por vigas, funcionando com fichas estimadas em 40% da altura do muro sobre estaqueamento.

Em adição, são propostos contrafortes que atuarão quando o muro estiver submetido aos esforços de empuxo dos eventos de cheias.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12.

As etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Construção do muro de concreto;
- Instalação de Colchão Reno;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Projetos de Engenharia das Intervenções Estruturais Alto Sinos - Cenário 2**

São analisadas e propostas intervenções estruturais na bacia em diferentes locais.

As intervenções são descritas abaixo por região.

- Dique no município de Rolante, na margem direita do Rio Rolante.
- Dique no município de Rolante, na margem esquerda do Arroio Areia.
- Dique no município de Rolante, na margem direita do Arroio Areia.

As intervenções propostas visam minimizar a exposição ao risco de cheias das populações que habitam o município de Rolante, tanto nas cheias do Rio Rolante quanto do Arroio Areia. Analisou-se o impacto de tais intervenções a regiões vizinhas, para que não houvesse externalidades fora dos limites aceitáveis de altura da lâmina d'água nas cheias e de expansão das áreas inundáveis.

Todas as intervenções propostas têm a sua localização indicada na Figura 96.

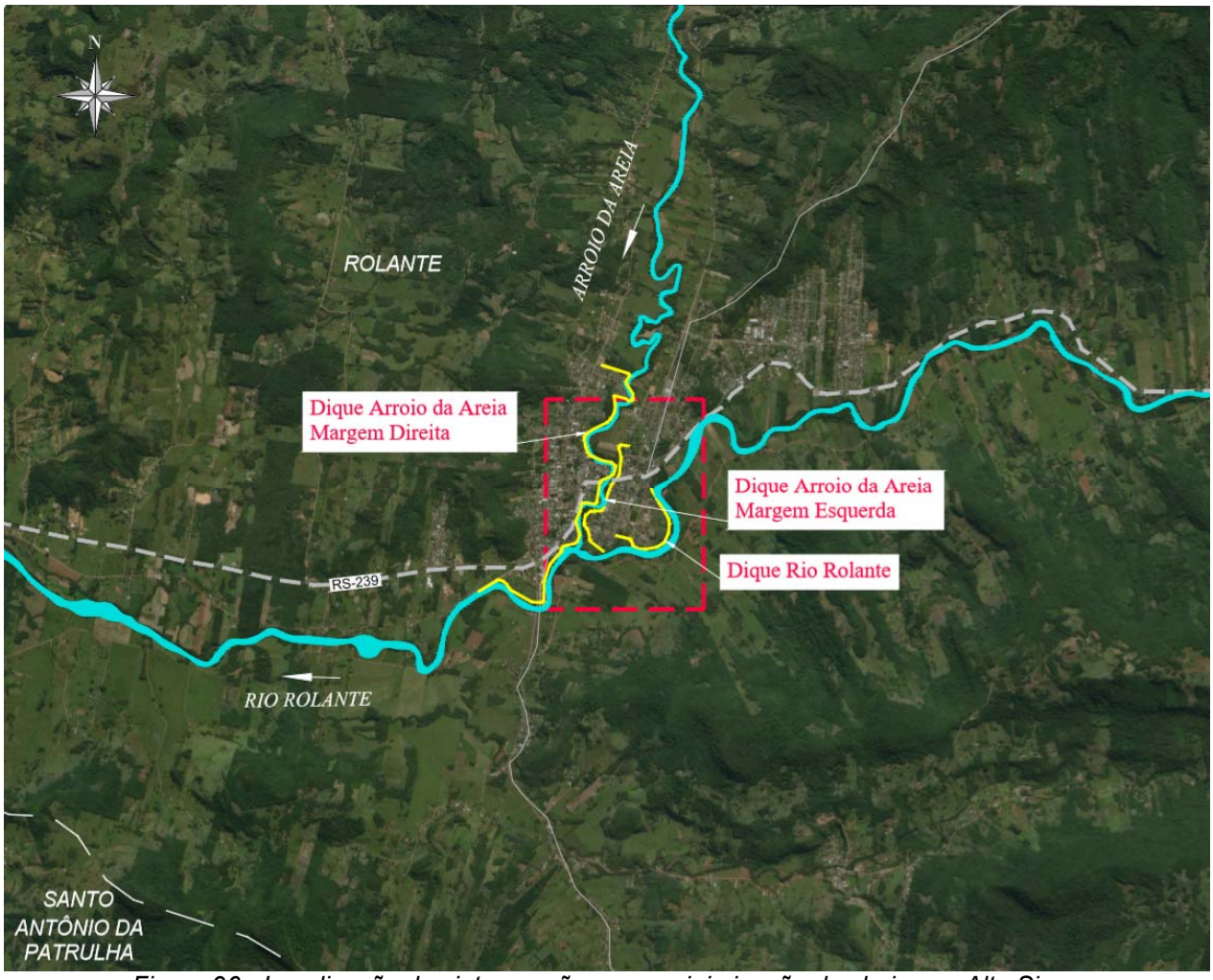


Figura 96 - Localização das intervenções para minimização de cheias no Alto Sinos
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- ✓ **Obras dos Diques de Proteção no Rio Rolante e no Arroio Areia em Rolante**

A área em questão é protegida por diques nas margens direita e esquerda do Arroio Areia e no Rio Rolante.

No Arroio Areia consiste de longo trecho na margem direita, iniciando mais ao norte na R. Matilde Elizabeth Grassman e terminando na periferia sudoeste do município.

O trecho menos extenso na margem esquerda do Arroio, compreende a região entre a Rua Padre Anneken e a Rua Júlio Kohlrausch.

Dentro desta área os problemas de cheias são provenientes tanto do Arroio Areia quanto do Rio Rolante. É proposta a implantação de uma casa de bombas para a drenagem local.

Já a área a ser protegida no Rio Rolante compreende a margem direita do Rio Rolante da R. Eng. Alcindo Trindade até a Avenida Coronel João Linck.

O problema de cheias desta região é causado pela elevação de níveis do Rio Rolante. É proposta a implantação de uma casa de bombas para a drenagem local.

A Figura 97 apresenta a localização das estruturas.



Figura 97 - Diques em Rolante às margens do A. Areia e sistemas de bombeamento.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

- **Dique Arroio Areia (margem direita)**

  A proposta para proteção da região na margem direita do Arroio Areia consistiu na execução de um dique ao longo de extenso trecho.
  Tal dique se estende desde a Rua Anselmo Schein, a Norte, costeando na direção Sul a Av. Borges de Medeiros e ao se aproximar do Rio Rolante passa a costear o rio paralelamente a Estrada Velha Borges na direção Sudoeste perfazendo aproximadamente 3,4 km no total. A cota do dique varia de 39,5 m a 41,5 m.
  O complemento do sistema de drenagem se dará por 2 sistemas de Estação de Bombeamento.
  - EB1 = 4+2R * 47CV (quatro bombas mais duas reservas cada com 47 CV de potência)
  - EB2 = 4+2R * 47CV (quatro bombas mais duas reservas cada com 47 CV de potência)

- **Dique Arroio Areia (margem esquerda)**

  A proposta para proteção da região na margem esquerda do Arroio Areia consistiu na execução de um dique ao longo do trecho. Tal dique é dividido em dois trechos com cotas distintas, o primeiro trecho, da R. Rua Padre Anneken até a R. Eng. Alcindo Trindade atingirá a cota 41,00 m, o segundo trecho, da R. 31 de outubro até a R. Júlio Kohlrausch, atingirá a cota 40,00 m.
  Uma estação de bombeamento complementa o sistema de drenagem, com duas bombas mais uma reserva de 25 CV de potência instalada ([2+1R] x 25CV).

- **Dique Rio Rolante (margem direita)**

  A proposta para proteção desta área é a implantação de um dique único na cota 40,00 m ao longo de todo trecho. Para complementar o sistema de proteção, uma estação de bombeamento composta por duas bombas mais uma reserva de 25 CV de potência instalada ([2+1R] x 25 CV) deverá ser implantada.

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 dessa obra encontra-se no Produto 12 e é apresentada de forma genérica ao fim desse capítulo.

Os quantitativos e métodos construtivos são apresentados com detalhe no Produto 12. A

s etapas construtivas são listadas a seguir.

- Construção das trincheiras centrais de vedação (cut-off);
- Construção dos diques de vedação;
- Hidrossemeadura dos aterros.

✓ **Métodos construtivos das alternativas estruturais estudadas**

A seguir são apresentados os métodos construtivos das obras de terra e concreto dos diques.

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

  Os diques terão 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.

- **Construção dos diques de vedação**

  Após a limpeza do terreno, os diques de proteção de cheias serão elevados até a cota prevista 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.

- **Construção do muro de concreto**

  Os muros em concreto poderão ser do tipo pré-moldado, devendo haver vedação apropriada entre as placas.

O muro deverá conter esperas em sua base de modo a ser consolidado à viga concretada in loco para a amarração estrutural apropriada.
Além disso, da mesma forma, deverá conter esperas para a amarração estrutural aos contrafortes que serão concretados in loco. A viga do muro funcionará como ficha, estimada para fins de orçamento em 40% da altura do muro.
Os contrafortes serão apoiados sobre vigas. As vigas tanto do contraforte quanto do muro serão apoiadas sobre estacas, podendo ser utilizadas estacas pré-moldadas ou escavadas, dependendo do tipo de solo da região e das possibilidades construtivas locais.
A princípio, para fins de orçamento serão espaçadas de 5 em 5 m. Cada contraforte, será apoiado a uma estaca, sendo também espaçados de 5 em 5 m. O comprimento das estacas é função da altura do muro em cada trecho.

- **Instalação de Colchão Reno**

A montagem se dá através da colocação da base de tela metálica, com a dobra das paredes laterais e diafragmas posicionados na vertical formando abas que deverão ser unidas com amarração por arames.
Dessa forma o colchão fica separado por células a cada metro. Depois de montados, os colchões devem ser transportados até o local de projeto, sendo realizada a limpeza do talude e nivelamento.
Durante a montagem dos colchões, devem ser colocados tirantes verticais que unem a tampa à base dos elementos. Depois de instalado, os colchões devem ser preenchidos a partir da parte inferior do talude.
As pedras devem ser colocadas apropriadamente, para diminuição do índice de vazios para 25% a 30%. O tamanho das pedras deve ser homogêneo, levemente superior à abertura da malha do colchão e garantindo no mínimo duas camadas de pedras.
Depois e completado o preenchimento, devem ser colocada a tampa sobre o colchão e amarrada as bordas, sempre unindo a borda de colchões vizinhos.

- **Hidrossemeadura dos aterros**

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.

✓ **Zoneamento de Áreas Inundáveis**

Conforme descrito anteriormente, 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** .

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**), 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** , 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.

É de certa forma, 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:

- efetua-se simulação do sistema para a cheia de TR 100 , considerando a condição atual da Planície de Inundação e determina-se o nível d'água e velocidades;
- 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, acrescida das áreas atingidas pela cheia de Tr 10 onde:
    - a profundidade da lâmina d'água supera 50 cm (h > 50cm); 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 cm ≤ h ≤ 50 cm e v > 1,0 m/s)[3];
- 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;
- efetua-se nova simulação do sistema para a cheia de TR 100 , determinando-se o novo nível d'água na Zona de Passagem de Cheias;
- 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 98 mostra a seção transversal do curso d'água sem obstruções.

A Figura 99 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*).

[3] A definição destes valores de profundidade de lâmina d'água e velocidades de escoamento foi efetuada a partir das categorias de perigo hidráulico (hydraulic hazard categories) apresentadas em DIPNR (2005).

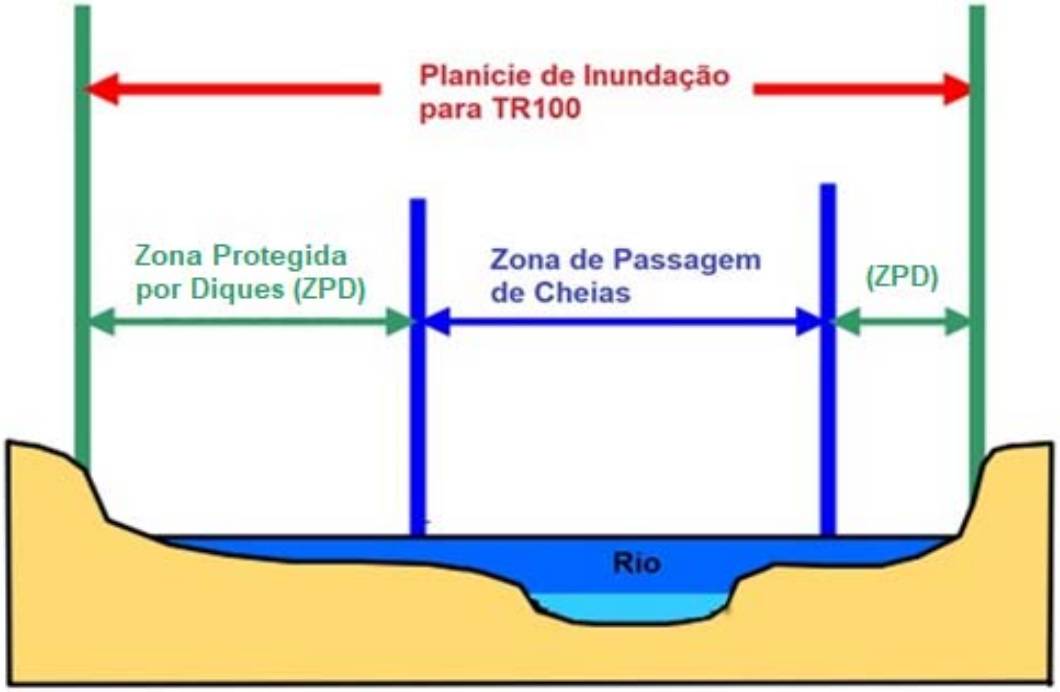


Figura 98 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação sem obstruções
Fonte: adaptado de DNR, 2014

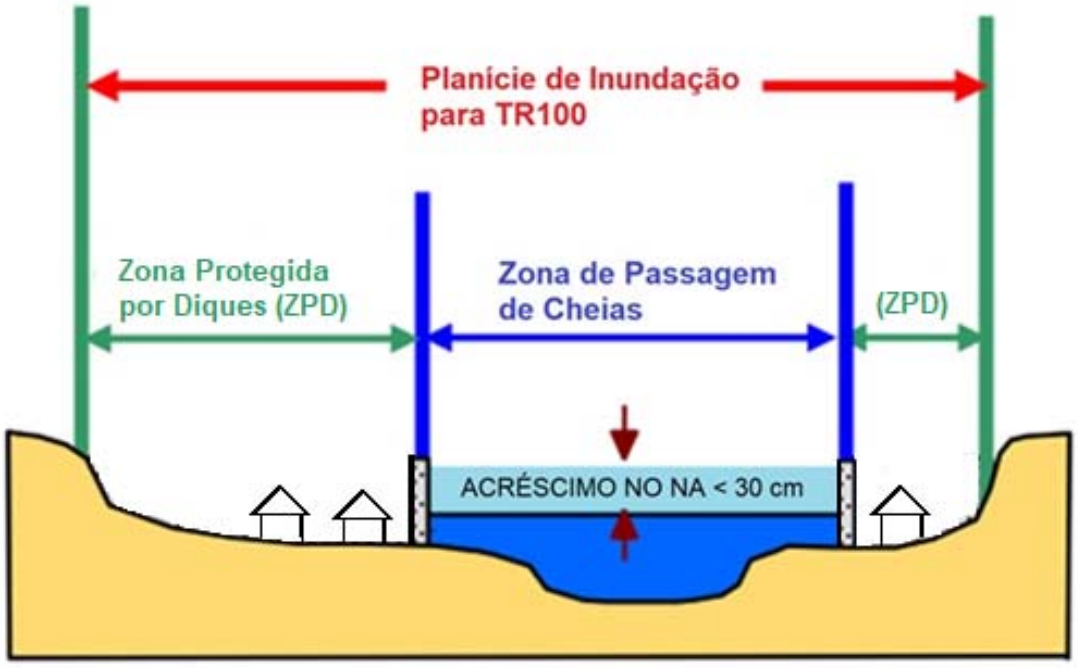


Figura 99 - Seção transversal do curso d'água com a Planície de Inundação com diques
Fonte: adaptado de DNR, 2014

As áreas de expansão urbana utilizadas no **Cenário 2** foram definidas com base nos planos diretores de todos os municípios inseridos na bacia do Rio dos Sinos.

Assim como no **Cenário 1**, 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 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: Canoas, Nova Santa Rita, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo, Novo Hamburgo, Igrejinha e Rolante.

Não só a Zona de Passagem de Cheias é definida a partir das simulações com os diques propostos, mas também a delimitação da Planície de Inundação pela Mancha de **TR 100** anos nesse cenário de intervenções, diferentemente do **Cenário 1**, que teve como delimitação da Planície de Inundação a mancha de inundação **TR 100** anos do **Cenário 0**.

✓ **Mapa de Perigo e incorporação de critérios à Zona de Passagem de Cheias**

Assim como no **Cenário 1**, uma vez atendidos os critérios hidráulicos de ocupação da Planície de Inundação condicionada aos diques do **Cenário 2** e definida a área de desobstrução para a passagem da cheia, com vistas a evitar efeitos de remanso a regiões a montante, os critérios de perigo às populações que ocupam a planície passam a ser avaliados e incorporados ao zoneamento.

Com base na ilustração apresentada na Figura 45, pôde-se depreender que a combinação entre velocidade e profundidade na planície de inundação é fator de perigo, seja à vida de pessoas, seja às estruturas ou bens materiais.

Idealmente, tais critérios devem ser associados a uma probabilidade de ocorrência do evento em um dado ano de 1%, ou seja, deve ser avaliado o perigo gerado por um evento de **TR 100** (Stephenson, 2012).

Assim como no **Cenário 1**, na Figura 100 é apresentado o mapeamento da planície de inundação em termos de perigo hidráulico no **Cenário 2**.

Delimitou-se também as regiões em que o produto de velocidade *versus* profundidade é superior à 0,5 m²/s na ocorrência de um evento com Tempo de Retorno igual a 100 anos, o que representa um risco/perigo à vida.

Além disso, o restante da Planície de Inundação foi separado em duas zonas, uma com profundidades inferiores à 1,0 m e outra com profundidades superiores.

O que pode ser interpretado, que apesar do produto entre velocidade e profundidade ser inferior à 0,5 m²/s, profundidades superiores a 1,0 m podem representar riscos de afogamento e danos à bens materiais.

Com base no critério de risco à vida, em que o produto de velocidade *versus* profundidade é superior à 0,5 m²/s na ocorrência de um evento com Tempo de Retorno igual a 100 anos, optou-se por incorporar na Zona de Passagem de Cheias, todas as áreas com tal limiar que se encontravam externas à tal zona na definição através de critérios puramente hidráulicos.

Dessa forma, entende-se que são agregados também critérios mais restritivos de ocupação nessas áreas de perigo com vistas a mitigação de riscos à vida humana.

Com base no critério de risco à vida, as áreas em que o produto de velocidade *versus* profundidade é superior à 0,5 m²/s na ocorrência de um evento com Tempo de Retorno igual a 100 anos, foram incorporadas à Zona de Passagem de Cheias.

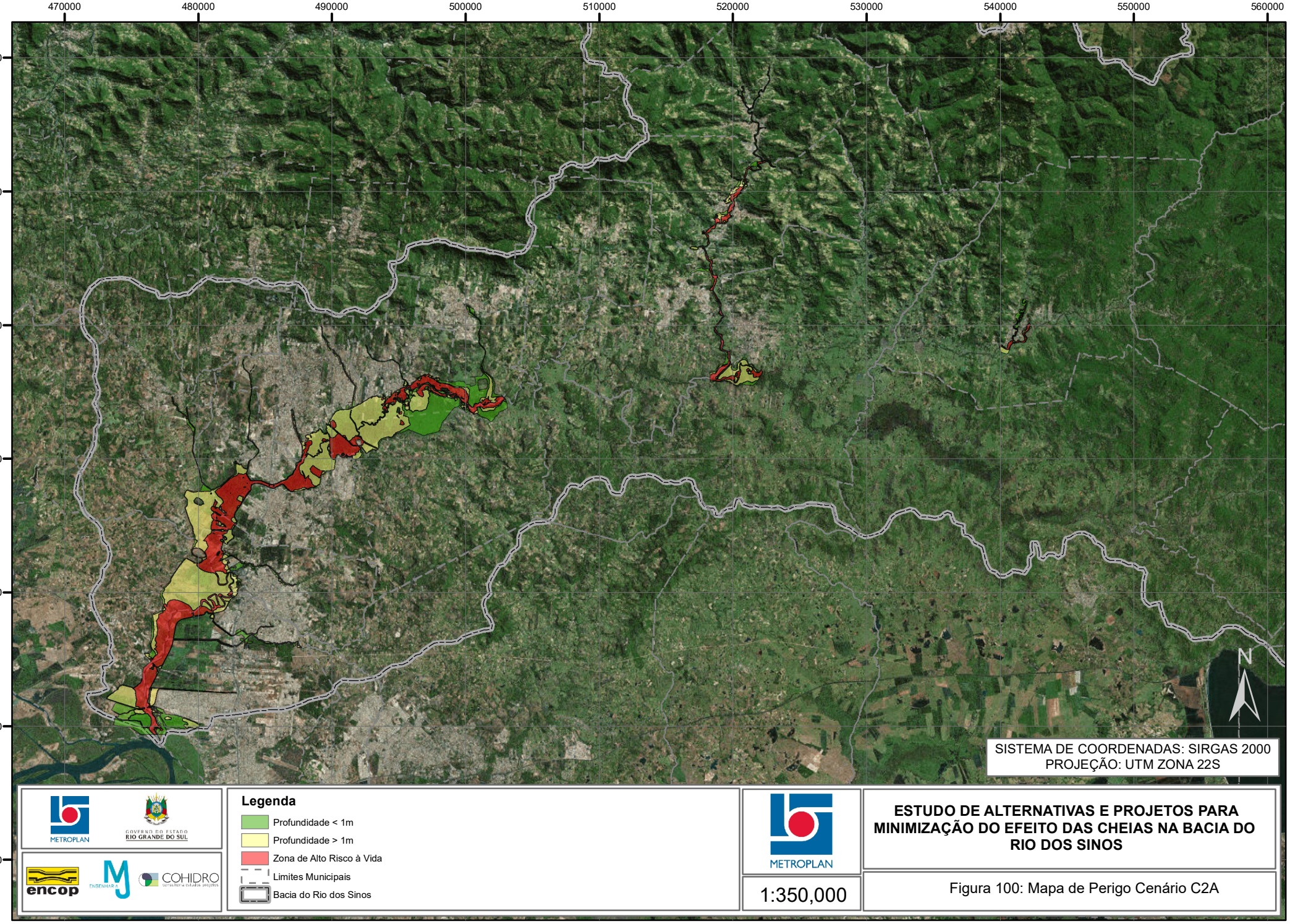
Ou seja, todas as áreas que apresentavam índices (V*h) superiores a tal limiar (0,5 m²/s) e que se encontravam externas à Zona de Passagem de Cheias definida através dos critérios hidráulicos de não obstrução, foram incorporadas a essa zona.

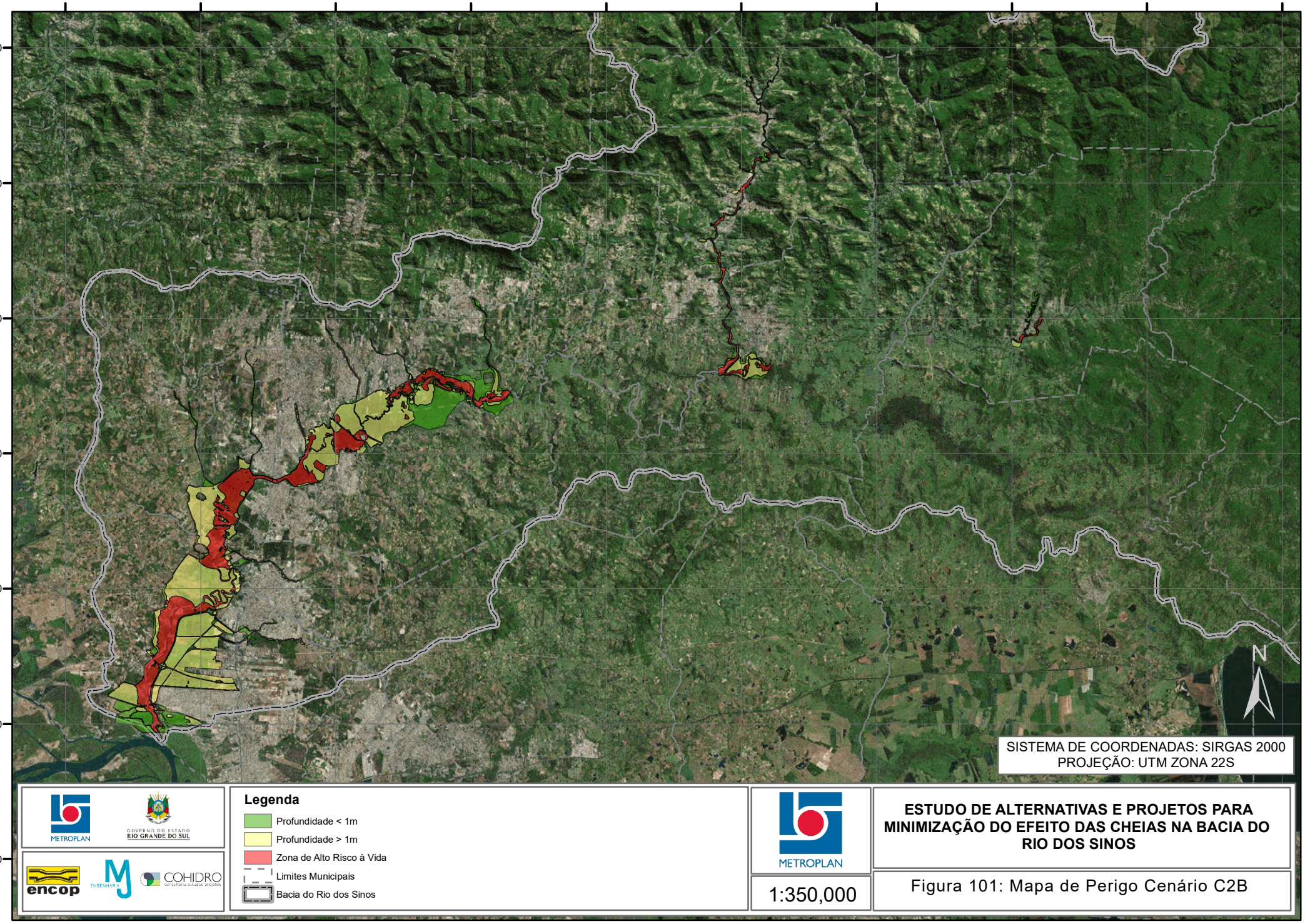
Dessa forma, entende-se que são agregados também critérios mais restritivos de ocupação nessas áreas de perigo com vistas a mitigação de riscos à vida humana.

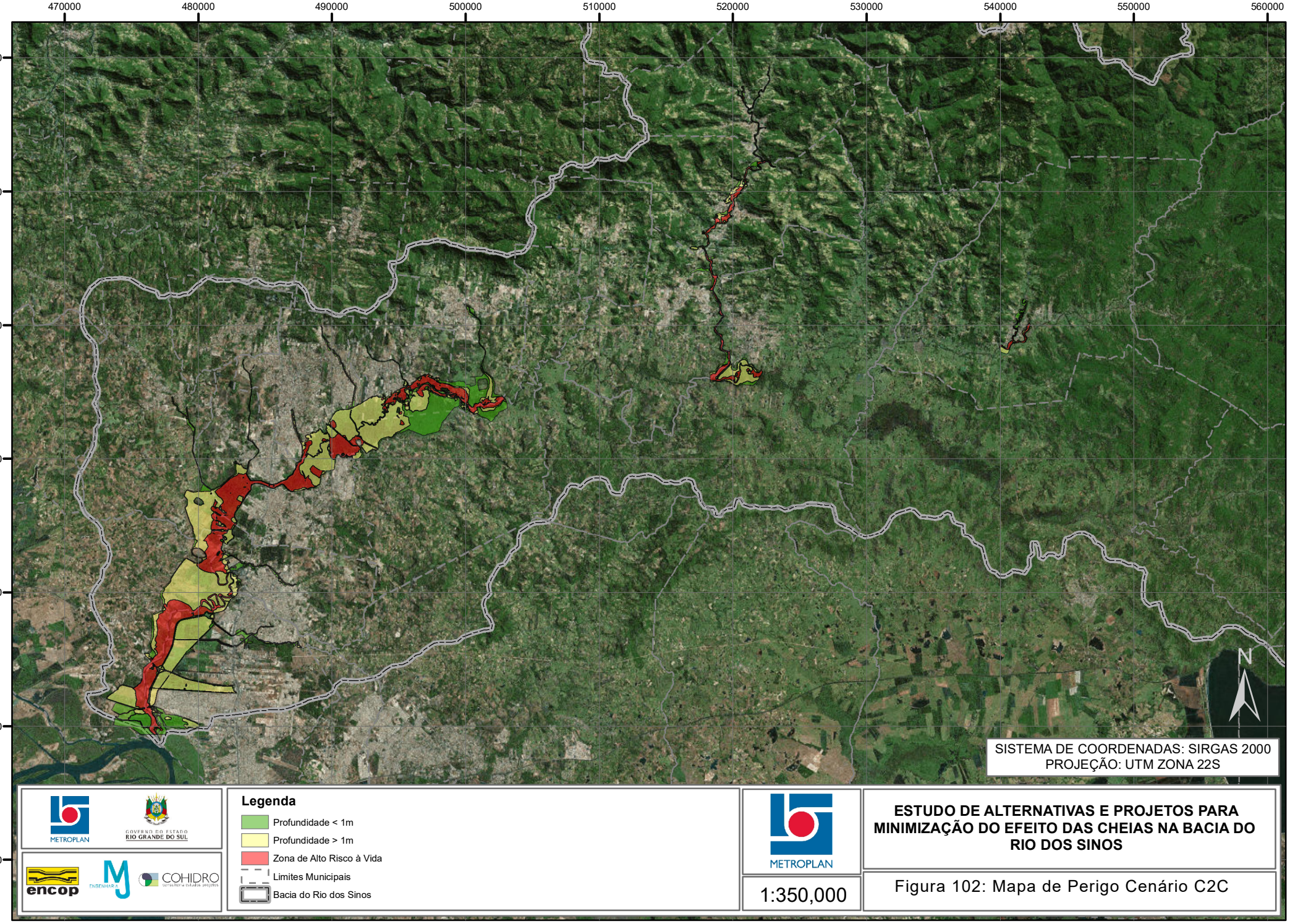
Com relação às regiões externas à Zona de Passagem de Cheias, ou seja, que fazem parte da Zona de Ocupação com Restrição, estas podem ser subdivididas conforme já mencionado com vistas a compatibilizar a eventual ocupação a maiores e menores riscos averiguados.

Como sugestão, uma vez que as velocidades nessa zona são muito próximas de zero, pode-se utilizar como divisor, faixas de profundidades que subdividem a Zona de Ocupação com restrição, como é o caso do limite de 1,0 m apresentado nos mapas de perigo das Figura 100, Figura 101 e Figura 102.

Tal decisão deve ficar à critério dos municípios e Ministério Púbico, condicionada às diretrizes preestabelecidas aqui.


470000
480000
490000
500000
510000
520000
530000
540000
550000
560000
6740000
6730000
6720000
6710000
6700000
6690000
6680000
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria e estudos projetos
Legenda
Profundidade < 1m
Profundidade > 1m
Zona de Alto Risco à Vida
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
METROPLAN
1:350,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 100: Mapa de Perigo Cenário C2A


470000
480000
490000
500000
510000
520000
530000
540000
550000
560000
6740000
6730000
6720000
6710000
6700000
6690000
6680000
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria e estudos projetos
Legenda
Profundidade < 1m
Profundidade > 1m
Zona de Alto Risco à Vida
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
METROPLAN
1:350,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 101: Mapa de Perigo Cenário C2B


470000
480000
490000
500000
510000
520000
530000
540000
550000
560000
6740000
6730000
6720000
6710000
6700000
6690000
6680000
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
consultoria e estudos projetos
Legenda
Profundidade < 1m
Profundidade > 1m
Zona de Alto Risco à Vida
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
METROPLAN
1:350,000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 102: Mapa de Perigo Cenário C2C

- ✓ **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.

Os Quadro 32, o Quadro 33 e o Quadro 34 apresenta os quantitativos dos Cenários BS-C2A, C2B e C2C, MS-C2A e C2B e AS-C2, sem distinção das edificações quanto ao número de pavimentos, tipo de uso (residencial, comercial ou industrial) e se é privado ou público.

Vale lembrar que os Cenários BS-C2A, BS-C2B e BS-C2C se diferenciam apenas nos municípios de Canoas e Esteio quanto às intervenções propostas.

No entanto, apesar das diferentes intervenções, as áreas de desapropriação e de convivência com as cheias permanecem as mesmas, portanto os quantitativos apresentados no Quadro 32 são válidos para os três cenários.

De maneira distinta, os dois cenários de intervenção estrutural em Igrejinha, MS-C2A e MS-C2B protegem um número diferente de edificações, alterando, portanto, o número de edificações desapropriadas e em convivência nos dois cenários. Portanto, o Quadro 33 apresenta valores distintos para cada cenário.

Quadro 32 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas no Baixo Sinos C2A, C2B e C2C.

Município	Área (m²)	Número de Edificações
C2A, C2B e C2C		
Campo Bom	10.732	71
Canoas	743	14
Esteio	326	2
Nova Santa Rita	0	0
Novo Hamburgo	8.324	42
São Leopoldo	18.176	171
Sapiranga	0	0
Sapucaia do Sul	0	0
Total - Rio dos Sinos	**38.301**	**300**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 33 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas no Médio Sinos C2A e C2B.

Município	Área (m²)	Número de Edificações
C2A		
Igrejinha	202.471	1.428
Parobé	2.996	33
Taquara	0	0
Três Coroas	6.342	24
Total - Rio Paranhana	**211.809**	**1.485**
C2B		
Igrejinha	16.187	182
Parobé	2.996	33
Taquara	0	0
Três Coroas	8.488	24
Total - Rio Paranhana	**27.671**	**239**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 34 - Quantificação das áreas a serem desapropriadas no Alto Sinos C2.

Município	Área (m²)	Número de Edificações
Riozinho	0	0
Caraá	8.935	28
Rolante	925	11
Total - Arroio Areia	**9.860**	**39**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

As zonas classificadas como de ocupação restrita que já possuem áreas consolidadas também tiveram as edificações quantificadas e são apresentadas no Quadro 35, no Quadro 36 e no Quadro 37.

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, são quantificados os prejuízos **remanescentes** a essas edificações que continuarão a conviver com cheias.

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 35 - Quantificação das áreas de convivência de cheias no Baixo Sinos C2A, C2B e C2C.

Município	Área (m²)	Número de Edificações
C2A, C2B e C2C		
Campo Bom	98.577	559
Canoas	64.648	444
Esteio	4.185	16
Nova Santa Rita	35.646	3
Novo Hamburgo	38.360	421
São Leopoldo	16.568	144
Sapiranga	8.952	2
Sapucaia do Sul	44.913	5
Total	**311.849**	**1.594**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 36 - Quantificação das áreas de convivência de cheias no Médio Sinos C2A e C2B.

Município	Área (m²)	Número de Edificações
C2A		
Igrejinha	242.507	1.857
Parobé	13.404	152
Taquara	2.667	23
Três Coroas	28.647	134
Total C2A	**287.225**	**2.166**
C2B		
Igrejinha	36.469	281
Parobé	13.419	152
Taquara	2.738	24
Três Coroas	12.059	60
Total C2B	**64.685**	**517**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 37 - Quantificação das áreas de convivência de cheias no Alto Sinos C2.

Município	Área (m²)	Número de Edificações
Riozinho	0	0
Caraá	4.631	23
Rolante	4.833	43
Total	**9.464**	**66**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A Figura 103 à Figura 106 apresenta as diferenças de elevação no nível d'água entre os cenários 0 e 2, foi possível perceber que a diferença ficou abaixo dos 30 cm adotados como elevação máxima permitida, mesmo com a execução dos diques de proteção.

No caso do Baixo Sinos, é apresentado apenas o mapa de diferenças do Cenário BS-C2A, dado que é o cenário com maior potencial de gerar externalidades e impactos às regiões vizinhas, através da elevação da lâmina d'água.

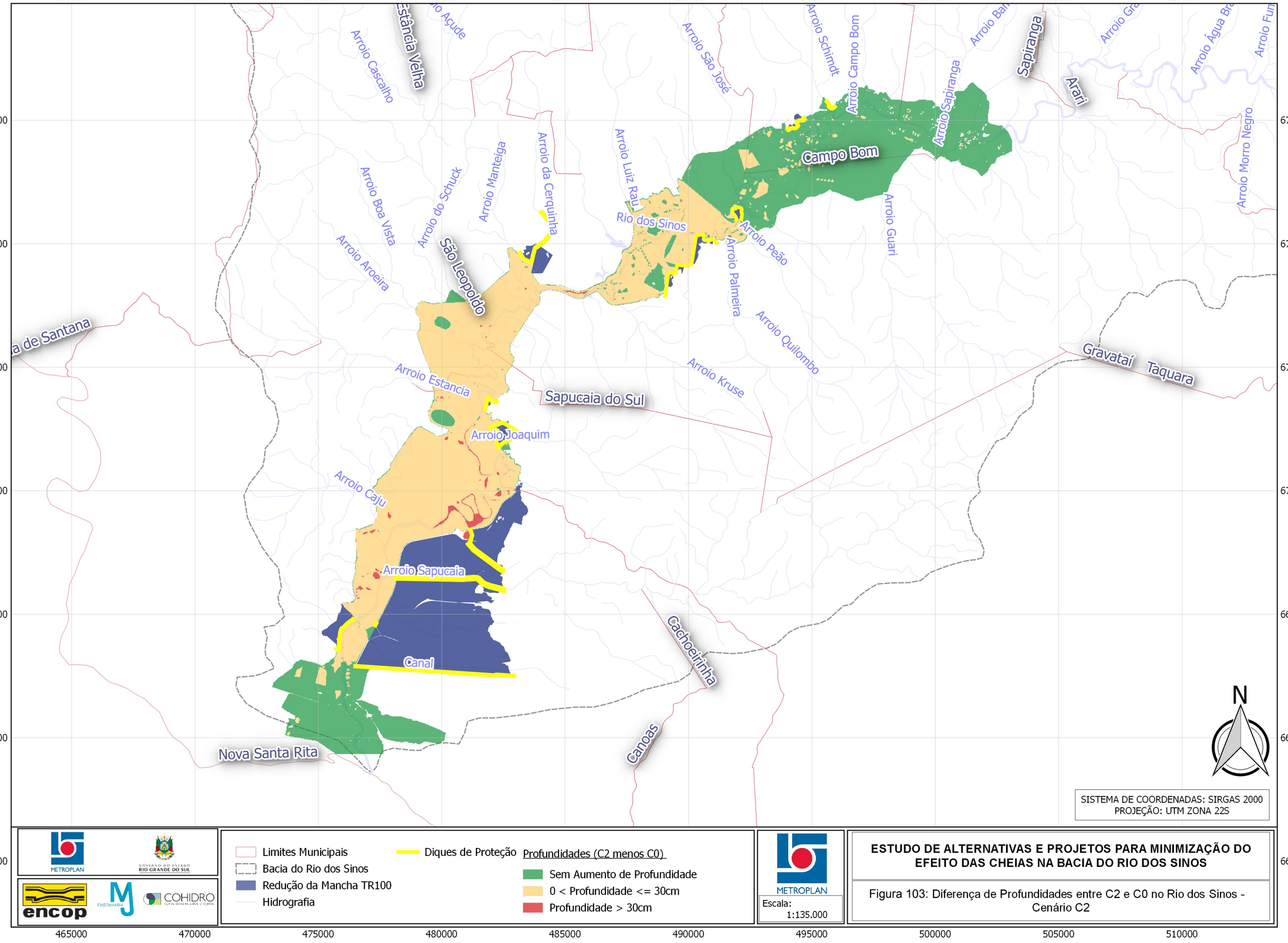
Os outros dois cenários BS-C2B e BS-C2C contam com intervenções na região de Canoas e Esteio em áreas **internas** ao próprio BS-C2A. Já no Médio Sinos foram avaliados os incrementos de lâmina das duas alternativas (MS-C2A e MS-C2B).

Os produtos efetivamente aplicáveis como ferramentas de gestão são apresentados em anexo, 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.

Cabe destacar que o zoneamento do Baixo Sinos, especialmente na região entre a BR-448 e a BR-116 foi realizado com base, não só nas simulações que delimitam as zonas inundáveis, mas também no ordenamento e uso do solo atual e pretendido futuramente.

Sendo assim, optou-se por urbanizar toda a região interna ao Pôlder proposto da BR-448, restringindo a Zona de Passagem de Cheia do lado oeste da rodovia. Dessa forma, é possível ocupar tais áreas com segurança.

Os resultados da análise de impactos às regiões vizinhas constatou que o impacto é restrito aos 30 cm adotados como elevação máxima. Da Figura 107 à Figura 112 são ilustrados os resultados obtidos.


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
Arroio Cascalho
Estância Velha
Arroio São José
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Sapiranga
Sapiranga
Arari
Arroio Morro Negro
Campo Bom
Arroio Boa Vista
Arroio do Schuck
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Raul
Rio dos Sinos
Arroio Guari
Arroio Aroeira
São Leopoldo
Arroio Palmeira
Arroio Pião
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estancia
Sapucaia do Sul
Arroio Joaquim
Gravataí
Taquara
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
Canal
Cachoeirinha
Canoas
Nova Santa Rita
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Redução da Mancha TR100
Hidrografia
Diques de Proteção
Profundidades (C2 menos C0)
Sem Aumento de Profundidade
0 < Profundidade <= 30cm
Profundidade > 30cm
METROPLAN
Escala:
1:135.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 103: Diferença de Profundidades entre C2 e C0 no Rio dos Sinos - Cenário C2

6715000 6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

515000 520000 525000 530000

Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
roio Morro Negro
Nova Hartz
Parobé
Gramado
Arroio Caboclo
Arroio Funil
rroio Pé-de-Galinha
Arroio Solitário
Igrejinha
Arroio Lavrado
Arroio Irapuru
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Rio Paranhana
Arroio Angabei
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Três Coroas
Taquara
Arroio Vicki
Rio da Ilha
Arroio José Velho
Três Irmãos

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
MJ ENGENHARIA
COHIDRO

Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Redução da Mancha TR100
Hidrografia
Diques de Proteção
Profundidades (C2A menos C0)
Sem Aumento de Profundidade
0 < Profundidade <= 30cm
Profundidade > 30cm

METROPLAN
Escala: 1:75.000

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

Figura 104: Diferença de Profundidades entre C2 e C0 no Rio Paranhana - Cenário C2A

6715000 6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

515000 520000 525000 530000

Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
roio Morro Negro
Nova Hartz
Parobé
Gramado
Arroio Caboclo
Arroio Funil
rroio Pé-de-Galinha
Arroio Solitário
Igrejinha
Arroio Lavrado
Arroio Irapuru
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Rio Paranhana
Arroio Angabei
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Três Coroas
Taquara
Arroio Vicki
Rio da Ilha
Arroio José Velho
Três Irmãos

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
MJ ENGENHARIA
COHIDRO

Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Redução da Mancha TR100
Hidrografia
Diques de Proteção
Profundidades (C2B menos C0)
Sem Aumento de Profundidade
0 < Profundidade <= 30cm
Profundidade > 30cm

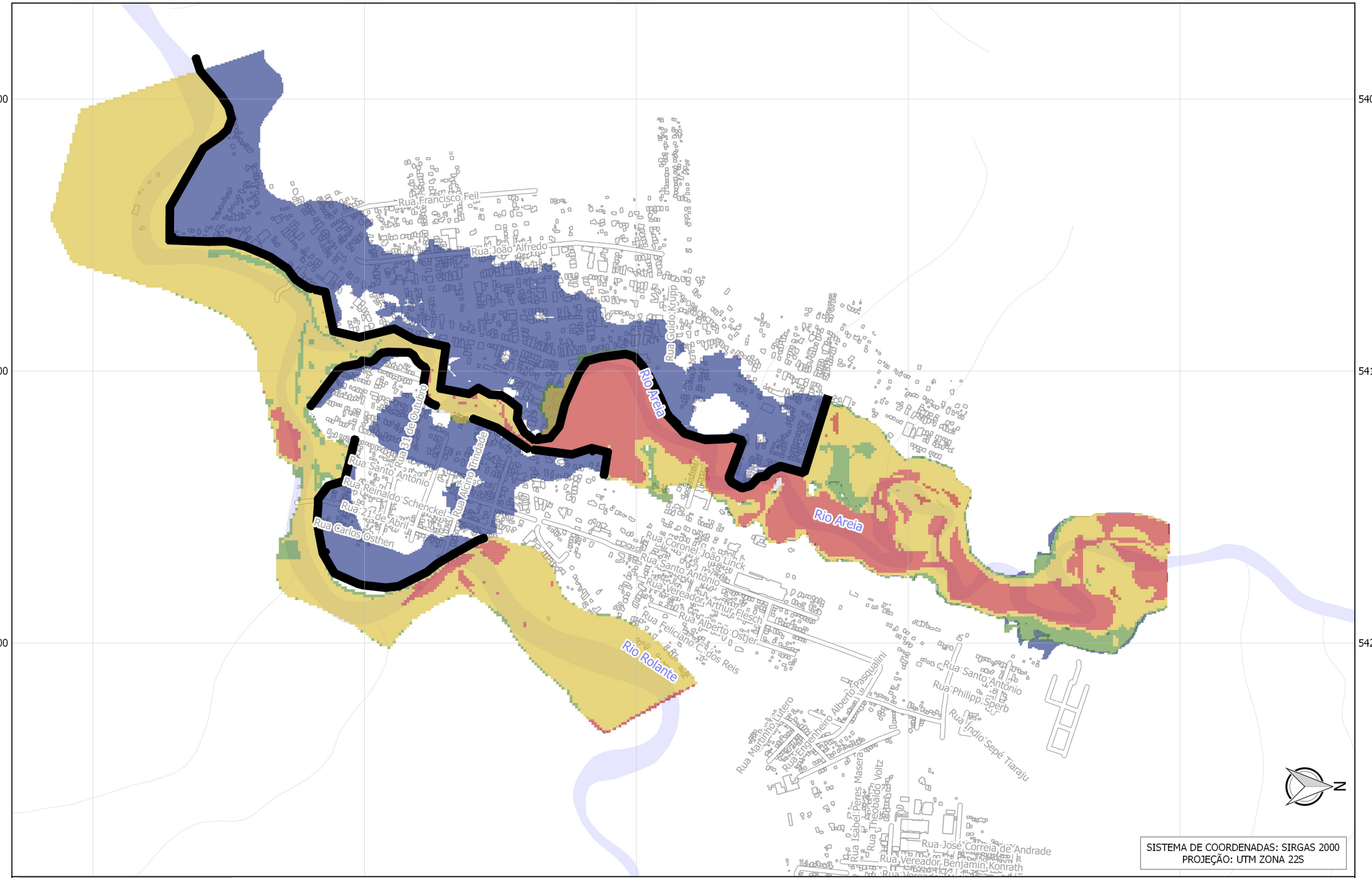
METROPLAN
Escala: 1:75.000

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

Figura 105: Diferença de Profundidades entre C2 e C0 no Rio Paranhana - Cenário C2B

6718000 6719000 6720000 6721000 6722000

540000 541000 542000 543000



N

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

METROPLAN

GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL

encop

MJ ENGENHARIA

COHIDRO

Limites Municipais
Hidrografia
Diques de Proteção

Redução da Mancha TR100

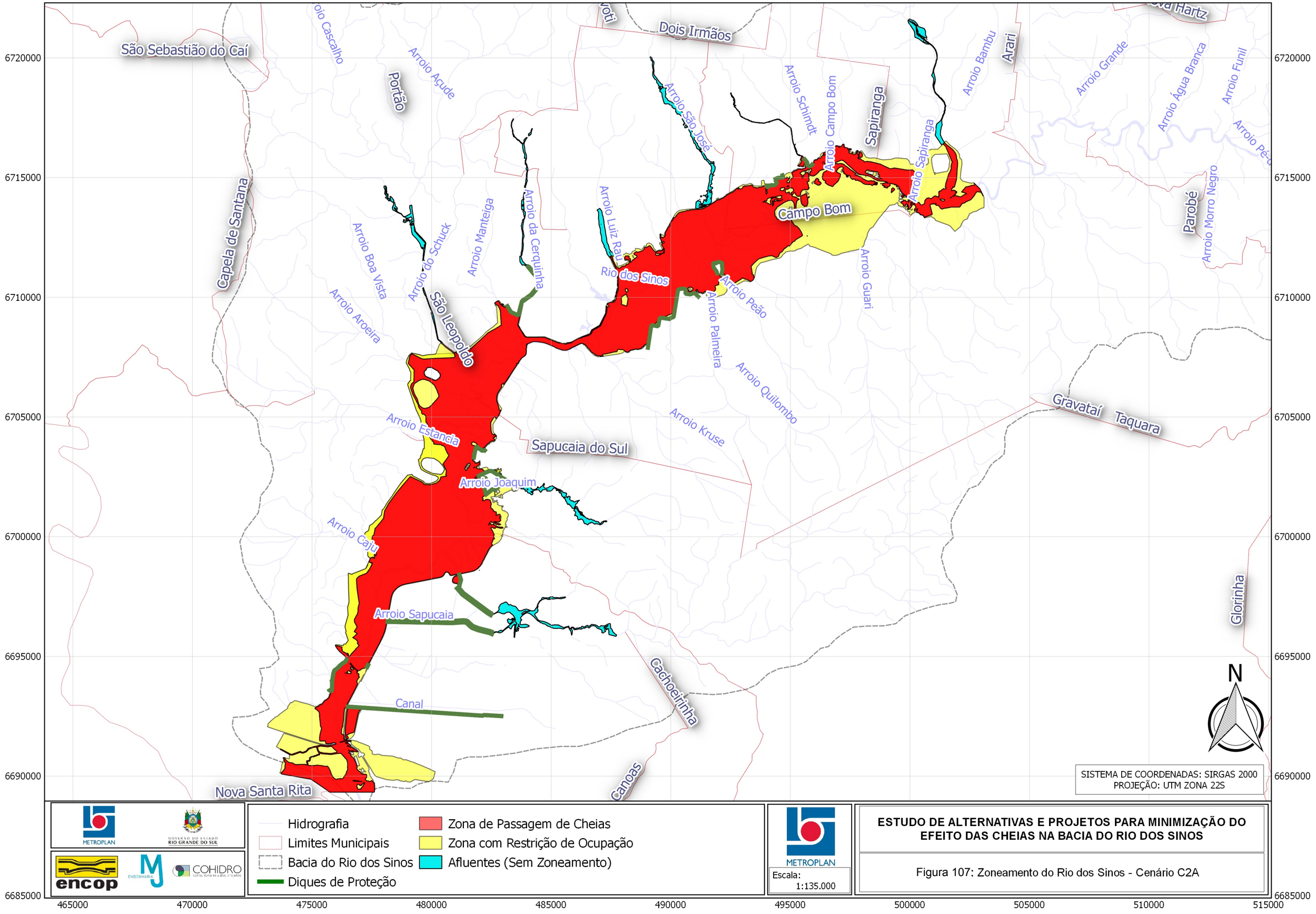
Profundidades (C2 menos C0)
Sem Aumento de Profundidade
0 < Profundidade <= 30cm
Profundidade > 30cm

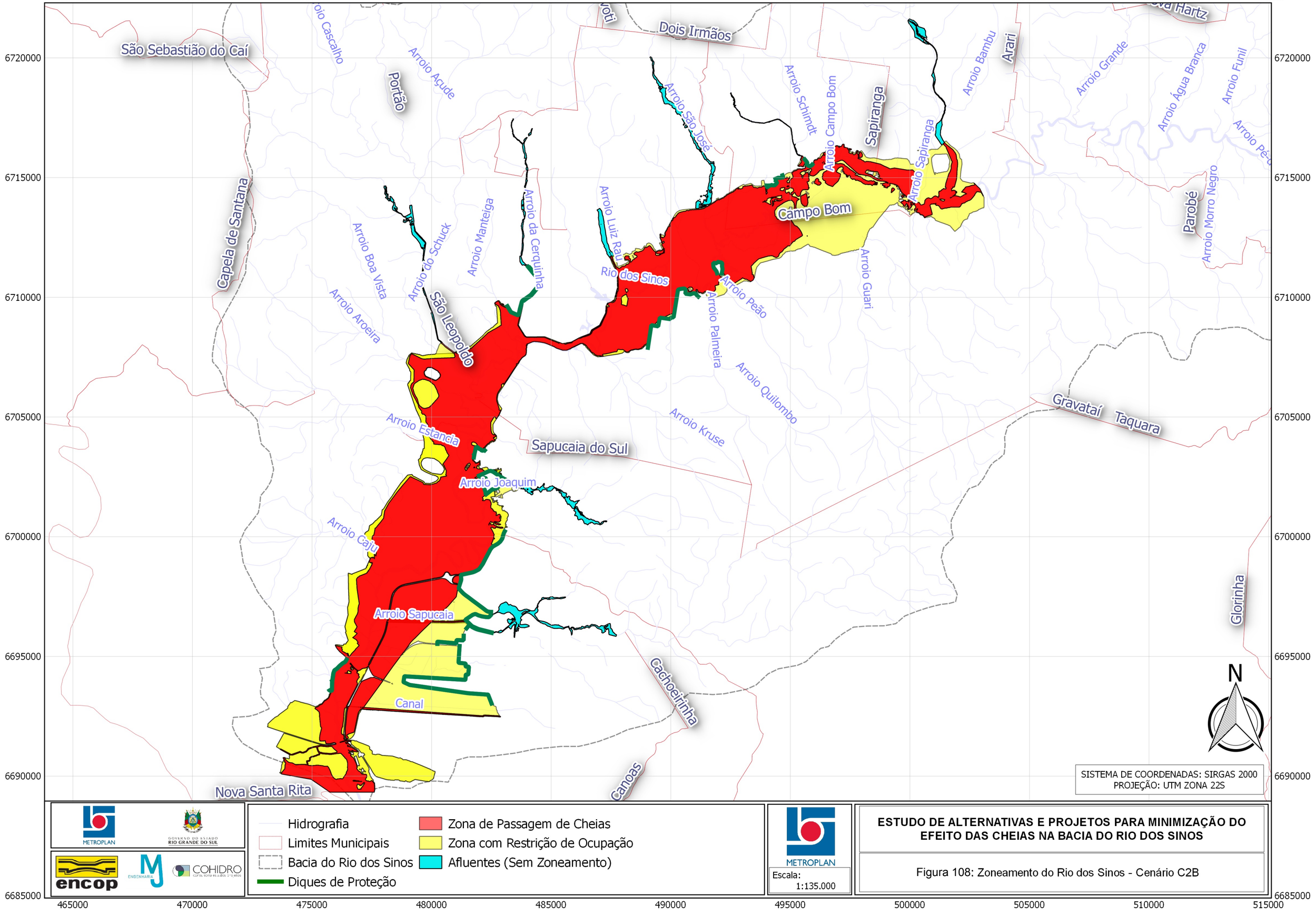
METROPLAN

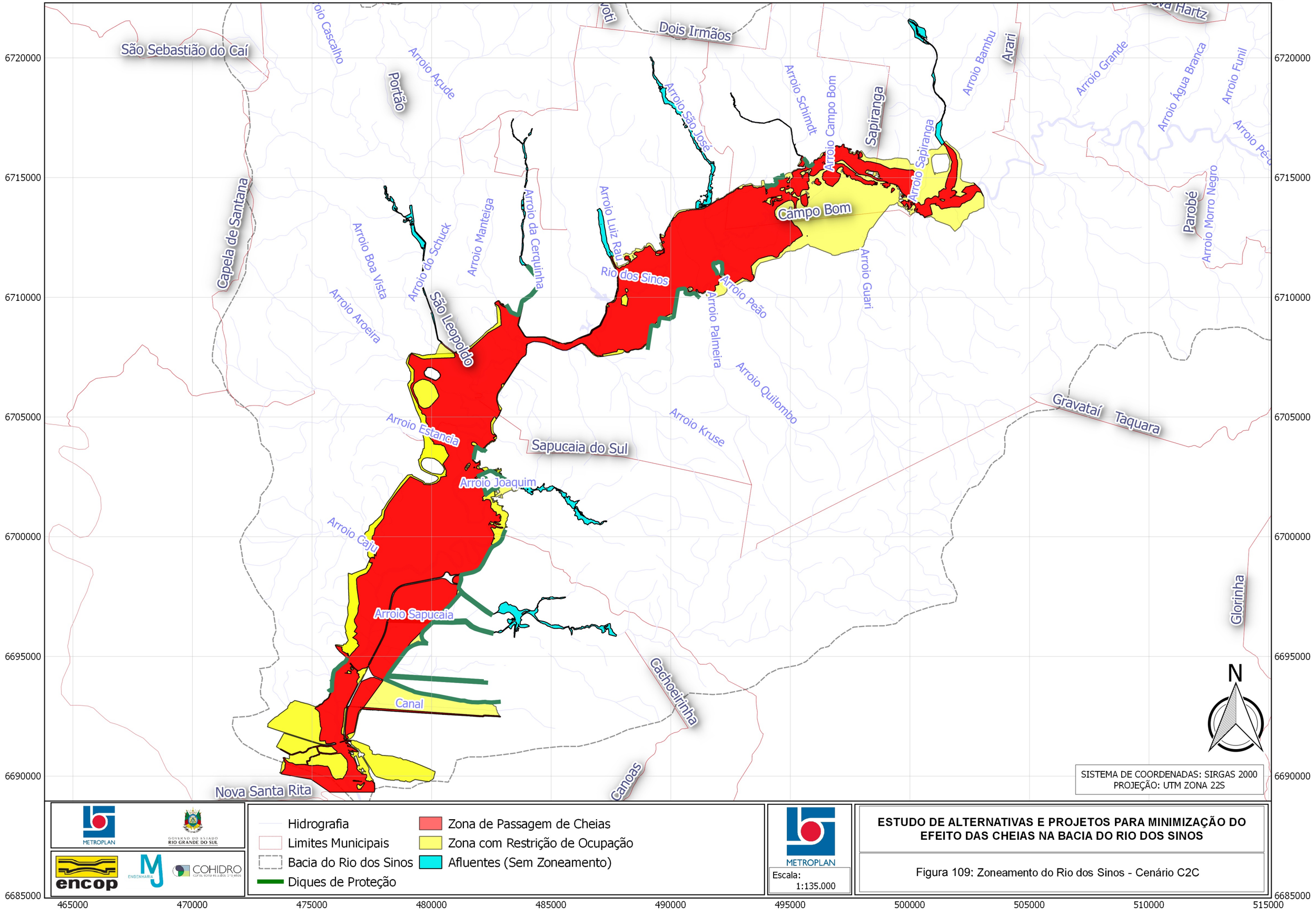
Escala: 1:13.000

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

Figura 106: Diferença de Profundidades entre o C2 e o C0 nos Rios Areia e Rolante - Cenário C2


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
515000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
São Sebastião do Caí
Dois Irmãos
Portão
Capela de Santana
Campo Bom
Sapiranga
Arari
Parobé
São Leopoldo
Sapucaia do Sul
Gravataí
Taquara
Nova Santa Rita
Canoas
Cachoeirinha
Glorinha
Arroio Cascalho
Arroio Açude
Arroio São José
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Sapiranga
Arroio Bambu
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Pé-de-Garça
Arroio Morro Negro
Arroio Boa Vista
Arroio do Schuck
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Rio dos Sinos
Arroio Guari
Arroio Peão
Arroio Palmeira
Arroio Quilombo
Arroio Aroeira
Arroio Estancia
Arroio Kruse
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
Canal
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Hidrografia
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Diques de Proteção
Zona de Passagem de Cheias
Zona com Restrição de Ocupação
Afluentes (Sem Zoneamento)
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
Escala:
1:135.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 107: Zoneamento do Rio dos Sinos - Cenário C2A


São Sebastião do Caí
Dois Irmãos
Portão
Capela de Santana
Campo Bom
Sapiranga
Arari
Parobé
São Leopoldo
Rio dos Sinos
Sapucaia do Sul
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
Canal
Nova Santa Rita
Gravataí
Taquara
Glorinha
Cachoeirinha
Canoas
Arroio Cascalho
Arroio Açude
Arroio São José
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Arroio Bambu
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Morro Negro
Arroio Sapiranga
Arroio Luiz Rau
Arroio da Cerquinha
Arroio Manteiga
Arroio do Schuck
Arroio Boa Vista
Arroio Aroeira
Arroio Estância
Arroio Palmeira
Arroio Pedão
Arroio Guari
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
515000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Hidrografia
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Diques de Proteção
Zona de Passagem de Cheias
Zona com Restrição de Ocupação
Afluentes (Sem Zoneamento)
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
Escala:
1:135.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 108: Zoneamento do Rio dos Sinos - Cenário C2B


465000
470000
475000
480000
485000
490000
495000
500000
505000
510000
515000
6720000
6715000
6710000
6705000
6700000
6695000
6690000
6685000
São Sebastião do Caí
Dois Irmãos
Portão
Capela de Santana
Arroio Açude
Arroio São José
Arroio Schimdt
Arroio Campo Bom
Sapiranga
Arroio Sapiranga
Arroio Bambu
Arari
Arroio Grande
Arroio Água Branca
Arroio Funil
Arroio Pé-
Arroio Morro Negro
Parobé
Campo Bom
Arroio Manteiga
Arroio da Cerquinha
Arroio Luiz Rau
Arroio Boa Vista
Arroio do Schuck
Rio dos Sinos
Arroio Peão
Arroio Guari
Arroio Aroeira
São Leopoldo
Arroio Palmeira
Arroio Quilombo
Arroio Kruse
Arroio Estancia
Sapucaia do Sul
Gravataí
Taquara
Arroio Joaquim
Arroio Caju
Arroio Sapucaia
Glorinha
Cachoeirinha
Canal
Canoas
Nova Santa Rita
N
SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S
Hidrografia
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Diques de Proteção
Zona de Passagem de Cheias
Zona com Restrição de Ocupação
Afluentes (Sem Zoneamento)
METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA
COHIDRO
Escala:
1:135.000
ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS
Figura 109: Zoneamento do Rio dos Sinos - Cenário C2C

6715000 6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

515000 520000 525000 530000

Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
roio Morro Negro
Nova Hartz
Parobé
Gramado
Arroio Caboclo
Arroio Funil
rroio Pé-de-Galinha
Arroio Solitário
Igrejinha
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Arroio Lavrado
Arroio Irapuru
Arroio Angabei
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Três Coroas
Taquara
Arroio Vicki
Rio da Ilha
Arroio José Velho
Três Irmãos

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
MJ ENGENHARIA
COHIDRO consultoria em águas e meio

Hidrografia
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Diques de Proteção
Zona de Passagem de Cheias
Zona com Restrição de Ocupação

METROPLAN
Escala: 1:75.000

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

Figura 110: Zoneamento do Rio Paranhana - Cenário C2A

6715000 6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

6715000 6720000 6725000 6730000 6735000 6740000

515000 520000 525000 530000

Rio dos Sinos
Arroio Água Branca
roio Morro Negro
Nova Hartz
Parobé
Gramado
Arroio Caboclo
Arroio Funil
rroio Pé-de-Galinha
Arroio Solitário
Igrejinha
Rio Paranhana
Arroio Nicolau
Arroio Lavrado
Arroio Irapuru
Arroio Angabei
Rio Paranhana
Arroio Águas Brancas
Arroio Kampf
Três Coroas
Taquara
Arroio Vicki
Rio da Ilha
Arroio José Velho

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
MJ ENGENHARIA
COHIDRO

Hidrografia
Limites Municipais
Bacia do Rio dos Sinos
Diques de Proteção
Zona de Passagem de Cheias
Zona com Restrição de Ocupação

METROPLAN
Escala: 1:75.000

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

Figura 111: Zoneamento do Rio Paranhana - Cenário C2B

6718000 6719000 6720000 6721000 6722000

540000

541000

542000

543000

Rua Francisco Feil
Rua João Alfredo
Rua Guido Krupp
Rio Areia
Rua Santo Antônio
Rua Reinaldo Schenckel
Rua 21 de Abril
Rua Carlos Osthen
Rua Coronel João Linck
Rua Vereador Arthur Fliesch
Rua Alberto Ostjen
Rua Feliciano C. dos Reis
Rio Rolante
Rua Martinho Lutero
Rua Engenheiro Alberto Pasqualini
Rua Philipp Sperb
Rua Índio Sepé Tiaraju
Rua Isabel Peres Masera
Rua Theobaldo Voltz
Rua José Correia de Andrade
Rua Vereador Benjamin Konrath

N

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

METROPLAN
GOVERNO DO ESTADO RIO GRANDE DO SUL
encop
ENGENHARIA MJ
COHIDRO

Limites Municipais
Hidrografia
Zona com Restrição de Ocupação
Zona de Passagem de Cheias
Diques de Proteção

METROPLAN
Escala: 1:13.000

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

Figura 112: Zoneamento dos Rios Areia e Rolante - Cenário C2

6718000 6719000 6720000 6721000 6722000

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

Os custos relativos a cada intervenção foram apresentados no Produto 12 em quadros específicos sem a inclusão da composição do BDI.

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 3.8.7, referente a estimativa do **Cenário 1**.

Os resultados da pesquisa de mercado são apresentados nos anexos do Produto 12

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

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

No Quadro 38 abaixo consta o orçamento para cada alternativa:

- da desapropriação da zona de passagem de cheias**;**
- das demolições das edificações a serem desapropriadas;
- da revitalização das áreas desapropriadas com a implantação de parques lineares;
- da avaliação dos imóveis a serem desapropriados para o Baixo, Médio e Alto Sinos

Quadro 38 - Custo do zoneamento, desapropriação e revitalização no Baixo Sinos C2A, C2B e C2C

Item	Descrição	Valor (sem BDI)	
1	**Zoneamento com desapropriações BS C2A, C2B e C2C**	**R$**	**52.667.603,36**
1.1	Desapropriações	R$	48.208.770,96
1.2	Demolições e Transporte até 30 km	R$	1.761.472,99
1.3	Parque Linear	R$	2.215.271,70
1.4	Avaliação dos Imóveis (1%)	R$	482.087,71

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 39 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização no Médio Sinos C2A e C2B

Item	Descrição	Valor (sem BDI)	
1.A	**Zoneamento com desapropriações MS C2A**	**R$**	**208.476.608,89**
1.1.A	Desapropriações	R$	185.650.105,53
1.2.A	Avaliação dos Imóveis (1%)	R$	1.856.501,06
1.3.A	Demolições e Transporte até 30 km	R$	8.719.291,28
1.4.A	Parque Linear	R$	12.250.711,03

Item	Descrição	Valor (sem BDI)	
1.B	**Zoneamento com desapropriações MS C2B**	**R$**	**32.076.923,22**
1.1.B	Desapropriações	R$	28.785.314,62
1.2.B	Avaliação dos Imóveis (1%)	R$	287.853,15
1.3.B	Demolições e Transporte até 30 km	R$	1.403.306,81
1.4.B	Parque Linear	R$	1.600.448,64

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 40 - Custo total do zoneamento, desapropriação e revitalização no Alto Sinos C2

Item	Descrição	Valor (sem BDI)	
1.A	**Zoneamento com desapropriações AS C2**	**R$**	**8.989.582,19**
1.1	Desapropriações	R$	8.109.211,16
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	R$	81.092,11
1.3	Demolições e Transporte até 30 km	R$	228.991,49
1.4	Parque Linear	R$	570.287,43

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

No Quadro 41 é apresentado o resumo do orçamento do **Cenário 2** com a inclusão do BDI. Conforme o **Cenário 1**, foi utilizado o Decreto Nº 19.224 de 25 de novembro de 2015 para balizar o BDI conforme o tipo de obra ou serviço.

✓ **Orçamento das Obras de Elevação dos Diques**

O orçamento das obras de elevação dos diques propostos se encontra em quadros específicos detalhados no Produto 12.

✓ **Resumo**

A seguir são apresentados os resumos das intervenções propostas no **Cenário 2** em cada unidade de análise (Baixo, Médio e Alto Sinos). Conforme o Decreto Nº 19.224 de 25 de novembro de 2015.

O sistema de monitoramento, previsão e alerta se repete nos três resumos, no entanto, é o mesmo sistema, abrangendo a bacia inteira. O seu valor é independente da unidade de análise.

Quadro 41 - Custo Total da Intervenção no Baixo Sinos C2

Item	Descrição	Valor sem BDI	Valor dos serviços com BDI 28,21%	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35%	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38%	Valor TOTAL com BDI
1	**ZONEAMENTO COM DESAPROPRIAÇÕES E REVITALIZAÇÃO DA ÁREA - C2A, C2B E C2C**					**63.182.061,66**
1.1	Desapropriações	48.208.770,96		57.537.168,14		57.537.168,14
1.2	Avaliação dos Imoveis (1%)	482.087,71			556.232,80	556.232,80
1.3	Demolições e Transporte ate 30 km	1.761.472,99	2.258.384,51			2.258.384,51
1.4	Parque Linear	2.215.271,70	2.741.033,02		89.243,18	2.830.276,20
2	**BAIXO SINOS DIQUES INTEGRANTES DO C2A, C2B E C2C**					**231.064.507,75**
2.2	Alargamento Sinos	30.840.996,92	33.073.830,71	4.746.865,98	1.231.247,74	39.051.944,44
2.3	Elevação dos diques de São Leopoldo	4.667.770,43	3.018.373,09	2.568.436,05	186.348,77	5.773.157,91
2.4	Dique Nova Santa Rita	36.547.299,94	30.013.937,09	14.170.129,17	1.459.057,26	45.643.123,52
2.5	Diques Sapucaia do Sul	36.238.953,78	27.473.081,24	16.180.120,58	1.446.747,33	45.099.949,14
2.6	Elevação dos diques do Arroio Cerquinha	7.237.228,07	3.565.667,67	5.019.501,61	288.927,78	8.874.097,05
2.7	Dique São Leopoldo Feitoria	39.753.167,87	48.484.630,47	669.673,53	1.587.043,32	50.741.347,32
2.8	Dique Novo Hamburgo	7.800.325,43	8.486.195,41	1.087.811,76	311.408,00	9.885.415,17
2.9	Dique Campo Bom - Bairro N	6.543.519,83	7.687.574,80	383.147,08	261.233,25	8.331.955,13
2.10	Dique Campo Bom - Foz do Arroio Schmidt	14.044.455,29	13.323.896,97	3.778.932,23	560.688,87	17.663.518,07
3	**BAIXO SINOS DIQUES ALTERNATIVOS CANOAS/ESTEIO - C2A**					**153.551.652,01**
3.1	Polder Canoas/Esteio BR-448 (C2A)	120.400.847,47	144.976.127,82	3.768.829,01	4.806.695,18	153.551.652,01
4	**BAIXO SINOS DIQUES ALTERNATIVOS CANOAS/ESTEIO - C2B**					**114.227.927,28**
4.1	Polder Canoas/Esteio proteção ocup. Existentes (C2B)	89.592.879,07	107.399.688,28	3.251.472,98	3.576.766,02	114.227.927,28
5	**BAIXO SINOS DIQUES ALTERNATIVOS CANOAS/ESTEIO - C2C**					**167.922.510,96**
5.1	Polder Canoas/Esteio conforme Plano Diretor (C2C)	131.535.455,28	160.704.445,57	2.260.046,19	4.958.019,19	167.922.510,96
6	**SISTEMA DE MONITORAMENTO, PREVISÃO E ALERTA**					**320.525,00**
6.1	Melhoria da rede de monitoramento	250.000,00	320.525,00			320.525,00
BAIXO SINOS C2A TOTAL*						**447.798.221,42**
BAIXO SINOS C2B TOTAL*						**408.474.496,69**
BAIXO SINOS C2C TOTAL*						**462.169.080,37**
***OBS:** *Somados os valores referentes ao zoneamento, aos diques inerentes ao três cenários e à alternativa Canoas/Esteio. Excluso sistema de monitoramento, previsão e alerta cujo valor é para toda a bacia.*						

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 42 - Custo Total da Intervenção no Médio Sinos C2

Item	Descrição	Valor sem BDI	Valor dos serviços com BDI 28,21%	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35%	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38%	Valor TOTAL com BDI
1	**MÉDIO SINOS C2A**					**373.683.297,23**
1.1	**ZONEAMENTO COM DESAPROPRIAÇÕES E REVITALIZAÇÃO DA ÁREA**					**250.546.192,92**
1.1.1	Desapropriações	185.650.105,53		221.573.400,94		221.573.400,94
1.1.2	Avaliação dos Imoveis (1%)	1.856.501,06			2.142.030,92	2.142.030,92
1.1.3	Demolições e Transporte ate 30 km	8.719.291,28	11.179.003,35			11.179.003,35
1.1.4	Parque Linear	12.250.711,03	15.158.232,50		493.525,21	15.651.757,71
1.2	**DIQUES DE PROTEÇÃO**					**123.137.104,31**
1.2.1	Dique Três Coroas	5.857.525,68	4.295.657,95	2.750.259,09	233.846,70	7.279.763,74
1.2.2	Diques Igrejinha C2A	93.575.142,53	62.280.941,13	49.840.651,76	3.735.747,68	115.857.340,57
2	**MÉDIO SINOS C2B**					**253.467.626,74**
2.1	**ZONEAMENTO COM DESAPROPRIAÇÕES E REVITALIZAÇÃO DA ÁREA**					**38.531.343,37**
2.1.1	Desapropriações	28.785.314,62		34.355.273,00		34.355.273,00
2.1.2	Avaliação dos Imoveis (1%)	287.853,15			332.124,96	332.124,96
2.1.3	Demolições e Transporte ate 30 km	1.403.306,81	1.799.179,66			1.799.179,66
2.1.4	Parque Linear	1.600.448,64	1.980.290,98		64.474,77	2.044.765,74
2.2	**DIQUES DE PROTEÇÃO**					**214.936.283,37**
2.2.1	Dique Três Coroas	5.857.525,68	4.295.657,95	2.750.259,09	233.846,70	7.279.763,74
2.2.2	Diques Igrejinha C2B	165.352.303,69	152.458.213,41	48.597.039,39	6.601.266,84	207.656.519,63
3	**SISTEMA DE MONITORAMENTO, PREVISÃO E ALERTA**					**320.525,00**
3.1	Melhoria da rede de monitoramento	250.000,00	320.525,00			320.525,00
*OBS: *Nos itens 1 e 2 são somados os valores referentes ao zoneamento e aos diques. Excluso sistema de monitoramento, previsão e alerta cujo valor é para toda a bacia.*						

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 43 - Custo Total da Intervenção no Alto Sinos C2

Item	Descrição	Valor sem BDI	Valor dos serviços com BDI 28,21%	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35%	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38%	Valor TOTAL com BDI
1	**ALTO SINOS**					**50.342.219,83**
1.1	**ZONEAMENTO COM DESAPROPRIAÇÕES E REVITALIZAÇÃO DA ÁREA**					**10.794.108,41**
1.1.1	Desapropriações	8.109.211,16		9.678.343,52		9.678.343,52
1.1.2	Avaliação dos Imoveis (1%)	81.092,11			93.564,08	93.564,08
1.1.3	Demolições e Transporte ate 30 km	228.991,49	293.589,99			293.589,99
1.1.4	Parque Linear	570.287,43	705.636,55		22.974,28	728.610,83
1.2	**DIQUES DE PROTEÇÃO**					**39.548.111,41**
1.2.1	Diques Rolante e Areia	31.364.579,54	31.221.447,08	7.074.513,90	1.252.150,43	39.548.111,41
2	**SISTEMA DE MONITORAMENTO, PREVISÃO E ALERTA**					**320.525,00**
2.1	Melhoria da rede de monitoramento	250.000,00	320.525,00			320.525,00
*OBS: *No item Alto Sinos são somados os valores referentes ao zoneamento e aos diques. Excluso sistema de monitoramento, previsão e alerta cujo valor é para toda a bacia.*						

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.8.9 Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta - Alternativa Única

✓ **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 hidro meteorológicas, 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.

Na bacia hidrográfica do Sinos a rede pluviométrica é constituída em sua maior parte pelas estações com medições horárias do CEMADEN, porém, também engloba duas estações da Agência Nacional de Águas (Foz do Paranhana e Arroio Caraá).

O total de estações pluviométricas na Bacia do Rio dos Sinos é 28. A distribuição dos postos está concentrada em regiões mais densamente urbanizadas a jusante.

Em relação ao monitoramento do nível dos rios, existem três estações linimétricas bem distribuídas na bacia do Rio dos Sinos.

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.

✓ **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.

Dentro da bacia hidrográfica do Sinos os municípios monitorados são: Três Coroas, Igrejinha, Riozinho, Parobé, Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Nova Santa Rita e Canoas.

Em relação ao monitoramento das precipitações pelo CEMADEN, as áreas compreendidas pela bacia hidrográfica do rio dos Sinos são amplamente monitoradas. O total de estações pluviométricas na Bacia do Rio dos Sinos é 34. A distribuição dos postos está concentrada em regiões a jusante.

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 quatro estações linimétricas com dados disponíveis com monitoramento horário localizadas na bacia do Rio dos Sinos.

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).

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, abarcando 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.

✓ **Complementação da rede de monitoramento**

As bacias em questão são amplamente monitoradas, mas há concentração de postos nas regiões mais densamente urbanizadas a jusante e carência a montante.

Propõe-se implementar pelo menos três novas estações pluviométricas na porção de montante da bacia:

- Uma estação pluviométrica com telemetria na bacia do rio Areia, próximo à localidade de Rolandinho da Areia;
- Uma estação pluviométrica com telemetria na bacia do rio Ilha, próximo à localidade de Padilha Velha;
- Uma estação pluviométrica com telemetria na bacia do rio Caraá, próximo à localidade de Caraá.

Propõe-se implementar pelo menos quatro novas estações fluviométricas na porção de montante da bacia:

- Uma estação fluviométrica com telemetria na bacia do rio Areia, próximo à localidade de Rolandinho da Areia, para estimativa de níveis e vazões ma montante do município de Rolante;
- Uma estação fluviométrica com telemetria na área urbana de Rolante;
- Uma estação fluviométrica com telemetria na área urbana de Igrejinha
- Uma estação fluviométrica com telemetria na bacia do rio na bacia do rio Caraá, próximo à localidade de Caraá.

✓ **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.

No Quadro 44 está apresentado o levantamento dos custos.

Quadro 44 - Custos de instalação, operação e manutenção de estações hidrometeorológicas

Implementação				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Instalação de estação fluviométrica	un	4	R$ 40.000,00	R$ 160.000,00
Instalação de estação pluviométrica	un	3	R$ 30.000,00	R$ 90.000,00
Operação e Manutenção Anual				
Operação e manutenção de estação fluviométrica	estação/ano	2	R$ 60.000,00	R$ 120.000,00
Operação e manutenção de estação pluviométrica	estação/ano	3	R$ 30.000,00	R$ 90.000,00

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

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.

3.8.10 Seguros de Cobertura de Inundações - Alternativa Única

No Produto 12 foram 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).

Levando em consideração as diferenças culturais, restrições de mercado e perdas históricas, no Quadro 45 são apresentadas diferentes escolhas chaves que devem ser consideradas.

Quadro 45 - 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	Existência de mecanismos de compensação pós-desastre e sua interferência nas soluções de seguros existentes.

Fonte: Atreya et al., 2015

Levando em consideração as características locais, sugere-se, para a Bacia do Sinos, o estabelecimento de um esforço colaborativo entre os setores público e privado, onde o setor público exerceria função de Ressegurador e de Regulador.

Propõe-se também a criação de um Seguro Obrigatório, que pode ser complementado por Seguro Voluntário, nos moldes do Seguro Veicular Obrigatório.

Além disso, entende-se como adequado 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.

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:

- ✓ **Público ou Privado**

Esforço colaborativo entre os setores público e privado, onde o setor público exerceria função de Ressegurador e de Regulador.

- ✓ **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.

- ✓ **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.

- ✓ **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).

- ✓ **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.

3.9 Análise de Viabilidade Econômica

A Análise de Viabilidade Econômica foi consolidada através do Produto 13. Os objetivos específicos de tal produto são:

- Estimar os prejuízos causados pelos eventos de cheias do Rio dos Sinos no cenário futuro tendencial (**Cenário 0**) para análise comparativa da viabilidade dos cenários de intervenção (Cenários 1 e 2).
- Realizar comparação das diferentes alternativas (Cenários 1 e 2) através de cálculo do fluxo de caixa, a valor presente, dos custos de investimento, operação e manutenção, não considerando os custos de depreciação e inflação, à taxa de desconto de 12%, ao longo do período de projeto.

Este capítulo busca quantificar o valor dos custos de implantação, operação e manutenção das intervenções e comparar com os benefícios, expressos como prejuízos evitados, como resultado da mitigação destes eventos, na área de estudo.

Na realização desta análise econômica do efeito e mitigação das cheias na Bacia do Rio dos Sinos, serão considerados os eventos de inundação causados pelo Rio dos Sinos, Rio Paranhana, Rio Rolante e Arroio Areia e propostas intervenções para tais áreas.

Nos eventos de cheia causados pelo Rio dos Sinos, os municípios mais atingidos são Canoas, Nova Santa Rita, Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapiranga, Esteio e Sapucaia do Sul. Três Coroas, Igrejinha e Parobé são afetados pelo Rio Paranhana, enquanto que a cidade de Rolante possui inundações causadas pelo Arroio Areia e Rio Rolante.

Alguns tributários do Rio dos Sinos que estão inseridos em áreas urbanas, tiveram sua hidrologia e hidrodinâmica simuladas, tendo sido avaliada a extensão da mancha de inundação sobre os municípios em que estão inseridos, e tais análises servem para o planejamento dos cenários de intervenção 1 e 2.

No entanto, não foram contabilizados os prejuízos causados por eles, pois o escopo do presente trabalho é voltado para a mitigação dos efeitos de cheias causados pelo Rio dos Sinos, Rio Paranhana, Rio Rolante e Arroio Areia e não pelos afluentes que fazem parte da macrodrenagem dos municípios.

Dessa forma, a Análise Econômica refere-se somente ao efeito das inundações causado pelo Rio dos Sinos, Rio Paranhana, Rio Rolante e Arroio Areia e não de seus afluentes que compõe a macrodrenagem das áreas urbanas.

As alternativas de projetos compõem cenários num horizonte de planejamento de 30 anos. Nos Cenários 1 e 2, depois de projetado o cenário futuro tendencial de crescimento urbano (Cenários 0), foram propostas alternativas sendo avaliados os seus custos e comparados aos benefícios gerados para a análise da viabilidade econômica dentro desse horizonte de planejamento.

Os custos de implantação, operação e manutenção do sistema estimados ao longo do horizonte do estudo de 30 anos a iniciar em 2018, é apresentado a valores presentes, utilizando taxas de 6% a.a. e 12% a.a.

3.9.1 Cenário 0- Prejuízos

Esta primeira etapa de análise econômica consiste na quantificação de prejuízos diretos e indiretos gerados às áreas residenciais, comerciais e industriais, infraestrutura e serviços essenciais públicos, e ao valor do tempo dispendido para a limpeza de residências no **Cenário 0**.

A metodologia utilizada no **Cenário 0** e apresentada neste item, é recorrente da quantificação dos prejuízos remanescentes.

No Quadro 46 abaixo, estão listados os itens presentes no escopo deste trabalho:

Quadro 46 - Escopo considerado para a Análise Econômica de Cheias

Natureza	**Itens**
Prejuízos Diretos - Edificações	Estrutura de Edificações Residenciais
	Estrutura de Edificações Comerciais
	Estrutura e Bens de Edificações Industriais
Prejuízos Indiretos - Edificações	Perda de bens móveis e pertences pessoais - Residências
	Perda de produtos e estoques - Comércio
	Interrupção das Atividades - Comércio
Limpeza de Residências	Valor do Tempo da População dispendido
Prejuízos Diretos - Infraestrutura Pública	Instalações públicas de saúde
	Instalações públicas de ensino
	Instalações públicas prestadoras de outros serviços
	Instalações públicas de uso comunitário
	Obras de Infraestrutura Pública
Prejuízos Indiretos - Serviços Essenciais Prejudicados	Abastecimento de água potável
	Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários
	Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo
	Sistema de desinfetação/desinfecção do habitat/controle de pragas e vetores
	Geração e distribuição de energia elétrica
	Telecomunicações
	Transportes locais, regionais e de longo curso
	Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico
	Segurança Pública
	Ensino

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Para a quantificação das áreas atingidas pelos eventos de inundação, foram utilizadas as manchas de inundação do Rio dos Sinos geradas a partir dos estudos hidrológicos efetuados anteriormente. Os Tempos de Recorrência considerados para estes eventos são **5 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos**.

Nestas manchas de inundação, foram ainda considerados intervalos de lâmina d'água para a quantificação da magnitude dos prejuízos diretos sofridos pelas áreas edificadas atingidas pelas cheias.

São elas, conforme Quadro 47.

Quadro 47 - Intervalos considerados nas manchas de inundação

Intervalo	Altura D'água	Prejuízo Direto infligido às áreas edificadas atingidas
Classe 1	Até 1 metro	45% do total da área edificada
Classe 2	Entre 1 e 2,5 metros	60% do total da área edificada
Classe 3	Entre 2,5 e 3 metros	80% do total da área edificada
Classe 4	Acima de 3 metros	100% do total da área edificada

Fonte: Penning-Rowsell, Edmund et al, 2005. Salgado, João Carlos Mattoso, 1995.

Nos próximos itens, serão exploradas as metodologias utilizadas para a quantificação dos prejuízos diretos e indiretos listados no Quadro 46, acima.

✓ **Quantificação de Edificações Atingidas**

Para a quantificação do número de edificações atingidas nos diversos Tempos de Recorrência, foram utilizadas as imagens aerofotogramétricas obtidas e tratadas em etapa anterior do trabalho e identificadas a seguir.

Após, com a demarcação de todas as edificações em formato *Esri Shapefile* (.shp), procedeu-se à verificação das unidades atingidas conforme o Tempo de Recorrência e a lâmina d'água correspondente, com o auxílio do software de geoprocessamento *Maptitude*, da desenvolvedora *Caliper*. Ver Quadro 48 a seguir.

Quadro 48 - Área totais atingidas pelas manchas de inundação por TR (km²)

RIO DOS SINOS					
Altura da Inundação	**TR5**	**TR10**	**TR25**	**TR50**	**TR100**
Lâmina D'água de até 1 metro	32,896	35,929	36,595	29,887	27,625
Lâmina D'água entre 1 e 2,5 metros	36,241	52,072	51,752	41,818	43,660
Lâmina D'água entre 2,5 e 3 metros	3,256	11,123	23,521	35,184	28,526
Lâmina D'água maior que 3 metros	5,622	8,368	15,706	23,548	42,497
Áreas totais atingidas	**78,015**	**107,492**	**127,574**	**130,437**	**142,307**
RIO PARANHANA					
Lâmina D'água de até 1 metro	0,783	2,829	4,083	4,538	4,368
Lâmina D'água entre 1 e 2,5 metros	0,887	1,261	1,921	3,123	4,235
Lâmina D'água entre 2,5 e 3 metros	0,405	0,421	0,403	0,491	0,663
Lâmina D'água maior que 3 metros	0,498	0,900	1,157	1,353	1,591
Áreas totais atingidas	**2,573**	**5,411**	**7,564 ²**	**9,504**	**10,857**
ARROIO AREIA					
Lâmina D'água de até 1 metro	0,199	0,262	0,413	0,742	1,538
Lâmina D'água entre 1 e 2,5 metros	0,127	0,151	0,182	0,266	0,772
Lâmina D'água entre 2,5 e 3 metros	0,038	0,050	0,060	0,102	0,191
Lâmina D'água maior que 3 metros	0,026	0,066	0,104	0,183	0,377
Áreas totais atingidas	**0,390**	**0,529**	**0,758**	**1,293**	**2,879**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A seguir (Quadro 49) está apresentado um resumo das áreas edificadas por município e por Tempo de Recorrência.

*Quadro 49 - Resumo da quantificação das áreas construídas por município (m²) - **Cenário 0***

Mancha	Município	TR05	TR10	TR25	TR50	TR100
Rio dos Sinos	Caraá	9.619	9.772	10.470	11.252	13.215
	Campo Bom	10.079	18.677	32.837	79.305	126.388
	Canoas	578	13.692	122.784	157.219	240.180
	Esteio	281	50.581	276.856	295.055	311.528
	Nova Santa Rita	59.632	88.907	90.242	94.486	96.818
	Novo Hamburgo	92.813	96.283	103.963	109.336	118.567
	São Leopoldo	75.223	112.683	155.985	474.526	531.726
	Sapiranga	0	2.137	17.788	22.859	28.153
	Sapucaia do Sul	13.491	24.897	114.941	228.215	248.933
	Total Rio dos Sinos	**261.717**	**417.630**	**925.867**	**1.472.253**	**1.715.508**
Rio Paranhana	Igrejinha	69.093	502.884	641.113	737.762	818.107
	Parobé	1.231	3.376	10.237	11.222	12.757
	Três Coroas	9.325	13.595	27.071	35.551	51.592
	Total Rio Paranhana	**79.649**	**519.855**	**678.421**	**784.535**	**882.456**
Arroio Areia	Rolante	826	1.230	3.898	13.961	215.022
	Total Arroio Areia	**826**	**1.230**	**3.898**	**13.961**	**215.022**
	Total Geral	**342.192**	**938.716**	**1.608.185**	**2.270.750**	**2.812.986**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ Quantificação de Prejuízos Diretos

Para a quantificação de prejuízos diretos a edificações atingidas, foi utilizado como parâmetro o dano a estrutura principal, contabilizado a partir do valor do CUB - Custo Unitário Básico da construção por m². Este parâmetro foi obtido através da série histórica do Sinduscon-RS[4] - Sindicato da Construção Civil do Rio Grande do Sul, com mês base Outubro/2017.

A seguir no Quadro 50, estão os valores considerados para as quantificações de prejuízos diretos neste relatório:

Quadro 50 - Custos unitários básicos de construção - outubro/2017

Classificação	Padrão de Acabamento	Código	Valor R$/m²	Faixa de Renda
R-1 - Residencial Unifamiliar	Baixo	R 1-B	R$ 1.378,49	Até 3 salários mínimos
	Normal	R 1-N	R$ 1.735,15	Entre 3 e 15 salários mínimos
	Alto	R 1-A	R$ 2.165,59	Maior que 15 salários mínimos
Comercial CSL-8 - Com Salas e Lojas	Normal	CSL 8-N	R$ 1.407,93	-
	Alto	CSL 8-A	R$ 1.620,46	-

Fonte: Sinduscon-RS

[4] Disponível em: http://www.sinduscon-rs.com.br/produtos-e-servicos/pesquisas-e-indices/cub-rs/

Para a determinação das faixas de renda predominante nas áreas atingidas, e da proporção de áreas residenciais e comerciais, utilizou-se os dados disponíveis no IBGE para estas localidades, conforme pode ser visto no Quadro 51 a seguir:

Quadro 51 - Dados gerais dos municípios atingidos

Município	População[1]	Renda Média mensal[2]	Unidades Residenciais[3]	Unidades Comerciais[2]	% de Unidades Comerciais sobre o Total
Campo Bom	64.914	2,5 salários mínimos	21.940	3.327	15,16%
Canoas	343.853	3,3 salários mínimos	103.930	12.206	11,74%
Esteio	84.237	2,6 salários mínimos	28.717	2.791	9,72%
Nova Santa Rita	26.450	2,9 salários mínimos	8.430	797	9,45%
Novo Hamburgo	249.508	2,5 salários mínimos	88.642	14.891	16,80%
São Leopoldo	230.914	3,1 salários mínimos	78.193	7.936	10,15%
Sapiranga	80.311	2 salários mínimos	27.499	3.628	13,19%
Sapucaia do Sul	139.476	2,9 salários mínimos	46.493	3.505	7,54%
Igrejinha	34.903	2 salários mínimos	11.928	1.804	15,12%
Parobé	56.277	1,9 salários mínimos	18.557	1.752	9,44%
Três Coroas	26.589	2 salários mínimos	8.885	1.316	14,81%
Rolante	20.920	1,8 salários mínimos	7.940	883	11,12%
Total Geral	**1.358.352**	**2,77 salários mínimos**	**451.154**	**54.836**	12,15%

*Fontes: **1.** IBGE - População Estimada 2017; **2.** IBGE- Estatísticas do Cadastro Central de Empresas 2015; **3.** IBGE - Censo 2010*

Considerando o perfil socioeconômico das áreas atingidas, utilizou-se para o cálculo dos prejuízos diretos em edificações que 95% das áreas residenciais possuem perfil construtivo R 1-B (Padrão de acabamento baixo), e os 5% restantes estão na classificação R 1-N (Padrão de acabamento normal).

Assim, ponderando os valores dos dois perfis, chegou-se a um valor médio do CUB de R$ 1.396,32. Para áreas comerciais, adotou-se o padrão CSL-8 - Com salas e Lojas, padrão de acabamento normal, cujo CUB, para outubro de 2017, é de R$ 1.407,93.

✓ **Quantificação de Prejuízos Diretos**

Os prejuízos indiretos em residências e estabelecimentos comerciais são referentes aos bens contidos nessas unidades, tais como móveis, eletrodomésticos, estoques de produtos, entre outros bens pessoais.

No caso das unidades comerciais, também se considera o prejuízo decorrente da interrupção de suas atividades. Normalmente, este levantamento é obtido através da correlação deste com o prejuízo direto (VAZ, 2015), dada a dificuldade em calcular corretamente tais tipos de custos.

De acordo com os autores James e Lee apud Canholi (2005), esta correlação de prejuízos indiretos pode ser calculada a partir de um percentual do prejuízo direto, conforme mostrado no Quadro 52 a seguir.

A quantificação discriminada dos prejuízos diretos é apresentada em detalhe no Produto 13.

Quadro 52 - Quantificação de Prejuízos Indiretos sobre Prejuízos Diretos

Ocupação	Percentual de danos indiretos sobre danos diretos
Área Residencial	15%
Área Comercial	37%

Fonte: James e Lee apud Canholi - 2005

✓ **Quantificação dos Prejuízos Totais em Áreas Residenciais e Comerciais**

A partir do levantamento da representatividade de unidades comerciais por município atingido, dos CUBs médios por tipo de ocupação e padrão de acabamento, e dos prejuízos indiretos, pôde-se chegar na seguinte equação para o cálculo dos prejuízos totais em áreas edificadas residenciais e comerciais por Tempo de Recorrência.

Prejuízos Totais Por Tempo de Recorrência

> *É igual a (1,15 x ∑ CUB médio residencial (R$ 1.415,89) x Área edificada atingida x Percentual residencial do município x Percentual de prejuízo causado pela altura d'água) + (1,37 x ∑ CUB comercial (R$ 1,407,45) x Área edificada atingida x Percentual comercial do município x Percentual de prejuízo causado pela altura d'água)*

A quantificação discriminada dos prejuízos totais residenciais e comerciais é apresentada em detalhe no Produto 13.

✓ **Quantificação de Prejuízos em Edificações Industriais**

Para a análise de prejuízos causados a instalações industriais, procedeu-se de forma análoga às edificações residenciais. Os intervalos de alturas de inundação para a quantificação de prejuízos continuaram iguais.

Contudo, dada a heterogeneidade das instalações sujeitas aos eventos das cheias dos rios Sinos e Paranhana, e pela imprecisão na quantificação exata dos potenciais prejuízos às estruturas, maquinários e estoques, adotou-se um valor padrão, para um cenário de perda total, de R$ 200,00/m² (CANHOLI, 2005).

Neste estudo, verificou-se que as áreas industriais mais vulneráveis aos efeitos das cheias são as instalações localizadas próximas ao Rio dos Sinos em Canoas, Novo Hamburgo, Esteio e Santa Rita, e as atingidas pelo Rio Paranhana, nos municípios de Igrejinha e Três Coroas.

Após a quantificação das áreas, aplicou-se a seguinte equação para o cálculo dos prejuízos totais em edificações industriais por tempo de recorrência:

Prejuízos Totais

> *É igual a ∑ Custo médio por m² (R$ 200,00) x Área Industrial atingida x Percentual de Prejuízo referente à altura d´água*

A quantificação discriminada dos prejuízos às edificações industriais é apresentada em detalhe no Produto 13.

✓ **Quantificação dos Prejuízos Públicos**

A quantificação dos prejuízos diretos e indiretos sofridos pelos entes públicos foi realizada a partir da análise do histórico dos últimos quatro anos de Formulários de Informações de Desastre - FIDE, da Defesa Civil, registrados em municípios pertencentes à Bacia do Rio dos Sinos que passaram por eventos de Inundações.

Os itens registrados na contabilização de danos ao patrimônio e aos serviços públicos nos Formulários de Informações de Desastre são os mostrados no Quadro 53 a seguir.

Quadro 53 - Prejuízos Públicos contabilizados pela Defesa Civil

Natureza	Itens
Prejuízos Diretos - Infraestrutura Pública	Instalações públicas de saúde
	Instalações públicas de ensino
	Instalações públicas prestadoras de outros serviços
	Instalações públicas de uso comunitário
	Obras de Infraestrutura Pública
Prejuízos Indiretos - Serviços Essenciais Prejudicados	Abastecimento de água potável
	Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários
	Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo
	Sistema de desinfetação/desinfecção do habitat/controle de pragas e vetores
	Geração e distribuição de energia elétrica
	Telecomunicações
	Transportes locais, regionais e de longo curso
	Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico
	Segurança Pública
	Ensino

Fonte: Adaptado de Defesa Civil[5]

Na próxima tabela estão as FIDEs analisadas para este estudo:

[5] Disponível em: https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/

Quadro 54 - Prejuízos registrados pela Defesa Civil em Inundações na Bacia

Formulário de Informações do Desastre - FIDE	Local - Data	Danos em habitações	Danos em Infraestrutura Pública	Danos aos Serviços Públicos
RS-F-4303905-12100-20130827	Campo Bom - 27/08/2013	3.780.000,00	660.000,00	174.176,76
RS-F-4307708-12100-20131111	Esteio - 11/11/2013	465.000,00	300.000,00	390.000,00
RS-F-4307708-12100-20151014	Esteio - 14/10/2015	358.100,00	2.700.000,00	3.170.000,00
RS-F-4314050-12100-20130828	Parobé - 28/08/2013	2.240.000,00	1.983.000,00	2.867.000,00
RS-F-4303905-12300-20150720	Campo Bom - 20/07/2015	2.314.200,00	750.000,00	4.829.300,00
RS-F-4314050-12300-20150713	Parobé - 13/07/2015	950.000,00	0,00	325.000,00
RS-F-4319901-12300-20131022	Sapiranga - 22/10/2013	450.000,00	0,00	0,00

Fonte: Adaptado de Defesa Civil[6]

Observando os prejuízos contabilizados pela Defesa Civil para estes eventos, e correlacionando os danos ao patrimônio e aos serviços públicos aos prejuízos diretos em unidades habitacionais, chegou-se aos percentuais de 65% para a Infraestrutura Pública, e 110% para os serviços essenciais.

Comparando estes percentuais com os sugeridos por James e Lee *apud* Canholi (2005), de 34% e 10% respectivamente, observou-se que estas regiões banhadas pelo Rio dos Sinos e seus afluentes são especialmente prejudicadas pela interrupção dos serviços públicos essenciais e danos ao patrimônio público, registrando perdas sensivelmente superiores do que a registrada pela literatura acadêmica para o tema, ou ainda por regiões vizinhas, como a Bacia do Rio dos Sinos.

De forma a evitar a sobrevalorização dos prejuízos públicos ao longo do horizonte do estudo, e considerando que estatisticamente, os danos registrados à infraestrutura e serviços públicos tenderão ao comportamento já registrado em outros estudos, optou-se por adotar taxas médias entre a literatura acadêmica e as registradas pela Defesa Civil, para a correlação entre prejuízos diretos residenciais e prejuízos aos entes públicos.

Assim, aplicando-se os fatores de 50% para os prejuízos à infraestrutura pública, e 60% para prejuízos aos serviços essenciais, foram encontrados os valores, discriminados por Tempo de Recorrência e Mancha de Inundação.

A quantificação discriminada dos prejuízos públicos é apresentada em detalhe no Produto 13.

[6] Ibid.

✓ **Limpeza das Edificações Atingidas - Valor do Tempo**

Este item considera o tempo dispendido pela população para a limpeza de suas residências.

O cálculo para essa quantificação considera o tempo dispendido em homens/hora/m² para a limpeza de edificações, conforme a altura final do evento de inundação, e o valor do tempo das pessoas que executaram o serviço (PENNING-ROSWELL e CHATTERTON,1977).

A formulação para esta quantificação é a que segue:

$$\textit{Custo de Limpeza de Residências} = \frac{RMF}{MR} \times \frac{ES}{NH} \times TL \times AIC$$

Onde:

RMF: *Renda Média Familiar (R$)*
MR: *Quantidade de moradores por residência*
ES: *Encargos Sociais (média de 95% = 1,95)*
NH: *Número de horas trabalhadas por mês (168 horas)*
TL: *Tempo de Limpeza (horas/m²/pessoa)*
AIC*: Área Inundada construída (m²)*

O tempo de limpeza é definido de acordo com altura de inundação, conforme pode ser visto no Quadro 55 abaixo:

Quadro 55 - Tempo de Limpeza em áreas edificadas

Altura da inundação (m)	Horas/m²/pessoa
0,50 a 0,75	0,25
0,75 a 1,00	0,5
1 a 1,5	1
1,5 a 2	3
2 a 3,5	5

Fonte: Adaptado de Penning-Roswell e Chatterton - 1977

Para a adaptação destas alturas às classes adotadas neste estudo, foram adotados os seguintes valores ponderados:

- **Classe 1** (até 1 metro): 0,375 horas/m²/pessoa
- **Classe 2** (entre 1 e 2,5 metros): 2 horas/m²/pessoa
- **Classe 3** (entre 2,5 e 3 metros): 4 horas/m²/pessoa
- **Classe 4** (maior que 3 metros): 5 horas/m²/pessoa

A partir dos dados disponibilizados pelo IBGE7, foi possível quantificar a renda média e a quantidade de moradores por residência, como pode ser visto no Quadro 56 seguir.

[7] Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br

Quadro 56 - Renda média mensal e média de moradores por residência discriminadas por município

Município	População[1]	Renda Média mensal[2]	Média de Moradores por residência
Campo Bom	64.914	R$ 2.342,50	3
Canoas	343.853	R$ 3.092,10	3,3
Esteio	84.237	R$ 2.436,20	2,9
Nova Santa Rita	26.450	R$ 2.717,30	3,1
Novo Hamburgo	249.508	R$ 2.342,50	2,8
São Leopoldo	230.914	R$ 2.904,70	3
Sapiranga	80.311	R$ 1.874,00	2,9
Sapucaia do Sul	139.476	R$ 2.717,30	3
Igrejinha	34.903	R$ 1.874,00	2,9
Parobé	56.277	R$ 1.780,30	3
Três Coroas	26.589	R$ 1.874,00	3
Rolante	20.920	R$ 1.686,60	2,6
Total Geral	**1.358.352**	R$ 2.597,12	3
Obs: *A Renda Média mensal foi calculada a partir do Salário Mínimo Nacional de 2017, de* ***R$ 937,00***			

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A quantificação discriminada dos da limpeza das edificações é apresentada em detalhe no Produto 13.

✓ **Avaliação Econômica do Cenário 0- Sem Crescimento**

Este item tem por objetivo analisar o prejuízo total, ao longo do horizonte de estudo, do **Cenário 0**, ou seja, sem intervenções para a mitigação dos efeitos das inundações do Rio dos Sinos e seus afluentes analisados neste estudo, Rio Paranhana e Arroio Areia.

Nesta primeira análise, será considerada a estabilização populacional e da urbanização nas áreas atingidas, ou seja, sem crescimento nos próximos trinta anos.

Primeiramente, somaram-se todos os prejuízos totais obtidos nas quantificações realizadas nos itens anteriores, por mancha de inundação.

Em seguida, modelou-se uma equação para cada mancha de inundação, bem como de toda a Bacia, utilizando os prejuízos calculados dos tempos de recorrência como base, para estimar os custos com os eventos de cheias ao longo do tempo, bem como sua equação exponencial equivalente para o cálculo da probabilidade da magnitude dos custos causados pelas manchas de inundação.

Para o cálculo do Prejuízo Estimado Anual de cada mancha, e posteriormente da Bacia do Rio dos Sinos, foi necessário contabilizar todos os prejuízos esperados até o Tempo de Recorrência máximo considerado, de 100 anos, conforme suas probabilidades correspondentes.

A equação utilizada é a que segue:

$$Prejuízo\ Anualizado = \frac{\sum_i^j (P_{i-1} + P_i\ )}{2\ x\ (C_i - C_{i-1})}$$

Onde:

P: Probabilidade entre 0 e 1

C: Prejuízo Total

Portanto, como os rios e arroios estudados possuem comportamentos distintos ao longo dos tempos de retorno estudados, resultando em equações de probabilidade de eventos igualmente distintas, a soma dos prejuízos estimados anuais dos três corpos d'água não será igual ao prejuízo anual estimado considerando os prejuízos totais da Bacia, mas um valor aproximado a este, de **R$ 822 milhões**.

Como esperado, o rio que mais contribui para o prejuízo com os eventos de cheias na Bacia é o Rio dos Sinos, que responde por 64,46% dos custos financeiros estimados para a recuperação das edificações e serviços após as inundações, de R$ 581 milhões/ano.

Em seguida, o Rio Paranhana responde por 34,99% dos prejuízos, com R$ 315 milhões, seguido do Arroio Areia, com R$ 4,9 milhões (0,55%).

Por fim, calculou-se este prejuízo estimado, por mancha e para a Bacia, ao longo do horizonte do estudo de 30 anos a iniciar em 2018, a valores presentes, utilizando taxas de 6%a.a. e 12% a.a.

Conclui-se que, sem intervenções para mitigação dos efeitos das inundações nas áreas estudadas nos próximos 30 anos, o prejuízo total para este cenário sem crescimento, para a toda a Bacia do Rio dos Sinos, será de **R$ 11,31 bilhões**, a uma taxa de 6%, ou de **R$ 6,62 bilhões**, a uma taxa de 12%.

A análise de Valor Presente Líquido dos prejuízos nesse cenário é detalhada no Produto 13.

✓ **Avaliação Econômica do Cenário 0- Com Crescimento**

Neste item, foi aplicada uma taxa de crescimento ao Prejuízo Estimado Total. Para a definição desta taxa de crescimento, primeiramente foram remodeladas as manchas de inundação para todos os Tempos de Recorrência tomando como base o crescimento das áreas urbanas atingidas pelos eventos de cheias.

Este cenário urbano futuro representa 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.

Este aumento de área urbana gera efeitos no comportamento das manchas de inundação, pela alteração do fator de impermeabilização do solo.

Em resumo, o aumento das áreas totais edificadas, a melhora gradativa dos padrões construtivos, a maior oferta de infraestrutura e serviços públicos, e a maior impermeabilização do solo nas planícies de inundação dos rios dos Sinos, Paranhana e Arroio Areia resultam no aumento das manchas de inundação pela impossibilidade de absorção desta pelo terreno, e por consequência, nos prejuízos totais estimados por Tempo de Recorrência.

No final do horizonte de estudo, considerando a consolidação crescimento urbano dos municípios atingidos pelos eventos de inundação, estima-se que as cheias com Tempo de Recorrência entre 5 e 100 anos causem um **prejuízo anual estimado de R$ 1,4 bilhões, sendo R$ 1 bilhão para a Mancha do Rio dos Sinos, e R$ 398 milhões para o Rio Paranhana**.

Para o Arroio Areia, o cenário se manteve inalterado, com R$ 4,9 milhões/ano.

Contudo, como este é o cenário com as manchas urbanas do 30º ano de estudo, os dois cenários, com e sem crescimento dos municípios devem ser considerados, estimando que as mudanças nas cidades atingidas ocorrerão dentro deste horizonte.

Assim, o primeiro ano do horizonte terá o prejuízo anualizado considerando a situação atual da mancha urbana, aumentando gradativamente até atingir os R$ 1,4 bilhões/ano no trigésimo ano.

Para a obtenção da taxa de crescimento anual dos prejuízos anualizados no horizonte de estudo, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Prejuízo\ anualizado\ do\ cenário\ urbano\ no\ 30º\ ano = Prejuízo\ anualizado\ no\ ano\ zero\ x\ (1 + taxa\ de\ crescimento)^{29}$$

Onde:

Prejuízo anualizado do cenário urbano no 30º ano = R$ 1.467.539.504

Prejuízo anualizado do cenário urbano no ano zero = R$ 822.269.549

Obteve-se uma **taxa de crescimento de 2,01% a.a.**. para o prejuízo anualizado da Bacia do Rio dos Sinos, considerando assim a alteração gradativa no uso do solo até atingir o cenário urbano do 30º ano.

Observando-se o Rio dos Sinos separadamente, a taxa de crescimento fica em **2,11%a.a.**, e para o Rio Paranhana em **0,80%a.a**.

Conclui-se então que, considerando o crescimento gradual da mancha urbana, e consequente alteração no uso do solo, o prejuízo total para a Bacia do Rio dos Sinos para o **Cenário 0**será de **R$ 7,79 bilhões a uma taxa de desconto de 12% a.a., ou R$ 14,18 bilhões a uma taxa de 6% a.a.**.

Para o Rio Paranhana, o prejuízo total ficou entre R$ 2,98 bilhões (12%a.a.) e R$ 5,44 bilhões (6%a.a.).

O Rio dos Sinos apresentou custos entre R$ 5,49 bilhões (12%a.a.) e R$ 10,03 bilhões (6%a.a.), enquanto que o Arroio Areia permaneceu com prejuízos inalterados entre R$ 40,25 milhões (12%a.a.) e R$ 68,78 milhões (6%a.a.).

A análise de Valor Presente Líquido dos prejuízos nesse cenário é detalhada no Produto 13.

3.9.2 Cenário 1 - Prejuízos

Neste Cenário, é proposta a desapropriação de parte das unidades residenciais, comerciais e industriais atingidas periodicamente pelos eventos de cheias na Bacia do Rio dos Sinos, assim como a densificação da rede de monitoramento que compõe o sistema de alerta existente.

Para a definição de áreas onde será feito o processo de remoção das edificações atingidas, foi realizado um zoneamento, tomando como base as manchas de inundação com tempos de recorrência de 5 a 100 anos.

As áreas onde ocorrerão as desapropriações são definidas como **Zonas de Passagem de Cheias**, e os locais em que as ocupações já consolidadas ainda conviverão com os eventos de inundação são as **Zonas com Restrição de Ocupação**.

Em seguida, para as edificações localizadas na área de convivência das cheias, chamada de Zona com Restrição de Ocupação foi quantificado, de forma análoga ao **Cenário 0**, os prejuízos diretos e indiretos causados pelas manchas de inundação nos Tempos de Recorrência de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

A metodologia utilizada para a quantificação de edificações pertencentes tanto às Zonas de Passagem de Cheias, como às Zonas com Restrição de Ocupação foi análoga à do **Cenário 0**. Tal análise é detalhada no Produto 13.

A análise econômica foi realizada considerando a taxa de crescimento da mancha para o período de estudo, de 30 anos, já detalhada na análise do **Cenário 0**.

O prejuízo remanescente no **Cenário 1** é de **R$ 5,5 bilhões dada uma taxa de desconto de 12% a.a. ou R$ 10,1 bilhão a uma taxa de 6% a.a.**

3.9.3 Cenário 2 - Prejuízos

Neste Cenário, é proposto um conjunto de obras nos rios Rolante/Arroio Areia, Paranhana e Sinos para a mitigação do efeito das cheias. Além destas, é proposto um zoneamento, de forma análoga ao **Cenário 1**, para as áreas onde ainda haverá zonas de inundação residuais.

Para a definição de áreas onde será feito o processo de remoção das edificações atingidas, foi realizado um zoneamento, tomando como base as manchas de inundação com tempos de recorrência de 5 a 100 anos.

Analogamente ao **Cenário 1**, as áreas onde ocorrerão as desapropriações foram definidas como **Zonas de Passagem de Cheias**, e os locais que ainda conviverão com os eventos de inundação estarão em **Zonas com Restrição de Ocupação**.

A análise econômica foi realizada considerando a taxa de crescimento da mancha para o período de estudo, de 30 anos, já detalhada na análise do **Cenário 0**. Tal análise é detalhada no Produto 13.

O prejuízo remanescente no Baixo Sinos **Cenário 2**A, 2B e 2C é de **R$ 200 milhões dada uma taxa de desconto de 12% a.a. ou R$ 375,3 milhões a uma taxa de 6% a.a..**

O prejuízo remanescente no Médio Sinos **Cenário 2**A é de **R$ 226 milhões dada uma taxa de desconto de 12% a.a. ou R$ 396,1 milhões a uma taxa de 6% a.a..**

O prejuízo remanescente no Médio Sinos **Cenário 2**B é de **R$ 48,9 milhões dada uma taxa de desconto de 12% a.a. ou R$ 85,7 milhões a uma taxa de 6% a.a..**

O prejuízo remanescente no **Cenário 2** é de **R$ 1,2 milhões dada uma taxa de desconto de 12% a.a. ou R$ 2 milhões a uma taxa de 6% a.a..**

3.9.4 Comparativo entre Cenários

Quadro 57 - Comparativo de Prejuízos entre Cenários

Mancha/Parâmetro	Rio dos Sinos	Rio Paranhana	Rio Paranhana	Rio Areia
	C2A, C2B e C2C	C2A	C2B	C2
Prejuízo Anualizado - Cenário 0	R$ 465.865.690	R$ 311.414.820	= R$ 311.414.820	R$ 3.837.203
Prejuízo Anualizado - Cenário 1	R$ 220.323.102	R$ 64.110.116	= R$ 64.110.116	R$ 3.653.493
Prejuízo Anualizado - Cenário 2	R$ 19.758.145	R$ 28.851.371	R$ 6.396.845	R$ 144.848
Prejuízo Total - VP 12% a.a. - Cenário 0	R$ 4.712.550.605	R$ 2.674.827.673	= R$ 2.674.827.673	R$ 30.909.378
Prejuízo Total - VP 12% a.a. - Cenário 1	R$ 2.228.719.116	R$ 550.659.447	= R$ 550.659.447	R$ 29.429.556
Prejuízo Total - VP 12% a.a. - Cenário 2	R$ 199.867.169	R$ 247.812.372	R$ 54.944.266	R$ 1.166.780
Prejuízo Total - VP 6% a.a. - Cenário 0	R$ 8.848.772.446	R$ 4.694.796.215	= R$ 4.694.796.215	R$ 52.818.454
Prejuízo Total - VP 6% a.a. - Cenário 1	R$ 4.184.873.534	R$ 966.504.838	= R$ 966.504.838	R$ 50.289.711
Prejuízo Total - VP 6% a.a. - Cenário 2	R$ 375.291.270	R$ 434.954.594	R$ 96.436.917	R$ 1.993.812

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Obs: Como já foi apontado no relatório do Cenário 0, a modelagem da equação dos prejuízos anualizados para a totalidade da Bacia não resulta na soma dos custos obtidos com as manchas separadamente.

O resultado é uma aproximação desta soma, como o retrato de um único evento de cheia, uniforme, na área atingida da Bacia.

3.9.5 Análise Econômica das Cheias

A avaliação econômica do projeto foi realizada através da obtenção das figuras de mérito, tais como: Taxa Interna de Retorno Econômico (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e a relação Benefício/Custo (B/C), obtidas a partir da confrontação dos benefícios e custos, apresentados nos fluxos de caixa, tendo como base os cenários sem nenhuma intervenção (**Cenário 0**) e com as intervenções estruturais e/ou não estruturais (**Cenário 1** e **2**).

- **Valor Presente Líquido (VPL)**

É a soma de todas as receitas e despesas ocorridas no período de análise, cada uma delas descontada para o presente pela taxa de juros adotada (12% ao ano).

Caso esse valor resulte maior do que de zero, significa que os benefícios auferidos durante o período de análise serão suficientes para cobrir todos os investimentos e as despesas operacionais.

- **Taxa Interna de Retorno (TIR)**

Em termos de cálculo, é a taxa de juros que anula o Valor Presente Líquido. Equivale a máxima taxa de juros que se pode pagar por um empréstimo para o empreendimento, e assegurar seu equilíbrio durante o período de projeto.

Assim, se a TIR resultar acima das taxas de juros do mercado ou do custo de oportunidade do capital (12% a.a.), o empreendimento é atrativo.

- **Relação Benefício/Custo (B/C)**

Dado pelo quociente entre o valor presente da sequência de receitas ou benefícios e o da sucessão de custos.

Quando a razão B/C exceder a unidade, o valor presente do projeto, como anteriormente definido, é positivo.

O custo total de investimento, levantado a preços de mercado, foi então transformado a preços econômicos a partir dos fatores de conversão do BID, por tipo de serviço.

Foi adotado o fator médio de 84,09% e aplicados nos Fluxos de Caixa.

Os fluxos de caixa de investimento apresentados no Produto 13, mostram os resultados da análise, onde se verificou que os investimentos do **Cenário 1** e 2 mostraram-se **viáveis a preços econômicos** considerando as premissas adotadas e a taxa de desconto do estudo de 12%.

✓ **Mitigação dos Prejuízos com a Adoção de Diques no Cenário 2**

O objetivo foi permitir uma comparação direta entre os custos de investimento, operação e manutenção de tal obra com os prejuízos evitados quantificados e apresentados.

Calculando-se o prejuízo evitado por cada dique, se puderam realizar os fluxos de caixa e cálculo de benefício custo de cada obra.

Diante do exposto nessa análise, ficam demonstradas as possibilidades de viabilidade econômica das intervenções propostas em termos globais (por cenário) e locais (obras), considerando a análise pelo Fluxo de Caixa Descontado, segundo os parâmetros estabelecidos.

O respaldo para essa afirmação foi dado pelos indicadores econômicos calculados a partir do fluxo de caixa das Alternativas propostas, onde se ressalta a Taxa Interna de Retorno (TIR) bem superior ao 12,0% esperado, conforme mostrado anteriormente.

Os indicadores dos fluxos de caixa das obras propostas são apresentados no Quadro 58.

Quadro 58 - Resultado dos Critérios Econômicos de Avaliação das obras propostas

Diques	VPL Diferença entre Benefício e Custo das Intervenções (R$)	Taxa Interna de Retorno (TIR)	Benefício / Custo (B/C)
Dique Nova Santa Rita	R$ 349.588.606,00	144,85%	10,59
Diques Sapucaia do Sul	R$ 14.788.692,00	17,88%	1,41
Diques Cerquinha	R$ 831.794.799,00	1.617,76%	118,31
Canoas/Esteio (C2A)	R$ 206.617.093,00	33,29%	2,08
Canoas/Esteio (C2B)	R$ 238.036.459,00	43,39%	2,60
Canoas/Esteio (C2C)	R$ 195.134.883,00	30,64%	1,94
Dique Feitoria	R$ 181.758.294,00	70,72%	5,48
Dique Lomba Grande	R$ 421.091.565,00	690,49%	54,31
Dique Bairro N	R$ 838.821,00	13,87%	1,13
Dique Schmidt	- R$ 12.772.090,00	TIR < 0	0,10
Dique Três Coroas	- R$ 3.867.914,00	TIR < 0	0,34
Diques Igrejinha C2A	R$ 102.820.994,00	29,78%	2,11
Diques Igrejinha C2B	R$ 277.302.490,00	38,45%	2,67
Diques Rolante	- R$ 4.707.483,00	9,17%	0,85

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.9.6 Conclusões

Diante do exposto nessa análise, ficam demonstradas as possibilidades de viabilidade econômica dos empreendimentos propostos, considerando a análise pelo Fluxo de Caixa Descontado, segundo os parâmetros estabelecidos.

Observou-se que o modelo do **Cenário 2** desenhado, com Capital Próprio mostrou atratividade quando analisado as obras de forma conjunta.

Em contrapartida, as obras de Campo Bom - Arroio Schmidt, Três Coroas e Rolante não apresentaram viabilidade econômica.

O respaldo para essa afirmação foi dado pelos indicadores econômicos calculados a partir do fluxo de caixa das Alternativas propostas, onde se ressalta a Taxa Interna de Retorno (TIR) bem superior ao 12,0% esperado, conforme mostrado anteriormente.

3.10 Análise Multicritério e Cenário Consolidado

O Produto 14 - Consolidação do Conjunto de Intervenções teve por objetivo geral selecionar o conjunto de medidas estruturais e não-estruturais a serem implantadas para o controle dos eventos de cheias na Bacia.

As intervenções são apresentadas segundo a escolha de alternativas multicritérios.

Os objetivos específicos da Análise Multicritério e Cenário Consolidado são:

- Apresentar a análise multicritério para a escolha das intervenções a serem consolidadas, considerando os aspectos econômico, social, técnico e ambiental.
- Apresentar os anteprojetos de engenharia das intervenções consolidadas.
- Apresentar o zoneamento de inundações consolidado e integrado às demais intervenções e legislações.
- Apresentar o sistema de monitoramento previsão e alerta consolidado.
- Apresentar o seguro de cobertura de inundações consolidado.
- Apresentar as soluções para a questão ambiental com o memorial de cada problema identificado e suas medidas de forma consolidada.
- Apresentar como anexo da consolidação as plantas dos projetos de engenharia e de recuperação ambiental, o memorial descritivo, a memória de cálculo e os quantitativos e orçamentos.

A análise multicritério visa quantificar e ponderar as diferentes componentes decisórias para a avaliação e decisão do conjunto de alternativas que melhor atendem as demandas das populações vulneráveis.

Uma vez analisadas, se consolidam as intervenções escolhidas e é dado o seu encaminhamento quanto à sua exequibilidade em termos de prazo e custos.

No que tange a análise multicritério, a complexidade verificada decorrente do aumento do número de informações e da necessidade de utilizá-las no processo decisório fez com que surgissem novos métodos para a escolha da melhor alternativa na tentativa de alcançar maior assertividade nas tomadas de decisão.

Neste sentido, métodos multicritérios de tomada de decisão surgiram como métodos de apoio que são vistos como ferramentas matemáticas, eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes (Brans & Mareschal, 2005).

Tais métodos fornecem ao usuário uma classificação e ranqueamento das intervenções candidatas (Saaty, 1991; Saaty & Vargas, 2012).

Para Vincke (1992), a vantagem da utilização de métodos multicritérios ocorre pelo fato de que não há, em geral, decisões que sejam simultaneamente ótimas sob todos os pontos de análise, fazendo com que ocorra desta forma, a seleção da melhor opção possível.

A análise multicritério levou em consideração a apreciação dos Cenários 0, 1 e 2 de forma global, ou seja, considerando todas as intervenções propostas na bacia em cada cenário, consolidando tanto as intervenções com viés para as cheias, quanto para estiagens e recuperação ambiental.

Dessa forma, se pôde avaliar a possível viabilidade global, em que, mesmo intervenções aparentemente menos vantajosas num aspecto econômico, talvez possam ser viabilizadas num contexto geral.

Assim, no caso de uma região protegida por sistema de proteção composto por dique e estação de bombeamento, a análise é apresentada considerando os benefícios que tal região terá no caso da implantação do sistema de proteção estrutural, ou no caso do zoneamento e consequente desapropriação da população, comparada ao cenário tendencial de convivência (C0).

Nesse sentido, a Bacia do Rio dos Sinos, é dividida em:

- Macro unidade do Alto Sinos;
- Macro unidade do Médio Sinos;
- Macro unidade do Baixo Sinos.
- Individual:
    - Unidade de avaliação da região impactada em Nova Santa Rita;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Sapucaia do Sul;
    - Unidade de avaliação da região impactada em São Leopoldo (Arroio Cerquinha);
    - Unidade de avaliação da região impactada em Canoas e Esteio;
    - Unidade de avaliação da região impactada em São Leopoldo Feitoria;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Novo Hamburgo Lomba Grande;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Campo Bom - Bairro N;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Campo Bom - Schmidt;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Igrejinha;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Três Coroas;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Rolante;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Riozinho;
    - Unidade de avaliação da região impactada em Caraá.

3.10.1 Análise Multicritério

No contexto de uma análise multicritério a seleção de cenários é facilitada pela avaliação de cada escolha dentro de um grupo de critérios.

Tais critérios devem ser mensuráveis, mesmo que em uma escala nominal (sim/não) e os resultados de cada ação devem ser quantificados para cada cenário.

A lista de critérios provê a base para a comparação das escolhas e consequentemente facilita a seleção satisfatória.

Cada cenário proposto é composto por um grupo de escolhas que, dentro da sua filosofia individual, visa mitigar os impactos dos efeitos das cheias dentro das áreas do escopo na bacia.

Em comparação à simples análise econômica, o principal mérito de uma análise multicritério é que tal provê um método explícito de se levar em consideração os impactos de projetos que não poderiam ser avaliados em pecúnia facilmente (elementos intangíveis).

A partir de uma lista de critérios desenvolve-se um método para ranquear tais cenários.

Cada cenário proposto apresenta um desempenho distinto nos diferentes quesitos analisados.

A análise multicritério consiste em ponderar esta série de quesitos e obter um *score* global e, a partir de tal, pode-se considerar qual cenário é o recomendado para cada caso.

A lista de critérios considerados na análise contempla, além da análise econômica, aspectos sociais e ambientais, assim como elementos logísticos para o planejamento urbano.

Os critérios estão assim agrupados em grandes áreas:

- **Critérios Econômicos:** aqueles que demandam investimento financeiro inicial para implantação ou ao longo do horizonte de projeto para a operação e manutenção ou ainda que mostrem os prejuízos para implantação do Cenário. Podem vir de grandezas numéricas ou análise nominal;
- **Critérios Sociais:** aqueles que impactam diretamente na qualidade de vida da população, principalmente naquelas mais vulneráveis;
- **Critérios Ambientais:** aqueles que impactam diretamente no ecossistema regional ou na qualidade de água;
- **Critérios Logísticos ou Operacionais:** aqueles que avaliam a operacionalidade do sistema a ser implantado como um todo, inclusive aqueles que dependem indiretamente da qualidade e capacitação da gestão municipal ou regional.

Na falta de metodologia mais adequada, os pesos de cada área foram definidos pela equipe técnica na tentativa de atender as expectativas apresentadas durante as diversas reuniões realizadas pelo grupo de trabalho.

Foram considerados os seguintes pesos, conforme Quadro 59.

Quadro 59 - Pesos atribuídos para cada área

Critérios	Peso
Econômicos	35%
Sociais	45%
Ambientais	10%
Logísticos ou Operacionais	10%
Total	**100%**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Os seguintes critérios foram elencados como significativos para a análise multicritério:

✓ **Critérios Econômicos**

- Valor presente dos custos de implantação, despesas de operação e prejuízos remanescentes (VPL);
- Interferências em atividades econômicas;
- Interferências com a infraestrutura existente (implantação).

✓ **Critérios Sociais**

- Desapropriação / Reassentamento de população;
- Prejuízos remanescentes;
- Conflitos nos usos do solo e da água;
- Risco de vida.

✓ **Critérios Ambientais**

- Alteração no regime e na qualidade de água;
- Interferências em áreas de proteção ambiental;
- Remoção de cobertura vegetal.

✓ **Critérios Logísticos ou Operacionais**

- Interferência com os serviços públicos (eventos);
- Operação e manutenção.

Para a realização da análise os cenários serão avaliados na sua relação entre si.

São apresentadas notas normalizadas de 0 a 1 para cada critério, sendo que:

- 0 (zero) representa a pior desempenho entre os Cenários;
- 1 (um) representa a melhor performance entre os Cenários;
- Valores entre 0 e 1 significam performance intermediária**.**

Cada critério apresenta um peso diferente de acordo com os valores e percepção da sociedade contida na bacia.

O peso atribuído para cada critério pode ser qualquer número de 1% a 99%. Quanto maior o número maior sua importância para a sociedade.

A soma de todos os pesos atribuídos aos critérios será sempre 100%.

A nota global dada a cada alternativa é constituída por:

$$N_{C(x)} = \sum_{i=1}^{n} P_i * N_i C_{(x)}$$

Onde:

$N_{C(x)}$ = nota global do Cenário x;
n = número de critérios;
i = um certo critério;
P_i = peso do critério i;
$N_i C_{(x)}$ = nota do critério i para o Cenário x;

A alternativa que apresentar a maior nota global é considerada a mais vantajosa dentro dos critérios apresentados.

Cada um dos critérios tem as considerações realizadas em maior detalhe no Produto 14.

✓ **Pesos**

Abaixo no Quadro 60 são apresentados os pesos finais utilizados para cada critério de avaliação dos Cenários.

Quadro 60 - Pesos atribuídos para cada critério de avaliação

Critérios	Peso
Econômicos	
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação (VPL)	30%
Interferências em atividades econômicas	2%
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	3%
Subtotal	35%
Sociais	
Desapropriação / Relocação de população	15%
Conflitos nos usos do solo e da água	5%
Prejuízos remanescentes	15%
Risco de vida	10%
Subtotal	45%
Ambientais	
Alteração no regime e na qualidade de água	2%
Interferências em áreas de proteção ambiental	4%
Remoção de cobertura vegetal	4%
Subtotal	10%
Logísticos ou Operacionais	
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	2%
Operação e manutenção	8%
Subtotal	10%
Total	**100%**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Unidade global de avaliação - Baixo Rio dos Sinos**

Os critérios acima descritos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1, 2A, 2B e 2C do Baixo Sinos considerando todas as alternativas constantes em cada um deles.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 61 a seguir, apresenta os resultados da análise.

Pode se depreender que os três cenários de obras elencados para o Baixo Sinos, em que há variação apenas na região de Canoas e Esteio tem pontuações semelhantes na análise multicritério, se destacando de forma sutil o **Cenário 2**B, quando analisado o Baixo Sinos de forma global.

Quadro 61 - Análise Multricritério Global - Baixo Rio dos Sinos

Critério	Grandezas					Normalização					Pesos	Ponderação				
	C0	C1	C2A	C2B	C2C	C0	C1	C2A	C2B	C2C		C0	C1	C2A	C2B	C2C
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	5.511.828.123	4.320.070.525	545.091.009	513.671.643	556.573.219	0,09	0,12	0,94	1,00	0,92	0,30	0,03	0,04	0,28	0,30	0,28
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,5	1,0	0,7	0,8	0,00	0,50	1,00	0,70	0,80	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,6	0,0	0,3	0,1	1,00	0,60	0,00	0,30	0,10	0,03	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	1.091	405	403	404	1,00	0,00	0,63	0,63	0,63	0,15	0,15	0,00	0,09	0,09	0,09
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,7	0,9	0,8	0,00	1,00	0,70	0,90	0,80	0,05	0,00	0,05	0,04	0,05	0,04
Prejuízos remanescentes (edificações)	11.187	10.904	1.634	1.594	1.634	0,14	0,15	0,98	1,00	0,98	0,15	0,02	0,02	0,15	0,15	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,9	0,9	0,00	0,80	1,00	0,90	0,90	0,10	0,00	0,08	0,10	0,09	0,09
Alteração no regime e na qualidade de água	0,7	1,0	0,0	0,3	0,2	0,70	1,00	0,00	0,30	0,20	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03	0,03	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,8	0,5	0,7	0,80	1,00	0,80	0,50	0,70	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,8	0,9	0,00	0,50	1,00	0,80	0,90	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,7	0,1	0,3	0,2	1,00	0,70	0,10	0,30	0,20	0,08	0,08	0,06	0,01	0,02	0,02
TOTAL												**0,35**	**0,39**	**0,77**	**0,80**	**0,77**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Unidade global de avaliação - Médio Rio dos Sinos (Paranhana)**

Os critérios acima descritos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1, 2A e 2B do Médio Sinos considerando todas as alternativas constantes em cada um deles.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 62 a seguir, apresenta os resultados da análise.

Pode se depreender que o cenário de obras elencado para o Médio Sinos C2B se destaca dos demais cenários de forma significativa na análise multicritério, quando analisado o Médio Sinos de forma global.

Quadro 62 - Análise Multricritério Global - Médio Rio dos Sinos (Paranhana)

Critério	Grandezas				Normalização				Pesos	Ponderação			
	C0	C1	C2A	C2B	C0	C1	C2A	C2B		C0	C1	C2A	C2B
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	2.698.770.046	661.528.117	524.660.808	251.413.126	0,09	0,38	0,48	1,00	0,30	0,03	0,11	0,14	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	0,9	1,0	0,00	0,60	0,90	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,6	0,3	0,0	1,00	0,60	0,30	0,00	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	1.119	1.535	308	1,00	0,27	0,00	0,80	0,15	0,15	0,04	0,00	0,12
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,9	0,8	0,00	1,00	0,90	0,80	0,05	0,00	0,05	0,05	0,04
Prejuízos remanescentes (edificações)	5.997	4.714	2.166	517	0,09	0,11	0,24	1,00	0,15	0,01	0,02	0,04	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	0,9	1,0	0,00	0,80	0,90	1,00	0,10	0,00	0,08	0,09	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,7	1,0	0,3	0,0	0,70	1,00	0,30	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,7	0,00	1,00	0,70	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,6	0,5	0,80	1,00	0,60	0,50	0,04	0,03	0,04	0,02	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	0,9	1,0	0,00	0,50	0,90	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,7	0,3	0,0	1,00	0,70	0,30	0,00	0,08	0,08	0,06	0,02	0,00
TOTAL										**0,34**	**0,50**	**0,45**	**0,80**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Unidade global de avaliação - Alto Rio dos Sinos (Rolante/Caraá/Riozinho)**

Os critérios acima descritos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2 do Alto Sinos considerando todas as alternativas constantes em cada um deles.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 63 a seguir, apresenta os resultados da análise.

Pode se depreender que os três cenários elencados para o Baixo Sinos, em que há obras apenas em Rolante no **Cenário 2** tem pontuações próximas na análise multicritério, se destacando o **Cenário 2**, quando analisado o Alto Sinos de forma global.

Quadro 63 - Análise Multricritério Global - Alto Sinos (Rolante/Caraá/Riozinho)

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	40.250.868	44.782.736	41.389.840	1,00	0,90	0,97	0,30	0,30	0,27	0,29
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,6	0,2	1,00	0,60	0,20	0,03	0,03	0,02	0,01
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	60	116	1,00	0,48	0,00	0,15	0,15	0,07	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	0,7	1,0	0,00	0,70	1,00	0,05	0,00	0,04	0,05
Prejuízos remanescentes (edificações)	1.283	1.226	66	0,05	0,05	1,00	0,15	0,01	0,01	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,7	1,0	0,3	0,70	1,00	0,30	0,02	0,01	0,02	0,01
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,6	0,80	1,00	0,60	0,04	0,03	0,04	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,61**	**0,65**	**0,70**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação dos Cenários BS-C2B, MS-C2B e AS-C2, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação de todas as soluções constantes em tais cenários em termos globais.

Nos subcapítulos seguintes, serão analisadas as regiões de forma independente aumentando o grau de detalhamento da presente análise, para que se possa tomar a melhor decisão em termos econômicos, sociais, ambientais e operacionais.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Nova Santa Rita**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Nova Santa Rita onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 64 apresenta os resultados da análise.

Quadro 64 - Análise Multricritério - Região do Município de Nova Santa Rita

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	505.058.610	68.912.063	36.468.519	0,07	0,53	1,00	0,30	0,02	0,16	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,4	0,6	1,00	0,40	0,60	0,03	0,03	0,01	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	236	20	1,00	0,00	0,92	0,15	0,15	0,00	0,14
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	0,7	1,0	0,00	0,70	1,00	0,05	0,00	0,04	0,05
Prejuízos remanescentes (edificações)	267	31	0	0,00	0,88	1,00	0,15	0,00	0,13	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,5	0,80	1,00	0,50	0,04	0,03	0,04	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,33**	**0,58**	**0,85**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Nova Santa Rita.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Sapucaia do Sul**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Sapucaia do Sul onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 65 apresenta os resultados da análise.

Quadro 65 - Análise Multricritério - Município de Sapucaia do Sul

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	64.809.201	61.899.696	36.034.527	0,56	0,58	1,00	0,30	0,17	0,17	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,7	1,00	0,50	0,70	0,03	0,03	0,02	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	63	28	1,00	0,00	0,56	0,15	0,15	0,00	0,08
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,05	0,00	0,05	0,04
Prejuízos remanescentes (edificações)	159	96	0	0,00	0,40	1,00	0,15	0,00	0,06	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,5	0,80	1,00	0,50	0,04	0,03	0,04	0,02
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,48**	**0,54**	**0,78**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Sapucaia do Sul.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em S. Leopoldo / A. Cerquinha**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de São Leopoldo onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 66 apresenta os resultados da análise.

Quadro 66 - Análise Multricritério - Região do Município de São Leopoldo - Arroio Cerquinha

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	1.097.470.124	1.019.247.726	7.090.338	0,01	0,01	1,00	0,30	0,00	0,00	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,8	1,00	0,50	0,80	0,03	0,03	0,02	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	116	23	1,00	0,00	0,80	0,15	0,15	0,00	0,12
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,3	0,00	1,00	0,30	0,05	0,00	0,05	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	3.202	3.086	0	0,00	0,04	1,00	0,15	0,00	0,01	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,8	0,80	1,00	0,80	0,02	0,02	0,02	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,8	0,80	1,00	0,80	0,04	0,03	0,04	0,03
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	0,5	1,0	0,5	0,50	1,00	0,50	0,08	0,04	0,08	0,04
TOTAL								**0,27**	**0,36**	**0,87**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de São Leopoldo.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Canoas e Esteio**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região dos municípios de Canoas e Esteio onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação levaram em consideração, no **Cenário 2**, os custos de implantação das obras que não se mostraram viáveis quando avaliadas individualmente, como é o caso das obras de alargamento e aprofundamento do canal secundário do Sinos e da elevação dos diques existentes naquela região.

As obras que devem preceder a criação do pôlder BR-448 (C2A) são as listadas a seguir:

- Nova Santa Rita.
- Sapucaia do Sul.
- Arroio Cerquinha.
- Alargamento e aprofundamento do canal secundário do Rio dos Sinos sob a BR-116.
- Elevação dos diques existentes junto ao Rio dos Sinos em São Leopoldo.

Pelo fato das obras no C2 em Nova Santa Rita, em Sapucaia do Sul e no Arroio Cerquinha já apresentarem viabilidade individualmente, e terem sido escolhidas para serem levadas adiante, não são incluídas no item VPL do **Cenário 2**A que propõe o pôlder BR-448.

Contudo, as obras do alargamento e aprofundamento do canal secundário do Rio dos Sinos sob a BR-116 e da elevação dos diques existentes naquela região foram incluídas no VPL do **Cenário 2**A, 2B e 2C.

O Quadro 67 a seguir, apresenta os resultados da análise.

Quadro 67 - Análise Multricritério - Região do Município de Canoas e Esteio

Critério	Grandezas					Normalização					Pesos	Ponderação				
	C0	C1	C2A	C2B	C2C	C0	C1	C2A	C2B	C2C		C0	C1	C2A	C2B	C2C
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	420.977.850	420.977.850	158.501.564	127.082.198	169.983.774	0,30	0,30	0,80	1,00	0,75	0,30	0,09	0,09	0,24	0,30	0,23
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,5	1,0	0,8	0,9	0,00	0,50	1,00	0,80	0,90	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,3	0,0	0,2	1,00	0,50	0,30	0,00	0,20	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	0	10	10	10	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,5	1,0	0,8	1,0	0,9	0,50	1,00	0,80	1,00	0,90	0,05	0,03	0,05	0,04	0,05	0,05
Prejuízos remanescentes (edificações)	3.459	3.459	0	42	42	0,00	0,00	1,00	0,99	0,99	0,15	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15
Risco de vida	0,0	0,7	0,8	1,0	0,9	0,00	0,70	0,80	1,00	0,90	0,10	0,00	0,07	0,08	0,10	0,09
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	0,7	0,0	0,7	0,6	0,80	0,70	0,00	0,70	0,60	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03	0,03	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,7	1,0	1,0	0,3	0,9	0,70	1,00	1,00	0,30	0,90	0,04	0,03	0,04	0,04	0,01	0,04
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,4	1,0	0,8	0,9	0,00	0,40	1,00	0,80	0,90	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,8	0,0	0,2	0,1	1,00	0,80	0,00	0,20	0,10	0,08	0,08	0,06	0,00	0,02	0,01
TOTAL												**0,43**	**0,55**	**0,63**	**0,71**	**0,66**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**B, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias nos municípios de Canoas e Esteio.

As soluções 2A e 2C tiveram pontuação semelhante, no entanto inferior, portanto cabe aqui destacar que **esta análise é apenas um indicativo de viabilidade, devendo ocorrer um debate amplo a respeito da melhor alternativa a ser implementada em tal região, entre os diversos interessados, desde a população e prefeituras, os proprietários das terras e empreendedores, Ministério Público e Metroplan.**

Tal constatação implica que as obras de implantação do pôlder Canoas/Esteio, proposto no **Cenário 2**B, viabiliza as demais obras não viabilizadas individualmente, como é o caso das duas obras propostas para o aumento da segurança na região de estrangulamento em São Leopoldo.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Campo Bom - Bairro N**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Campo Bom no Bairro N onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 69 apresenta os resultados da análise.

Quadro 68 - Análise Multricritério - Região do Município de Campo Bom - Bairro N

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	9.558.806	8.831.994	6.657.171	0,70	0,75	1,00	0,30	0,21	0,23	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,7	1,00	0,50	0,70	0,03	0,03	0,02	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	2	2	1,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,3	0,00	1,00	0,30	0,05	0,00	0,05	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	130	128	0	0,00	0,02	1,00	0,15	0,00	0,00	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,3	0,80	1,00	0,30	0,04	0,03	0,04	0,01
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,52**	**0,54**	**0,67**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Campo Bom.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Campo Bom - Arroio Schmidt**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Campo Bom junto à foz do Arroio Schmidt onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 69 apresenta os resultados da análise.

Quadro 69 - Análise Multricritério - Município de Campo Bom – A. Schmidt

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	1.709.938	1.029.114	14.113.021	0,60	1,00	0,07	0,30	0,18	0,30	0,02
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,7	1,00	0,50	0,70	0,03	0,03	0,02	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	7	7	1,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,3	0,00	1,00	0,30	0,05	0,00	0,05	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	17	10	0	0,00	0,41	1,00	0,15	0,00	0,06	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,3	0,80	1,00	0,30	0,04	0,03	0,04	0,01
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,49**	**0,67**	**0,39**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 1**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Campo Bom.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em São Leopoldo - Bairro Feitoria**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de São Leopoldo onde foram propostas intervenções estruturais no Bairro Feitoria.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 70 apresenta os resultados da análise.

Quadro 70 - Análise Multricritério - Região do Município de São Leopoldo - Bairro Feitoria

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	283.474.808	90.402.333	40.541.962	0,14	0,45	1,00	0,30	0,04	0,14	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,7	1,00	0,50	0,70	0,03	0,03	0,02	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	51	3	1,00	0,00	0,94	0,15	0,15	0,00	0,14
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,3	0,00	1,00	0,30	0,05	0,00	0,05	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	942	891	0	0,00	0,05	1,00	0,15	0,00	0,01	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,3	0,80	1,00	0,30	0,04	0,03	0,04	0,01
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,35**	**0,46**	**0,81**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de São Leopoldo no Bairro Feitoria.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Novo Hamburgo - Bairro Lomba Grande**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Novo Hamburgo onde foram propostas intervenções estruturais no bairro Lomba Grande.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 71 apresenta os resultados da análise.

Quadro 71 - Análise Multricritério - Novo Hamburgo - Bairro Lomba Grande

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	547.043.189	70.154.492	7.898.374	0,01	0,11	1,00	0,30	0,00	0,03	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,7	1,00	0,50	0,70	0,03	0,03	0,02	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	194	5	1,00	0,00	0,97	0,15	0,15	0,00	0,15
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,3	0,00	1,00	0,30	0,05	0,00	0,05	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	194	0	0	0,00	1,00	1,00	0,15	0,00	0,15	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,3	0,80	1,00	0,30	0,04	0,03	0,04	0,01
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,31**	**0,49**	**0,82**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Novo Hamburgo.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Igrejinha**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1, 2A e 2B, na região do município de Igrejinha onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1, 2A e 2B e os custos de prejuízos remanescentes nos quatro cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 72 apresenta os resultados da análise.

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 2**B, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Igrejinha.

Quadro 72 - Análise Multricritério - Município de Igrejinha

Critério	Grandezas				Normalização				Pesos	Ponderação			
	C0	C1	C2A	C2B	C0	C1	C2A	C2B		C0	C1	C2A	C2B
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	2.270.630.588	554.303.233	416.484.613	360.344.384	0,16	0,65	0,87	1,00	0,30	0,05	0,20	0,26	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	0,9	1,0	0,60	0,90	1,00	1,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,0	0,3	0,2	0,00	0,30	0,20	0,20	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	1.157	1.469	242	1,00	0,21	0,00	0,84	0,15	0,15	0,03	0,00	0,13
Conflitos nos usos do solo e da água	0,3	1,0	0,5	0,4	1,00	0,50	0,40	0,40	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	5.465	4.308	1.857	281	0,00	0,21	0,66	0,95	0,15	0,00	0,03	0,10	0,14
Risco de vida	0,0	0,8	0,9	1,0	0,80	0,90	1,00	1,00	0,10	0,08	0,09	0,10	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,7	1,0	0,3	0,0	1,00	0,30	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,7	1,00	0,70	0,70	0,70	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,00	0,04	0,04	0,02	0,00	0,00
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	0,9	1,0	0,50	0,90	1,00	1,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,7	0,3	0,0	0,70	0,30	0,00	0,00	0,08	0,06	0,02	0,00	0,00
TOTAL										**0,51**	**0,51**	**0,56**	**0,77**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Três Coroas**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Três Coroas onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 73 apresenta os resultados da análise.

Quadro 73 - Análise Multricritério - Município de Três Coroas

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	2.659.110	2.659.110	5.816.478	1,00	1,00	0,46	0,30	0,30	0,30	0,14
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,5	0,7	1,00	0,50	0,70	0,03	0,03	0,02	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	0	9	1,00	1,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,3	0,00	1,00	0,30	0,05	0,00	0,05	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	101	101	0	0,00	0,00	1,00	0,15	0,00	0,00	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,3	0,80	1,00	0,30	0,04	0,03	0,04	0,01
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,61**	**0,76**	**0,51**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 1**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Três Coroas.

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Rolante**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0, 1 e 2, na região do município de Rolante onde foram propostas intervenções estruturais.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso dos cenários 1 e 2 e os custos de prejuízos remanescentes nos três cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 74 apresenta os resultados da análise.

Quadro 74 - Análise Multricritério - Município de Rolante

Critério	Grandezas			Normalização			Pesos	Ponderação		
	C0	C1	C2	C0	C1	C2		C0	C1	C2
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	37.804.613	33.562.155	31.598.649	0,84	0,94	1,00	0,30	0,25	0,28	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,6	1,0	0,00	0,60	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	1,0	0,7	1,00	1,00	0,70	0,03	0,03	0,03	0,02
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	26	77	1,00	0,66	0,00	0,15	0,15	0,10	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,3	0,00	1,00	0,30	0,05	0,00	0,05	0,02
Prejuízos remanescentes (edificações)	1.189	1.163	0	0,00	0,02	1,00	0,15	0,00	0,00	0,15
Risco de vida	0,0	0,8	1,0	0,00	0,80	1,00	0,10	0,00	0,08	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,0	0,80	1,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,7	0,00	1,00	0,70	0,04	0,00	0,04	0,03
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,3	0,80	1,00	0,30	0,04	0,03	0,04	0,01
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	1,0	0,00	0,50	1,00	0,02	0,00	0,01	0,02
Operação e manutenção	1,0	0,5	0,0	1,00	0,50	0,00	0,08	0,08	0,04	0,00
TOTAL								**0,56**	**0,70**	**0,67**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 1**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Rolante.

No entanto, cabe destacar a pequena diferença entre os Cenários 1 e 2.

Novamente, vale lembrar, que tal análise é um indicativo de viabilidade e, portanto, **deve ocorrer debate amplo a respeito da melhor alternativa a ser implementada em tal região, entre os diversos interessados.**

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Riozinho**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0 e 1, na região do município de Riozinho onde foram propostas intervenções não-estruturais de zoneamento.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso do **Cenário 1** e os custos de prejuízos remanescentes nos dois cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 75 apresenta os resultados da análise.

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 1**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Riozinho.

Quadro 75 - Análise Multricritério - Município de Riozinho

Critério	Grandezas		Normalização		Pesos	Ponderação	
	C0	C1	C0	C1		C0	C1
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	0	0	1,00	1,00	0,30	0,30	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	0,9	0,00	0,90	0,02	0,00	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	0,9	1,00	0,90	0,03	0,03	0,03
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0	0	1,00	1,00	0,15	0,15	0,15
Conflitos nos usos do solo e da água	0,8	1,0	0,80	1,00	0,05	0,04	0,05
Prejuízos remanescentes (edificações)	0	0	1,00	1,00	0,15	0,15	0,15
Risco de vida	0,5	1,0	0,50	1,00	0,10	0,05	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,8	1,0	0,80	1,00	0,02	0,02	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,00	1,00	0,04	0,00	0,04
Remoção de cobertura vegetal	0,8	1,0	0,80	1,00	0,04	0,03	0,04
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	0,5	0,00	0,50	0,02	0,00	0,01
Operação e manutenção	1,0	0,5	1,00	0,50	0,08	0,08	0,04
TOTAL						**0,85**	**0,95**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Avaliação da região impactada pelas cheias em Caraá**

Os critérios definidos foram aplicados na comparação entre os Cenários 0 e 1, na região do município de Caraá onde foram propostas intervenções não-estruturais de zoneamento.

Foram comparados os três cenários, na região abrangida pela intervenção estrutural proposta no **Cenário 2**, ou seja: a área beneficiada pela obra, mantendo-se o Cenário Tendencial (C0) ou ainda, se fosse aplicado o zoneamento com desapropriação e implantação de parques.

Os valores presentes dos custos de implantação e despesas de operação, no caso do **Cenário 1** e os custos de prejuízos remanescentes nos dois cenários foram contabilizados no item VPL.

O Quadro 76 apresenta os resultados da análise.

Quadro 76 - Análise Multricritério - Município de Caraá

Critério	Grandezas		Normalização		Pesos	Ponderação	
	C0	C1	C0	C1		C0	C1
Valor presente dos custos de implantação e despesas de operação e valor dos prejuízos remanescentes (VPL) (R$)	16.155.999	6.836.703	0,42	1,00	0,30	0,13	0,30
Interferências em atividades econômicas	0,0	1,0	0,00	1,00	0,02	0,00	0,02
Interferências com a infraestrutura existente (implantação)	1,0	1,0	1,00	1,00	0,03	0,03	0,03
Desapropriação / Relocação de população (edificações)	0,0	28	1,00	0,00	0,15	0,15	0,00
Conflitos nos usos do solo e da água	0,0	1,0	0,00	1,00	0,05	0,00	0,05
Prejuízos remanescentes (edificações)	48	23	0,00	0,52	0,15	0,00	0,08
Risco de vida	0,5	1,0	0,50	1,00	0,10	0,05	0,10
Alteração no regime e na qualidade de água	0,5	1,0	0,50	1,00	0,02	0,01	0,02
Interferências em áreas de proteção ambiental	0,0	1,0	0,00	1,00	0,04	0,00	0,04
Remoção de cobertura vegetal	0,0	1,0	0,00	1,00	0,04	0,00	0,04
Interferência com os serviços públicos (eventos de cheia)	0,0	1,0	0,00	1,00	0,02	0,00	0,02
Operação e manutenção	0,5	1,0	0,50	1,00	0,08	0,04	0,08
TOTAL						**0,41**	**0,78**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Tendo em vista a melhor pontuação do **Cenário 1**, tem-se um indicador de que há viabilidade de implementação da solução proposta para a região impactada pelas cheias no município de Caraá.

3.11 Intervenções Selecionadas

A partir das análises multicritérios, globais e individuais, se pode observar que quase todas as intervenções estruturais propostas no **Cenário 2** se mostraram melhores alternativas à desapropriação e parcial convivência com cheias no **Cenário 1**, assim como, em relação ao **Cenário Tendencial 0**.

Excetuando-se os diques de Campo Bom na foz do Arroio Schmidt, o dique em Três Coroas e os diques em Rolante.

Puderam-se constatar os altos custos de desapropriação, não só econômicos gerados pela proposta pura de zoneamento, mas também os custos sociais de tal solução.

Concluiu-se que a composição entre as alternativas estruturais de proteção compostas por diques e sistemas de bombeamento, aliadas ao zoneamento constitui a melhor solução, não só em termos globais, mas também locais.

Através da análise global de cheias, se constata que nas regiões onde não houve distinção entre o **Cenário 1** e o **2**, pelo fato de nos dois cenários ter sido proposto o zoneamento (com desapropriação e implantação de parques), é mais vantajosa a opção pelo zoneamento e monitoramento previsão e alerta à alternativa de convivência de cheias num cenário tendencial.

Diante das análises expostas acima, se dá seguimento à apresentação consolidada das alternativas escolhidas adiante.

✓ **Orçamento e Fluxo de Caixa das Intervenções Consolidadas**

Dado que o **Cenário 2** foi escolhido para ser levado adiante, diante dos fatos expostos anteriormente, têm-se o orçamento apresentado no Quadro 77 contemplando todas as intervenções propostas a serem levadas adiante, seja para a mitigação dos efeitos de estiagens, cheias ou revitalização de áreas degradadas.

O fluxo de caixa a taxa de 12% a.a. é apresentado no Quadro 78.

Quadro 77 - Levantamento de custos de implementação das intervenções consolidadas

	Descrição	Valor sem BDI	Valor dos serviços com BDI 28,21%	Valor do fornecimento de materiais ou diferenciados com BDI 19,35%	Valor dos itens relativo a projetos e serviços de apoio técnico com BDI 15,38%	Valor TOTAL com BDI
1	**Zoneamento com desapropriações**					**129.834.095,01**
1.1	Desapropriações	98.413.989,74		117.457.096,76		117.457.096,76
1.2	Avaliação dos Imóveis (1%)	984.139,90			1.135.500,61	1.135.500,61
1.3	Demolições e Transporte ate 30 km	3.980.928,95	5.103.949,00			5.103.949,00
1.4	Parque Linear	4.803.890,80	5.944.021,82		193.526,82	6.137.548,64
2	**Diques de proteção Baixo Sinos**					**327.628.916,96**
2.1	Canoas/Esteio (C2B)	89.592.879,07	107.399.688,28	3.251.472,98	3.576.766,02	114.227.927,28
2.2	Alargamento Sinos	30.840.996,92	33.073.830,71	4.746.865,98	1.231.247,74	39.051.944,44
2.3	Elevação dos diques de São Leopoldo	4.667.770,43	3.018.373,09	2.568.436,05	186.348,77	5.773.157,91
2.4	Dique Nova Santa Rita	36.547.299,94	30.013.937,09	14.170.129,17	1.459.057,26	45.643.123,52
2.5	Diques Sapucaia do Sul	36.238.953,78	27.473.081,24	16.180.120,58	1.446.747,33	45.099.949,14
2.6	Elevação dos diques do Arroio Cerquinha	7.237.228,07	3.565.667,67	5.019.501,61	288.927,78	8.874.097,05
2.7	Dique São Leopoldo Feitoria	39.753.167,87	48.484.630,47	669.673,53	1.587.043,32	50.741.347,32
2.8	Dique Novo Hamburgo	7.800.325,43	8.486.195,41	1.087.811,76	311.408,00	9.885.415,17
2.9	Dique Campo Bom - Bairro N	6.543.519,83	7.687.574,80	383.147,08	261.233,25	8.331.955,13
3	**Diques de proteção Médio Sinos**					**207.656.519,63**
3.1	Diques Igrejinha	165.352.303,69	152.458.213,41	48.597.039,39	6.601.266,84	207.656.519,63
5	**Sistema de monitoramento, previsão e alerta**					**320.525,00**
5.1	Melhoria da rede de monitoramento	250.000,00	320.525,00			320.525,00
TOTAL Cenário Consolidado		**533.007.394,41**	**433.029.687,98**	**214.131.294,88**	**18.279.073,75**	**665.440.056,61**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Quadro 78 - Intervenções consolidadas na Bacia - Fluxo de caixa de investimentos

FLUXO DE CAIXA - BACIA DO SINOS Preços Econômicos (R$/Janeiro de 2018)	
Custo total das Ações	665.440.056,61
Custo anual total O&M por Alternativa	22.383.118
Fator médio de conversão a preços econômicos	84,09%
Prazo para conclusão da obra (em anos)	5
Percentual da obra implantado anualmente	20,00%
Taxa de desconto	12%
Anos	30

ANO	Investimento Anual Desapropriação e demais (Cenário Consolidado)	Custo Anual Sistema de Alerta (Cenário Consolidado)	Custo Anual Implantação Dique Nova Santa Rita	Custo Anual Implantação Dique BR-448	Custo Anual Implantação Dique Sapucaia do Sul	Custo Anual Melhoria Diques Cerquinha	Custo Anual Melhoria canal sob BR-116 e Diques São Leopoldo	Custo Anual Implantação Dique São Leopoldo Feitoria	Custo Anual Implantação Dique Novo Hamburgo Lomba Grande	Custo Anual Implantação Dique Campo Bom - Bairro N	Custo Anual Implantação Diques Igrejinha	Custo Anual O&M (Cenário Consolidado)	Custo Total Anual (Cenário Consolidado)
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	21.971.712,16	53.906,80	7.676.389,65	19.211.175,99	7.585.037,05	1.492.470,75	7.538.812,54	8.533.823,35	1.662.557,09	1.401.291,79	34.924.260,99	-	111.915.591,43
2020	21.971.712,16	53.906,80	7.676.389,65	19.211.175,99	7.585.037,05	1.492.470,75	7.538.812,54	8.533.823,35	1.662.557,09	1.401.291,79	34.924.260,99	4.476.623,66	116.392.215,08
2021	21.971.712,16	53.906,80	7.676.389,65	19.211.175,99	7.585.037,05	1.492.470,75	7.538.812,54	8.533.823,35	1.662.557,09	1.401.291,79	34.924.260,99	8.953.247,31	120.868.838,74
2022	21.971.712,16	53.906,80	7.676.389,65	19.211.175,99	7.585.037,05	1.492.470,75	7.538.812,54	8.533.823,35	1.662.557,09	1.401.291,79	34.924.260,99	13.429.870,97	125.345.462,40
2023	21.971.712,16	53.906,80	7.676.389,65	19.211.175,99	7.585.037,05	1.492.470,75	7.538.812,54	8.533.823,35	1.662.557,09	1.401.291,79	34.924.260,99	17.906.494,63	129.822.086,05
2024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2034	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2043	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2046	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2047	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
2048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.383.118,29	22.383.118,29
VP	79.203.105,13	194.321,95	27.671.666,73	69.251.990,03	27.342.361,04	5.380.023,04	27.175.732,02	30.762.523,34	5.993.146,24	5.051.343,28	125.894.144,89	128.251.036,73	531.681.697,37

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.11.1 Conclusões e Recomendações

O estudo de análise multicritério dos cenários desenvolvidos se mostrou uma abordagem satisfatória para a escolha das melhores soluções para a resolução dos problemas nos diferentes locais da bacia, mitigando em termos gerais os efeitos das inundações com as menores contrapartidas possíveis em termos sociais, ambientais e econômicas.

Foram consolidadas as alternativas mais viáveis nos diferentes critérios analisados, apresentados os seus orçamentos e o fluxo de caixa de desembolso consolidado.

O estudo demonstrou que nas diversas regiões impactadas pelos eventos de cheias, quando avaliados os TR de 5 a 100 anos, as alternativas estruturais de pôlderes nas regiões mais urbanizadas se mostraram as soluções mais econômicas e com menores externalidades com algumas exceções.

Combinadas ao zoneamento do restante da planície de inundação, ao monitoramento, previsão e alerta e a implementação de seguros, formam o Cenário consolidado proposto para a mitigação das cheias.

No que tange as externalidades da construção dos pôlderes, 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, conforme relatado no PRODUTO 12.

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.

O caso mais complexo na avaliação multicritério é a região do Baixo Sinos em que se avaliou a criação de pôlderes em Nova Santa Rita, na margem direita do Rio dos Sinos e em Canoas e Esteio, na margem esquerda.

Ambas as estruturas necessárias para a proteção das regiões têm um potencial para o aumento de lâmina frente a um evento de maiores magnitudes (**TR 100** anos).

Por isso, para a implementação tanto de um pôlder em Nova Santa Rita, quanto um pôlder em Canoas e Esteio devem ocorrer de forma conjunta para que não haja externalidades indesejadas.

Cabe destacar que as soluções de alargamento e aprofundamento do Rio dos Sinos sob a BR-116 e da elevação dos diques em São Leopoldo na mesma região se mostram uma alternativa necessária, sem que tenham sido levantadas outras possibilidades para o problema em questão.

Apesar de haver tal proteção, os estudos hidrodinâmicos apresentaram resultados não satisfatórios quanto ao nível de segurança da cota em que se encontram os diques na região e, por isso, é fortemente recomendado que tais soluções sejam levadas adiante.

O sistema de monitoramento, previsão e alerta já é uma realidade em fase de operação, no entanto, ainda sendo implementado e melhorado, 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 com dados de entrada 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 o não incentivo a novas ocupações em áreas com frequente inundação uma vez baseado em risco, assim como o incentivo a desocupaçao das áreas já ocupadas, caso seja obrigatório.

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.

A partir dos orçamentos realizados para cada intervenção, e da avaliação econômica dos prejuízos evitados se poderão avaliar o benefício gerado e a contrapartida.

No Plano de Ação também serão recomendados os estudos subsequentes a este, nas etapas de projeto básico e executivo.

3.12 Modelagem Institucional

A Modelagem Institucional consolidada no Produto 15 tem por objetivo geral detalhar o arranjo institucional dos mecanismos administrativos e das normais legais para a gestão do sistema de drenagem e do risco de inundações.

Os objetivos específicos do Produto 15 são:

- Detalhar o setor administrativo de gestão que organizará o funcionamento dos serviços;
- Apresentar o aparato legal para definição dos serviços de drenagem e a sua gestão;
- Detalhar a capacitação em longo prazo para a melhoria da gestão e dos serviços municipais e regiões administrativas;
- Apresentar o modelo de parceria ou modelagem institucional para a implementação das soluções;
- Definição dos mecanismos legais e administrativos para o retorno dos investimentos.

3.12.1 Modelagem Institucional

A efetiva operacionalização das alternativas propostas depende, fortemente, de um arranjo institucional que seja concebido de forma a estabelecer as competências, as responsabilidades e as interações entre os diversos atores envolvidos.

Para a implementação das propostas descritas no Cenário consolidado, são necessárias ações de diferentes instituições apresentadas no Quadro 79.

Quadro 79 - Níveis institucionais envolvidos por grupo de ações

Grupo de alternativas do Cenário Consolidado	Níveis institucionais envolvidos
Desapropriação de populações em risco através do zoneamento das áreas inundáveis.	Recursos federais ou internacionais; coordenação Órgão Estadual de Planejamento; Inclusão do zoneamento nos Planos Diretores pelas Prefeituras.
Implementação de diques de proteção contra cheias nas regiões mais expostas ao risco, e onde constatada a viabilidade técnica	Recursos federais ou internacionais; coordenação Órgão Estadual de Planejamento.
Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta.	CEMADEN, CENAD, Secretaria Estadual de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Defesa Civil Estadual e Defesa Civil Municipal.
Sistema de Seguros de Cobertura contra Inundações.	Privado, com resseguro por instituição pública vinculada ao Ministério da Fazenda.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

A efetivação das alternativas propostas depende, em diferentes graus, da atuação das instituições públicas e privadas atuantes na gestão do território, na gestão dos recursos hídricos e na gestão de desastres naturais.

Destes temas, o Estado é o único responsável, na região, pelos recursos hídricos e pela coordenação da Defesa Civil; a gestão do território é compartilhada entre Estado e municípios. Atualmente, as ações do governo estadual nestas áreas são a METROPLAN, o DRH/SEMA e a Defesa Civil/Gabinete Militar.

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, abarcando 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 Civis municipais.

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.

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.

É necessário que os municípios atuem de forma coordenada para implantar as ações previstas em uma lógica de bacia hidrográfica.

No caso do presente projeto, há que considerar a existência da Região Metropolitana de Porto Alegre, a RMPA, criada em 1973 pela Lei Complementar Federal 14, participando de um conjunto de oito regiões metropolitanas brasileiras: São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza.

O Plano de Bacia do Rio dos Sinos (2014) coloca como ações o enfrentamento das cheias e das estiagens.

Na bacia do rio dos Sinos, a descrição dos programas do Plano inclui como atores institucionais: o DRH/SEMA, a SOP/Metroplan (atualmente SPGG), o IRGA, a Emater, o CEMADEN, a FUNASA, o Corpo de Bombeiros, os COREDES e as Prefeituras Municipais aparecem nos programas de aumento de disponibilidade hídrica e proteção e minimização dos impactos das cheias.

A Agência Nacional de Águas - ANA e a CPRM não necessitam ser considerados, pois é uma bacia de domínio estadual e as interferências dos órgãos federais se dá através de convênios e termos de parceria com os órgãos estaduais e não de forma direta.

A realização do plano de bacia depende da implantação de uma agência de região hidrográfica ou de uma estrutura substituta. A partir da cobrança pelo uso da água, recursos podem ser arrecadados para a execução das ações dos planos de bacia.

Conforme o Estatuto da Metrópole, até 2018, as regiões metropolitanas e as aglomerações urbanas devem contar com plano de desenvolvimento urbano integrado.

Esse planejamento, iniciado em 2015, estava sendo conduzido pela Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN) - responsável pela elaboração, e pela Fundação de Economia e Estatística (FEE).

Em 2006, foi criado o Consórcio Pró-Sinos, inicialmente com 12 municípios, e atualmente com 26 dos 32 municípios localizados na Bacia Hidrográfica do Sinos:

O Consórcio Pró-Sinos é uma associação pública de natureza autárquica, integrante da administração indireta que obedece aos princípios da administração pública dispostos no art. 37 da Constituição Federal do Brasil.

Seu quadro funcional é composto por servidores do quadro de carreira dos entes consorciados e por pessoal contratado. Entre suas finalidades estão: defender, ampliar e promover a interação, fortalecer e desenvolver a capacidade administrativa, técnica e financeira dos serviços públicos de saneamento básico nos municípios que integram o consórcio.

No eixo Saneamento Básico de atuação do Pró-Sinos, estão os serviços, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Havendo a consolidação das propostas apresentadas, a articulação com o Ministério Público é fundamental para garantir a legalidade das ações dos demais entes, evitando conflitos jurídicos e troca de direcionamento administrativo por mudança de gestão dos poderes executivos.

Especial destaque se dá à regularização fundiária de áreas já definidas neste estudo como de risco.

No âmbito privado, encontra-se a estrutura de seguradoras e a necessidade de resseguro para viabilizar minimamente uma proposta de securitização.

A proposta de seguro como medida não estrutural merece uma avaliação por parte dos entes privados. Nos seguros compreensivos (multirriscos) residencial e empresarial existentes atualmente no mercado, a cobertura básica e obrigatória garante apenas indenizações contra prejuízos originados por incêndio, queda de raio e explosões causadas por gás empregado na iluminação ou no uso interno.

Ou seja, tais apólices excluem os riscos derivados de danos causados por eventos da natureza tais como inundações, terremotos, maremotos, alagamentos, enchentes por água de chuva etc.

Então, como agentes executivos a serem considerados estão:

- a Secretaria de Estado de Planejamento, Gestão e Governança, como instância de Governo e como substituta da METROPLAN, caso e quando a extinção se concretize;
- a METROPLAN, caso a extinção não se concretize;
- a Sala de Situação da Secretaria de Estado do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável;
- a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil;
- os Municípios envolvidos
- o Consórcio Pró-Sinos

Como elementos balizadores do arranjo institucional estão:

- A Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres
- A Política Estadual de Recursos Hídricos
- O PDUI, quando concluído e aprovado;
- O Plano de Bacia;
- Os Planos Diretores Municipais, atualizados de acordo com o PDUI;
- Os Planos Municipais de Saneamento, atualizados e concordantes com o Plano de Bacia.

3.12.2 Gestão da Infraestrutura do Governo do Estado do RS

O clima de alteração da estrutura governamental estadual, do sistema estadual de recursos hídricos e da política estadual de gestão de risco de desastres traz uma elevação do grau de incerteza de qualquer proposta de arranjo institucional.

Assim, a presente análise traz uma série de cenários alternativos, de forma a cobrir um grande número de combinações possíveis.

✓ **Cenário Institucional 1**

Metroplan permanece; SEMA repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

- **Medidas estruturais:** coordenação Metroplan, que executa as licitações, negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento plenamente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com 72 horas de antecedência.

- **Medidas não-estruturais:** Metroplan atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia. Banco Estatal realiza a contratação dos estudos. Defesa Civil organizada para dar resposta em tempo adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais. Planos Diretores incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 2**

Metroplan permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

- **Medidas estruturais:** coordenação Metroplan, que executa as licitações, negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

- **Medidas não-estruturais:** Metroplan atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organizada para dar resposta, mas talvez em um tempo não adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais.

✓ **Cenário Institucional 3**

Metroplan permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres não é implantada.

- **Medidas estruturais:** coordenação Metroplan, que executa as licitações, negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

- **Medidas não-estruturais:** Metroplan atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organiza a resposta após a ocorrência do desastre, apenas mitigando as consequências. Planos Diretores não incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 4**

Metroplan não permanece; SEMA repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

- **Medidas estruturais:** coordenação passa a ser da Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão - SPGG. CELIC executa as licitações, SPGG negocia com Bancos de Investimento e fiscalização. Municípios têm que assumir parcialmente a fiscalização dos contratos ou se organizam na forma de consórcio para fim específico. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento plenamente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com 72 horas de antecedência.

- **Medidas não-estruturais:** SPGG atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia. Banco Estatal realiza a contratação dos estudos. Defesa Civil organizada para dar resposta em tempo adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais. Planos Diretores incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 5**

Metroplan não permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres é implantada na totalidade.

- **Medidas estruturais:** coordenação SPGG, que negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. CELIC executa as licitações. Municípios têm que assumir parcialmente a fiscalização dos contratos ou se organizam na forma de consórcio para fim específico. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

- **Medidas não-estruturais:** SPGG atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia não incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organizada para dar resposta, mas talvez em um tempo não adequado para evitar perdas de vidas humanas e redução de perdas financeiras e materiais. Planos Diretores incorporam o zoneamento.

✓ **Cenário Institucional 6**

Metroplan não permanece; SEMA não repassa parte administrativa e cobrança pelo uso da água a um Banco Estatal de Investimento; Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres não é implantada.

- **Medidas estruturais:** coordenação SPGG, que negociação com Bancos de Investimento e fiscalização. CELIC executa as licitações. Municípios têm que assumir parcialmente a fiscalização dos contratos ou se organizam na forma de consórcio para fim específico. Comitê de Bacia e Ministério Público acompanham a execução dos cronogramas aprovados ao final do projeto. Rede de monitoramento parcialmente implantada e em operação. Avisos de desastres são emitidos com até 06 horas de antecedência.

- **Medidas não-estruturais:** SPGG atua no planejamento urbano em conjunto com as prefeituras municipais. Comitê de Bacia não incorpora no Plano de Bacia, na fase de revisão ou atualização, as medidas relacionadas com a gestão das águas. DRH apoia com termos de referência específicos para contratação de serviços definidos pelo Comitê de Bacia, mas a contratação pela CELIC não garante a execução do cronograma. Defesa Civil organiza a resposta após a ocorrência do desastre, apenas mitigando as consequências. Planos Diretores não incorporam o zoneamento.

Os cenários 1, 2 e 3 têm a permanência da METROPLAN no arranjo institucional, enquanto que os cenários 4, 5 e 6 têm a substituição da Fundação pela SPGG.

Os cenários 1 e 4 têm a gestão dos recursos financeiros vinculados ao sistema estadual de recursos hídricos vinculados a um Banco Estatal, enquanto que os demais cenários esses recursos seguem as rotas burocráticas atuais.

Os cenários 1, 2, 4 e 5 tem a Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres implantada na totalidade, enquanto que nos outros dois isso não acontece.

O Comitê de Bacia Sinos deve realizar, junto com o DRH, a revisão do Plano de Bacia ainda em 2018. A chance de não incorporar as questões levantadas sobre os recursos hídricos é pequena, e só foi considerada nos cenários 5 e 6.

A construção destes cenários foi baseada nos acontecimentos ocorridos nos últimos anos.

Embora haja o decreto de extinção da Metroplan, ações na Justiça impedem a conclusão deste processo e, com a proximidade do período eleitoral, esse tensionamento pode continuar e não haver uma definição a curto prazo.

A implantação da Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres está em fase adiantada, com a consolidação dos papéis dos diferentes atores.

A Sala de Situação teve o contrato de assessoria renovado por 30 meses, renováveis automaticamente por mais 30 meses, se for de interesse das partes.

E a possibilidade de gestão dos recursos financeiros do SERH é factível de acordo com as manifestações da SEMA, o que pode agilizar a contratação de estudos específicos e viabilizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Os cenários institucionais mais adequados à execução do projeto são os cenários 1 e 4, pois neles os arranjos necessários estão implantados, com a diferença da permanência ou não da METROPLAN ou de algum órgão da administração indireta que venha a substituir.

3.12.3 Alternativa de Gestão dos Serviços no Nível Municipal

As alternativas de gestão dos serviços no nível municipal são: (a) integrar as atribuições em entidades públicas existentes; (b) alternativa de prestador de serviço independente para municípios consorciados; (c) terceirização dos serviços com gestão dentro das secretarias; ou (d) outras alternativas de arranjo institucional;

O arranjo institucional para a gestão de serviços no nível municipal estará sujeito à Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres, ao PDUI, quando concluído e aprovado, e ao Plano de Bacia.

Os municípios devem realizar a adequação dos Planos Diretores Municipais ao PDUI e dos Planos Municipais de Saneamento com o Plano de Bacia, bem como incorporar os conceitos e limites das Zonas de Passagem das Cheias, de Uso Restrito e de Baixo Risco.

A ocupação das áreas definidas como de passagem das cheias e de uso restrito devem sofrer limitação de sua ocupação com moradias ou com infraestruturas não adequadas às cheias.

O planejamento de parques, áreas de esporte ou outras estruturas mencionadas no Produto 12 devem ser discutidas com o Governo do Estado, pois são intervenções de custo elevado e de interesse mais amplo.

Essas não são atividades comuns, sendo a expectativa que ocorram resistências a essas adequações, principalmente com base no questionamento da autonomia do município em legislar sobre o seu território de forma autônoma, o que não cabe em uma região metropolitana.

A coordenação do arranjo institucional, a ser desenvolvido pela SPGG ou Metroplan, de acordo com o cenário observado, deve realizar encontro de gestores municipais em conjunto com o Ministério Público para viabilizar uma ação coordenada para essa compatibilização de documentos de planejamento.

- A alternativa *integrar as atribuições em entidades públicas existente* é compatível com a manutenção da Metroplan, que poderia realizar essa integração de ações com o grupo de municípios.
- Neste caso, a Metroplan assume o papel de coordenação central, sendo responsável pelas ações de operação, manutenção e cobrança pela implantação de estruturas vinculadas à gestão dos desastres naturais, concordantes com a Política Estadual de Gestão de Risco de Desastres.
  Neste arranjo, a Metroplan trabalha em conjunto com a Defesa Civil, a SEMA e as Prefeituras Municipais, de forma isolada ou em consórcio, e apresenta os resultados da gestão ao Comitê de Bacia, aos executivos e legislativos municipais e ao Ministério Público.
  A contratação dos serviços necessários é realizada pela Metroplan através de licitações ou termos de parceria. Os recursos são arrecadados pela cobrança da Metroplan aos municípios, enquanto estes cobram dos munícipes.

- A *alternativa de prestador de serviço independente para municípios consorciados* é compatível com um papel de coordenação realizado por um Consórcio, como o Pró-Sinos. Neste caso, é o Consórcio que assume a cobrança pela implantação das estruturas e viabiliza a contratação de prestação de serviço para operação e manutenção das estruturas, contando ou não com o apoio do Governo Estadual.
  O controle social é realizado pelo Comitê de Bacia, os executivos e legislativos municipais e o Ministério Público.
  É o Consórcio que realiza as contratações necessárias, sendo possível realizar estudos e serviços dentro do próprio Consórcio, através de seu corpo técnico ou das prefeituras consorciadas.
  Os valores cobrados podem ser inseridos no IPTU dos munícipes beneficiados ou da totalidade dos munícipes, após aprovação nas Câmaras Municipais de Vereadores.

- *A terceirização dos serviços com gestão dentro das secretarias* é compatível com o compartilhamento da coordenação pelos órgãos estaduais, em especial a SPGG. Neste arranjo, a cobrança é realizada pelo Governo, que contrata a prestação dos serviços de operação e manutenção com uma empresa privada ou uma fundação pública de direito privado.
  Esse contrato sofre auditoria dos órgãos públicos de controle e seus resultados são apresentados ao Comitê de Bacia, aos executivos e legislativos municipais e ao Ministério Público. As licitações são realizadas via CELIC.
  Os municípios pagam ao Governo do Estado pelo valor do serviço prestado, podendo repassar total ou parcialmente esses custos aos munícipes.

- Dentre as *outras alternativas de arranjo institucional* poderia ser considerado a existência de uma estrutura que realizasse o papel de Agência de região hidrográfica que realizasse a cobrança pelo princípio beneficiário-pagador e assumisse a contratação de empresa para realizar as ações de gestão, operação e manutenção das estruturas implantadas.
  Essa alternativa só é viável se houver a implantação da cobrança pelo uso da água.
  As contratações seguem os ritos da Lei 8.666/92, mas tendem a ser mais ágeis pela existência da Agência.
  A cobrança pelo princípio beneficiário-pagador permite a inclusão das atividades econômicas no rol de pagadores, mas também deverá incluir, como beneficiárias, as prefeituras municipais.

- Outra alternativa é a Concessão precedida de obra pública. Neste caso, uma empresa privada assumiria a gestão, operação e manutenção das estruturas, sendo remunerada por isso pelos municípios e pessoas físicas e jurídicas beneficiadas por essas ações. Essa ação seria regulamentada pela AGERGS, com apresentação de resultados aos executivos e legislativos municipais, ao Tribunal de Contas do Estado e ao Ministério Público.

Diante do cenário de extinção da Metroplan, a alternativa de gestão pelo Consórcio se apresenta como a de mais fácil implantação, seguida da gestão coordenada pela SPGG.

A implantação da gestão por um Consórcio depende, inicialmente, da formalização deste com esse fim específico. Havendo a compatibilidade legal e a aceitação do Consórcio, deve ser firmada a parceria entre este e o Governo do Estado através da SPGG.

Os recursos externos podem ser buscados pelo Governo do Estado, mas dentro de um cenário no qual a responsabilidade pelo pagamento de empréstimos ou do fornecimento de contrapartidas fique absolutamente claro entre os entes federados.

Por outro lado, a coordenação pela SPGG significará a realização de concorrência pública pelo Governo do Estado para a contratação de todas as ações técnicas e gerenciais, incluindo uma empresa gestora, no formato de uma Unidade Gestora de Programa.

Esse contrato deve ser viabilizado pelo pagamento de taxas de serviço pelo monitoramento efetuado pela empresa contratada.

3.12.4 Gestão dos Serviços dos Municípios - Estrutura Administrativa

Havendo a coordenação por um Consórcio, será de responsabilidade deste a montagem do setor administrativo necessário para a gestão, operação e manutenção das estruturas implantadas, bem como por arrecadar os recursos via cobrança de valores aos municípios beneficiados.

Estes, por sua vez, devem implantar cobrança dos munícipes beneficiados, após a aprovação dos legislativos municipais.

No caso da SPGG ou Metroplan como coordenadora, essa realizaria as atividades administrativas comuns, enquanto que a CELIC realizaria as contratações.

Os municípios seriam as instituições pagadoras.

As empresas privadas seriam possíveis através da Concessão de Obra Pública. Neste caso, montariam a sua estrutura administrativa e seriam fiscalizadas por uma equipe da SPGG ou da Metroplan.

3.12.5 Implementação e Manutenção das Obras e Planos - Arranjo Institucional

A partir da definição da entidade coordenadora, podem ser viabilizadas as parcerias para a implementação e manutenção das obras e planos previstos.

No caso da SPGG ou Metroplan coordenarem o processo, as parcerias podem ser realizadas com os municípios para a execução direta de ações de implementação e manutenção, seja através das estruturas próprias, seja através de contratos específicos.

Neste caso, devem ser previstas as formas de compensação para os municípios em relação ao pagamento dos benefícios das obras.

Com um Consórcio de Municípios coordenando, os municípios também podem participar de forma direta ou através de contratos específicos, mas seria natural que todos os contratos maiores ficassem a cargo do Consórcio, enquanto que para os municípios caberiam as ações de resultado mais limitado ou de alcance específico para um ou mais municípios, mas que não resultassem em benefício para a totalidade ou a maioria dos municípios.

No caso da concessão para empresas privadas, as parcerias seriam mais limitadas pelas restrições impostas aos entes públicos no uso de recursos financeiros, humanos e materiais.

No âmbito do Governo Estadual, a ação da Defesa Civil e da Sala de Situação contam com recursos próprios e extra orçamentários, não sendo necessária a realização de parcerias para o presente projeto.

3.12.6 Mecanismos Recuperação de Custos das Medidas Implantadas

De acordo com os Termos de Referência, deve ser realizada a:

> "*caracterização dos serviços a serem prestados e a estimativa dos seus custos. Os estudos econômicos de recuperação de custo das obras e dos serviços de drenagem urbana. As alternativas de cobrança são: (a) pela contribuição direta pelos serviços por parte dos proprietários; (b) como base nos impostos arrecadados pela Prefeitura ou (c) outras alternativas identificadas."*

De acordo com o Ministério das Cidades, nas Diretrizes para Elaboração de Projetos de Engenharia de 2010, os benefícios podem ser avaliados por um dos métodos:

- Método dos custos evitados, onde se considera que os benefícios são equivalentes aos danos evitados pela implementação das medidas de controle;
- Método da disposição a pagar que considera os benefícios como iguais a valorização das propriedades beneficiadas.

No presente caso, os danos evitados basicamente são resultantes do zoneamento e das obras dos diques.

O zoneamento sozinho não é suficiente para resolver o problema e sua implantação de forma a evitar danos recorrentes das inundações com **TR 100** demandaria a remoção de muitos imóveis.

Além disso, traria como custos associados a demolição e remoção dos entulhos e investimentos para o reassentamento das famílias que atualmente estão em situação regular para locais com estrutura urbana igual ou superior.

Para as famílias em situação irregular, seria necessário ofertar alternativas de assentamento urbano no próprio município ou em áreas próximas.

O sistema de diques trará a proteção de 9,9763 km², conforme o Quadro 80, sendo a maior parte junto à BR 448.

Quadro 80 - Áreas protegidas pelo sistema de diques

Item	Obra	Área (km²)
Sinos		
1	BR-448	6,3919
2	Nova Santa Rita	0,7984
3	Sapucaia do Sul	0,4317
4	Arroio Cerquinha	1,5770
5	São Leopoldo - Feitoria	0,4941
6	Novo Hamburgo - Lomba Grande	0,1420
7	Campo Bom - Bairro N	0,1412
Paranhana		
5	Igrejinha	3,3055
Total		**9,9763**

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Entre os mecanismos legais que permitam a recuperação de custos estão as Contribuições de Melhoria. De acordo com o Código Tributário Nacional, esse é um tributo cobrado pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, para fazer face ao custo de obras públicas de que decorra a valorização imobiliária, tendo como limite total a despesa realizada e como limite individual o acréscimo de valor que da obra resultar para cada imóvel beneficiado.

Embora seja um tributo pouco usual, caberia no presente projeto por significar um aumento da segurança de ocupação das áreas protegidas pelas obras e ações. A sua aplicação dependeria de um cálculo de valorização das propriedades, o que pode ser realizado pelas prefeituras, pois já realizam estudos similares para definição do valor venal para o cálculo do IPTU.

De acordo com a Lei Complementar nº 7, de 7 de dezembro de 1973, que institui e disciplina os tributos de competência do Município, existe a previsão das Contribuições de Melhoria e o valor do IPTU sobre terrenos depende dos acidentes naturais.

Para viabilizar a cobrança de Contribuição de Melhoria o valor deve ser inferior a 3% do Valor do Imóvel e pode não recuperar o valor total da obra.

Por outro lado, todas as despesas relacionadas com a obra, incluindo projeto e supervisão, podem ser consideradas.

Para balizar a avaliação dos benefícios, foram comparados os valores de IPTU por m² para terrenos e construído com critérios utilizados pela Prefeitura de Campo Bom.

Segundo a Lei 2546/2003, de 09 de dezembro de 2003 que e*stabelece a planta genérica de valores (PGV) de que trata a Lei Municipal nº 2.397/2.002, e dá outras providências*, o terreno inundável ou alagado em Campo Bom tem valor venal de 60% a 50% do valor de um terreno firme. As obras de proteção elevarão o valor do terreno entre 67% e 100%, dependendo se o terreno é atualmente inundável ou é alagado.

Em Nova Santa Rita, de acordo com a Lei 1221, 19 de Dezembro de 2014, o terreno inundável ou alagado tem valor venal de 70% a 60% do valor de um terreno firme. As obras de proteção elevarão o valor do terreno entre 43% e 67%, dependendo se o terreno é atualmente inundável ou é alagado.

Para fins de análise, entende-se que os terrenos beneficiados são os inundáveis. Assim, pode-se adotar como referência uma valorização de 55% (média) para os terrenos abrigados pelos diques.

Utilizando-se o valor mais baixo de terreno em Nova Santa Rita e atualizando esse valor pelo IGPM acumulado de 2015, 2016 e 2017, trazendo o valor para janeiro de 2018, tem-se que os terrenos menos valorizados têm valor venal referencial de R$ 94,90/m². Com essa base, o valor dos terrenos protegidos na extensão de 9,9763 km² será de R$ 946.750.870,00.

Considerando uma taxa de ocupação de 80% deste valor com terrenos urbanizáveis, descontando vias públicas, prédios públicos e áreas verdes, a soma atinge R$ 757.400.696,00. A valorização de 55% resulta em R$ 416.570.382,80.

O valor das obras dos diques foi orçado em **R$ 327.628.916,96** mais **R$ 207.656.519,63**, num total de **R$ 535.285.436,59** ou seja, superior (128%) do valor possível de arrecadar com Contribuição de Melhorias.

A diferença do valor do IPTU dos terrenos, utilizando-se a base de Nova Santa Rita, com alíquota de 0,1% para terrenos com edificações, seria de R$ 416.570,38 anuais, para 80% da área protegida e considerando-se um valor médio de 0,001% de alíquota.

Esse valor é muito aquém dos R$ 22.383.118,29 previstos para Operação e Manutenção de todas as estruturas do **Cenário 2**.

Considerando-se que a área que será protegida será ou já está edificado com prédios de padrão baixo popular da tabela do SINDUSCON, acabamento baixo padrão, o valor do m² referencial seria de R$ 273,81, já atualizado para janeiro de 2018.

Para uma área útil de 7.981.040,00 m², correspondente a 80% da área protegida, e uma ocupação de 70% desta área com edificações de três pisos, o valor dos imóveis seria de R$ 4.589.105.981,04.

Adotando-se a menor alíquota, igual a 1,5%, o valor arrecadado com o IPTU seria de R$ 68.836.589,72.

Considerando-se que esse é o valor acrescido de 55% de valorização, a diferença dos valores que seriam atualmente arrecadados com a mesma taxa de ocupação e a arrecadação futura será de R$ 37.860.124,34.

Somando-se com a parcela de R$ 416.570,38 dos impostos dos terrenos, chega-se a R$ 38.276.694,73, ou 171% do necessário para cobrir a totalidade dos custos de O&M de todas as intervenções.

O Ministério das Cidades apresenta o Programa **Avançar Cidades - Saneamento,** que tem o objetivo de promover a melhoria do saneamento básico do país por meio do financiamento de ações nas modalidades de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, manejo de águas pluviais, redução e controle de perdas, estudos e projetos, e planos de saneamento.

O Programa está sendo implementado por meio da abertura de **processo de seleção pública** de empreendimentos com vistas à contratação de operações de crédito para financiar ações de saneamento básico ao setor público.

Os proponentes que tiverem suas propostas selecionadas deverão firmar contrato de financiamento (**empréstimo**) junto ao agente financeiro escolhido. No processo seletivo em curso não há disponibilidade para solicitação de recursos do Orçamento Geral da União (recursos a fundo perdido).

Estão sendo disponibilizados recursos onerosos, nos quais incidirão encargos financeiros aplicados pelos agentes financeiros (taxa de **juros**, taxa de **risco de crédito**, entre outros).

Evidentemente que a situação da crise dos governos federal e estadual limita, e muito, a obtenção de recursos, mas as ações podem ser executadas em lotes, o que pode viabilizar a captação dos valores necessários com extensão do cronograma apresentado.

Parte dos investimentos pode ser coberta pela aplicação do princípio Beneficiário-pagador, que está previsto na Lei 10.350/94, quando trata do rateio de custo de obras de uso e proteção dos recursos hídricos.

Por fim, as ações relacionadas à Gestão de Recursos Hídricos e rede de monitoramento não devem ser consideradas como custos a serem cobertos, pois estão sendo viabilizadas por ações da SEMA com recursos do Programa Pró-Redes, no caso da rede de monitoramento, ou com a implantação do novo sistema de outorga.

3.12.7 Aparato Legal para os Mecanismos de Controle Social e Econômico

Conforme já apresentado anteriormente, é necessário que o Plano Diretor seja compatibilizado com o Plano de Desenvolvimento da RMPA e os Planos Municipais de Saneamento devem respeitar o Plano de Bacia.

Assim, devem ser promulgadas leis municipais que definam e protejam as áreas urbanas que possam ser afetadas pelas enchentes, a partir de informações hidrológicas consistentes.

A isolinha das enchentes com TR =100 anos deve ser proposta para todos os municípios afetados, visando corrigir distorções de critérios dentro da bacia.

A edição do Decreto Nº 52.701, de 11 de novembro de 2015, que institui o Programa Estadual de Estímulo à Limpeza e Desassoreamento dos corpos hídricos superficiais de dominialidade do Estado do Rio Grande do Sul com o objetivo de reduzir os danos causados por cheias e enchentes, é um marco legal de apoio aos processos de limpeza dos arroios que cortam as áreas urbanas e que não estariam protegidos pelas estruturas de diques ou pôlderes.

Através do Programa Estadual, as tarefas de desassoreamento têm licenciamento ambiental por adesão, reduzindo drasticamente o tempo de tramitação junto à FEPAM e ao DRH. Com esse instrumento, não é identificada uma necessidade de nova alteração na regulamentação de leis estaduais em relação à drenagem.

Para as áreas ribeirinhas, a definição das áreas livres de ocupação urbana, pode ser realizada por Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, com a universalização do zoneamento da Planície de Inundação dentro da área de Tempo de Recorrência de 100 anos.

A partir disso, todos os planos e a revisão dos planos poderiam ir incorporando esse conceito no seu planejamento, direcionando os planos diretores urbanos específicos para a liberação das áreas sujeitas às inundações periódicas e reduzindo os custos futuros de desapropriação nas cidades menores, que ainda não enfrentam os problemas da região metropolitana.

Essa Resolução pode ser acompanhada de discussão junto ao Ministério Público, especialmente nos Centros de Apoio de Meio Ambiente e de Ordenamento Territorial.

Também pode ser demandada uma Resolução conjunta do CRH com o Conselho Estadual de Meio Ambiente, definindo essas áreas ribeirinhas como de interesse ambiental e, por isso, prioritárias para a não ocupação antrópica com edificações.

Essa ação deveria ser articulada com a SEMA, que possui a presidência dos dois Conselhos, sendo que a SPGG tem assento em ambos e pode ser a proponente de tais Resoluções.

3.12.8 Capacitação e Adequação dos Serviços de Gestão de Águas Pluviais

Nas cidades atingidas pelas intervenções, observa-se uma disparidade entre as legislações municipais sobre a drenagem pluvial.

A análise da legislação de quatro municípios - Esteio, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Três Coroas - permite a identificação de pontos de interesse para a elaboração de uma proposta articulada:

A legislação de São Leopoldo apresenta inovações importantes, como a utilização da lógica da legislação de recursos hídricos, ao identificar as sub-bacias como unidades de planejamento, a preocupação com a sustentabilidade financeira da drenagem, a integração da drenagem cloacal com a pluvial, a indicação do Consórcio intermunicipal e o Comitê de Bacia como instituições envolvidas no processo de drenagem pluvial e a previsão de reassentamento populacional ocupante de áreas sujeitas a inundações.

Já o município de Três Coroas não apresenta uma citação específica para as áreas sujeitas às inundações. A visão pelo texto do Plano Diretor é mais ampla, trazendo princípios mais gerais.

Pelo lado positivo, deixa em aberto a possibilidade de relocar famílias em áreas de risco, mesmo sem definir uma métrica para quantificar esse risco.

A proposta do Plano Municipal de Saneamento Básico de Sapucaia do Sul traz dois pontos interessantes ao presente estudo:

- Criação de um ente regulador supra-municipal para os serviços, ou contratação de uma agência reguladora como responsável pela regulação da drenagem urbana.
- Ativar institucionalmente o Comitê de Bacia do Rio dos Sinos para definição das ações institucionais compartilhadas, bem como a criação de instrumentos legais que contemplem as decisões tomadas em consenso.

Por fim, a Lei municipal de Esteio compila essas visões em um documento que traz a articulação entre os municípios que fazem parte da bacia do arroio Sapucaia, a articulação institucional entre diferentes níveis de governo e com o Plano de Bacia, a articulação entre os diferentes Planos municipais, a sustentabilidade financeira do sistema de drenagem das águas pluviais e a possibilidade de concessão do serviço.

Além disso, traz a necessidade de avanços tecnológicos e a adoção de práticas e técnicas de redução do escoamento superficial e aumento da infiltração.

Observa-se, além da discrepância dos documentos orientativos municipais, uma evolução entre eles, avançando em direção ao que é preconizado como o mais adequado para áreas urbanas.

No município de Porto Alegre, por exemplo, há um detalhamento maior sobre o tema, inclusive estabelecendo uma vazão específica máxima para lançamento de águas urbanas na rede pública.

3.12.9 Regulação para Controle da Vazão de Novos Empreendimentos

Examinando as legislações municipais, entende-se que a de Porto Alegre é a mais indicada para servir como base, já que traz parâmetros claros e precisos. Incorporando os instrumentos de gestão da legislação de Esteio, foi elaborada a Minuta de Regulação para ser discutida com os municípios da bacia.

3.12.10 Estratégia de Integração para os Serviços de Saneamento

Havendo a decisão da implantação das estruturas de proteção contra cheias e contra estiagens, uma série de ações devem ser tomadas por diferentes agentes e de forma integrada, sob coordenação do ente selecionado para exercer essa coordenação: Metroplan, SPGG, Consórcio ou empresa terceirizada.

Além dos critérios de impermeabilização do solo, que afetam diretamente as vazões de esgotamento pluvial já tratados, há os problemas relacionados com o esgotamento sanitário, os resíduos sólidos, a conservação ambiental e o desenvolvimento urbano e regional.

No esgotamento sanitário, devem ser separadas, na medida do possível tanto em termos técnicos como financeiros, as redes de coleta dos esgotos pluvial e cloacal, já que o sistema de proteção por diques ou pôlderes exigirá o bombeamento dos volumes recebidos dentro da área protegida, e, no caso de haver a mistura dos dois esgotos, o projeto da estrutura de bombeamento deve ser alterado para garantir o seu funcionamento e as condições de operação e trabalho dos técnicos encarregados da manutenção das estações de bombeamento.

Em algumas situações, mantem-se a ligação dos dois esgotos e é realizado o tratamento de todo o volume coletado em uma ETE, até que seja atingida a vazão máxima de operação da estação. Acima deste valor, superado quando há uma precipitação intensa, é realizado um by-pass, sendo todo o esgoto lançado sem tratamento no corpo hídrico que estará com uma vazão mais elevada.

O tratamento do esgoto pluvial até que seja atingida a vazão limite é uma ação positiva para a cidade e para a qualidade de água da bacia.

Quanto aos resíduos sólidos, estes interferem diretamente na capacidade de esgotamento pluvial das redes e dos bueiros, sendo um grave problema para entupimento das bocas de lobo e pane nos sistemas de bombeamento.

Uma sistemática mais eficaz de limpeza destas estruturas é necessária, pois a limitação de drenagem imposta pelos diques pode significar aumento dos prejuízos se a rede de coleta e de bombeamento estiver sem condições operacionais.

Em relação à conservação ambiental, observa-se uma discussão sobre as Áreas de Preservação Permanente em meio urbano, sobrando dúvidas e críticas ao Novo Código Florestal sobre a falta de definições claras sobre os cursos de água canalizados e as áreas destinadas ao plantio ou conservação da vegetação.

A discussão no STF trouxe ainda mais incertezas sobre a aplicabilidade do Código e quais os critérios que devem ser seguidos.

Assim, entende-se que a busca de entendimento com o Ministério Público sobre as políticas e as práticas possíveis é a estratégia mais segura para evitar a execução de obras e medidas que poderão ser questionadas e revertidas, com custos financeiros adicionais.

A articulação entre a implantação das estruturas para controle e convivência com deve considerar a participação da FEPAM, da SEMA/RS, do Comitê de Bacia, do Ministério Público - CAOMA e das secretarias municipais de meio ambiente.

Por fim, o desenvolvimento regional necessita da articulação dos Planos Diretores Urbanos e um Plano Urbano Integrado da Região Metropolitana de Porto Alegre, que estava sob a coordenação da Metroplan.

3.12.11 Conclusão

A análise das possibilidades de arranjo institucional e de viabilização da implantação e operação e manutenção das obras previstas na bacia do Rio dos Sinos permite concluir sobre a possibilidade real de avanço na concretização das soluções propostas:

- Existem na bacia as estruturas institucionais necessárias para a gestão da implantação de ações na forma de um programa para toda a bacia ou execução parcial por meio de projetos isolados. Dentre as possibilidades de articulação, destaca-se a GRANPAL - Consórcio Metropolitano;
- Existem alternativas de capacitação técnica já em funcionamento. A alteração do escopo ou da temática das capacitações não representa um empecilho importante;

- Há nas legislações municipais avanços importantes quanto à drenagem urbana, que poderiam ser harmonizados entre os municípios da bacia diretamente afetados pelas obras, de forma a dar um tratamento equivalente a todos os beneficiados ou afetados pelas intervenções;
- O Comitê de Bacia tem uma atuação destacada no processo de publicização das ações realizadas até o momento, podendo ser mantido como um espaço destacado de controle social, especialmente nas ações que envolvam critérios de outorga ou sistemas de informações hidrológicas;
- O Ministério Público é um ator fundamental para a implantação adequada das ações selecionadas e aprovadas nas diferentes instâncias.
  A participação constante no processo de planificação permite prever a manutenção dessa presença e sua possibilidade de evolução, especialmente no apoio à discussão e busca por solução de conflitos que exijam a articulação entre a conservação ambiental, os direitos sociais e o ordenamento territorial;
- A valorização dos terrenos e a possível valorização dos imóveis atuais e futuros permite a arrecadação de taxas de contribuição e impostos municipais que podem viabilizar a implantação dos diques propostos e a operação e manutenção de todas as estruturas previstas, restando a busca por recursos para a desapropriação das áreas externas ao sistema de proteção ou necessárias para a implantação das intervenções.
  O investimento inicial pode ser financiado por entidades federais ou internacionais.
  O arranjo institucional a ser implantado deve garantir o fluxo financeiro entre os municípios e o órgão estadual que ficará responsável pela gestão de um programa ou conjunto de projetos isolados.

3.13 Plano de Ação

O Plano de Ação, consolidado no Produto 16, tem por objetivo geral detalhar as atividades necessárias para a implementação das medidas previstas neste estudo ao longo do tempo.

Os objetivos específicos do Produto 16 são:

- Apresentar as fases para implantação da entidade de gestão de drenagem urbana e inundação ribeirinha.
- Dar encaminhamento do projeto de lei ou decreto previstos; revisão dos planos de drenagem;
- Definir o treinamento de equipes;
- Detalhar a implementação dos programas de longo prazo;
- Definir as datas de licitação e contratação das obras;
- Detalhar o sequenciamento de obras;
- Descrever as fontes de financiamento das obras;
- Definir a equipe mínima para fiscalização da implantação das obras e para manutenção dos serviços no prestador de serviço.

O Plano de Ação a seguir detalhado apresenta uma proposta de ações para minimização dos efeitos de cheias dentro do conceito de gestão integrada de recursos hídricos com foco no eixo de manejo de águas pluviais.

A gestão integrada de recursos hídricos é um processo que promove o gerenciamento e desenvolvimento integrado dos recursos de água, solo e correlatos, de modo a maximizar o benefício econômico e social resultante de forma a reduzir desigualdades e sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais.

Esta metodologia considera que uma intervenção isolada tem implicações no sistema como um todo (a unidade de bacia) e que esforços integrados entre os diferentes atores podem gerar múltiplos benefícios.

Ao mesmo tempo, considera-se também que ações individuais podem gerar efeitos negativos inesperados, quando são analisadas dentro do escopo local (ex: o trecho de execução de uma obra).

A gestão integrada de eventos críticos pretende integrar a análise dos diversos elementos da bacia de modo a maximizar o uso eficiente das áreas inundáveis e minimizar a perda de vida e propriedade.

A gestão integrada deverá dentro das condições locais, encorajar a participação de todos os atores: usuários, planejadores e legisladores, em todos os níveis cabíveis.

As iniciativas propostas no presente Plano de Ação visam as seguintes áreas específicas:

- Fortalecer a capacidade institucional da sociedade inserida na bacia, de modo a possibilitar a execução das demais ações e viabilizar a manutenção das ações de longo prazo e das intervenções estruturais;
- Reduzir o risco à vida e propriedade dentro da planície de inundação;
- Incrementar a resiliência da bacia a eventos extremos;
- Obter o máximo retorno econômico para as intervenções que demandem recursos financeiros ou causem prejuízos à sociedade;
- Reduzir os impactos antrópicos ao meio ambiente.

Para tal são apresentadas as ações:

- No âmbito legislativo;
- Não-Estruturais: referente à forma de gestão do ambiente urbano, da gestão de informação, da operacionalidade entre os diferentes agentes administrativos ou educacionais;
- Estruturais: referente à implantação de obras e intervenções no âmbito da bacia.

3.13.1 Implementação dos Programas de Longo Prazo

A seguir são apresentados os programas de longo prazo que garantirão a manutenção do perfeito funcionamento do sistema integrado de manejo de águas pluviais da bacia.

Os programas são descritos abaixo assim como o prazo de execução ou a periodicidade indicada para a repetição da ação.

As ações a serem realizadas pelos programas propostos se enquadrarão em 3 tipos distintos:

✓ **Ações de Adequação**

São aquelas que adequam a situação atual de acordo com as indicações e resultados obtidos neste trabalho visando minimizar os prejuízos e risco à vida humana. Incluem as propostas intervenções estruturais (em seção à parte).

✓ **Ações de Manutenção**

São aquelas que pretendem manter o sistema de proteção contra cheias implantado operando de forma contínua e eficaz. Incluem as ações que reavaliam as condições da bacia de acordo com a real expansão urbana e demandas hídricas. Incluem também as ações que futuramente irão promover a atualização dos estudos realizados neste trabalho.

✓ **Ações de Preparação**

São aquelas que pretendem propor contingências para as eventualidades de eventos críticos de cheias, inclusive aquelas acima do tempo de retorno de projeto.

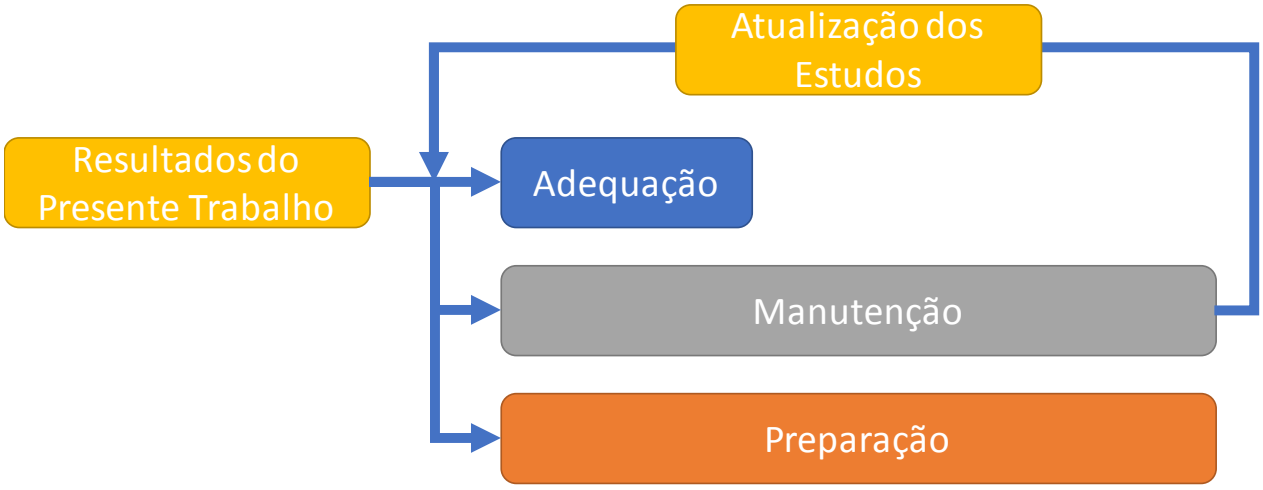


Figura 113 - Fluxograma de Ações.
Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.13.2 Ações de Adequação

✓ **Disponibilização de Informação**

Um dos pilares da Gestão Integrada de Cheias conforme apresentado neste trabalho é a universalização das informações geradas. Muitos dos atores na bacia envolvidos na questão de inundação usualmente estão interessados em informações de âmbito local.

Desta forma, demandar que individualmente tais sejam mantenedores das informações totais geradas neste trabalho (ou similares) é uma tarefa de difícil aplicabilidade.

Desta forma, propõe-se que as informações geradas neste trabalho e futuras atualizações estejam disponíveis para a sociedade em geral de forma centralizada, digital e on-line.

O órgão responsável pelo planejamento urbano (ver Produto 15 - Arranjo Institucional) deverá ser encarregado de manter o arquivo dos produtos apresentados neste trabalho: relatórios, base topográfica, mapas de inundação, etc., assim como de eventuais produtos futuros gerados no mesmo âmbito. Ver resumo no Quadro 81 a seguir.

Quadro 81 - Disponibilização de Informação

Objeto	**Construção de agregador online para universalização de informações referentes ao Sistema de Gestão de Cheias**
Justificativa	Manutenção e divulgação das informações geradas
Local	On-line, em domínio específico ou subdomínio do Estado
Prazo	Imediatamente após o fechamento do presente trabalho, atualizado após cada nova etapa
Responsável	Ver Arranjo Institucional
Metodologia	Construção de site e banco de dados (FTP)
Custo	Horas técnicas para construção do site e contrato e manutenção do servidor (R$ 15.000 + R$ 500/ano)
Fonte de Financiamento	Recursos Metroplan

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ Atualização dos Planos Diretores

O Plano Diretor Municipal é o mecanismo legal que visa orientar a ocupação do solo urbano, tomando por base um lado de interesses coletivos e difusos tais como a preservação da natureza e da memória, e de outro os interesses particulares de seus moradores.

O plano é o "instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana", de acordo com a Constituição Federal e o Estatuto da Cidade.

Até o momento cada município só possuía condições para elaboração de estudos de cheias dentro dos seus próprios limites políticos. O presente trabalho apresenta resultados em um escopo bem maior do que era possível até o momento.

Desta forma, sabendo da forte interdependência hidráulica do comportamento das cheias em áreas conturbadas, considera-se que o presente trabalho demonstra condições mais próximas à realidade em um nível regional e desta forma apresenta resultados suficientes para justificar uma atualização dos zoneamentos propostos em um Plano Diretor Municipal e embasar tecnicamente os Plano Diretores de Drenagem Urbana. Ver resumo no Quadro 82 a seguir.

Quadro 82 - Atualização dos Planos Diretores

Objeto	**Atualização dos Planos Diretores**
Justificativa	Utilizar as informações geradas neste trabalho para otimizar o planejamento urbano dentro dos documentos do Plano Diretor e Plano Diretor de Drenagem Urbana.
Local	Todos os municípios da bacia dentro do escopo do presente estudo
Prazo	A partir de 2020.
Responsável	Cada município individualmente.
Metodologia	Análise dos resultados do presente trabalho, atualização das leis municipais.
Custo	R$ 500.000,00/cada.
Fontes de Financiamento	Recursos Municipais

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

Cabe como medida de curto prazo a contenção/proibição de quaisquer expansões previstas pelos Planos Diretores Municipais de Desenvolvimento Urbano dentro das áreas identificadas como Planície de Inundação, sejam elas definidas como Zona de Passagem de Cheias, sejam Zonas de Ocupação com Restrição enquanto os municípios não adequarem os seus Planos Diretores Municipais de Desenvolvimento Urbano e de Drenagem Urbana.

Tal ação deve ser colocada em prática e fiscalizada pelo Ministério Público, de forma a coibir novas ocupações em áreas de risco enquanto não houver diretrizes de ocupação compatível com tais áreas dentro do Plano Diretor dos municípios. Da mesma forma, é essencial que os PDDU's também se adequem às intervenções estruturais aqui propostas.

Dessa forma, a presente ação se torna condicionante a novas ocupações das áreas delimitadas pela Planície de Inundação (isolinha do **TR 100** anos).

✓ **Implantação das Intervenções Estruturais**

As intervenções estruturais são aquelas tomadas para adequação das condições locais aos efeitos de cheias e que demandem investimentos em construção. Estas estão apresentadas em seção a parte, a seguir.

✓ **Programa de Educação Ambiental Continuada**

A Lei nº 9.795/1999 institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e define como educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Esta Lei determina que a educação ambiental seja um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal. um Plano Diretor Municipal e embasar tecnicamente os Plano Diretores de Drenagem Urbana. Ver resumo no Quadro 83 a seguir.

Quadro 83 - Programa de Educação Ambiental

Objeto	**Programa de Educação Ambiental Continuada**
Justificativa	Existe a necessidade de conscientizar a população em relação à ocupação de áreas de passagem de cheia. Devem ser ressaltados os problemas ocasionados assim como os riscos inerentes.
Local	Em todas as regiões urbanizadas da bacia
Prazo	Contínuo, a partir de 2019
Responsável	Administração Municipal
Metodologia	Ver acima.
Custo	R$ 50.000/ano/bacia
Fonte de Financiamento	Município

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.13.3 Ações de Manutenção

✓ **Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro Territorial e Uso do Solo**

O cadastro territorial é de fundamental importância no sistema administrativo municipal, independentemente da área urbanizada ou da quantidade de habitantes do mesmo.

Boa parte das cidades de pequeno e médio porte brasileiras tem sofrido com o crescimento desordenado e a informalidade da ocupação de terrenos, fato que influencia diretamente a preservação do meio ambiente e consequentemente a qualidade de vida da população.

Sendo assim, a base cartográfica cadastral é fundamental para o apoio ao planejamento e às tomadas de decisão, e esta, deve estar sempre atualizada, a um nível de detalhamento que propicie aos técnicos, responsáveis pelas diversas áreas do planejamento urbano, extrair as informações de interesse.

Um banco de dados espacializado sobre as parcelas reflete a situação organizacional do espaço urbano.

O produto deverá ser gerado a partir de imagens de satélite de alta qualidade.

O produto final deverá conter base cartográfica onde estão indicados elementos básicos para o planejamento urbano, como as áreas efetivas de expansão, tipologia da urbanização e o uso do solo.

Devido às condições técnicas para realização de voos para realização de reconhecimento (um subsídio realização do cadastro) é proveitoso em termos financeiros que tal seja realizado como uma ação conjunta de municípios vizinhos.

Tal condição deve ser observada sempre que esse serviço for contratado. Ver resumo no Quadro 84 a seguir.

Quadro 84 - Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo

Objeto	**Atualização do Cadastro Territorial e Uso do Solo**
Justificativa	Manter as informações referentes ao uso do solo atualizadas. Verificar a aderência os planos diretores.
Local	Todos os municípios da bacia
Prazo	A cada 5 anos.
Responsável	Todos os municípios da bacia
Metodologia	Levantamento aerofotogramétrico, análise das imagens
Custo	R$ 2.500.000,00
Fonte de Financiamento	Municípios (compartilhados)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem**

A sistematização dos dados constitui na representação em planta e em tabelas das informações obtidas através de levantamentos de campo referentes a todas as estruturas e dispositivos que compõem os sistemas de drenagem dos municípios.

A sistematização define que sejam criadas estruturas de dados sólidas para armazenamento das informações de infraestrutura.

É recomendável que a metodologia de armazenamento da informação seja compatível entre os diversos municípios da bacia. Ver resumo no Quadro 85 a seguir.

Quadro 85 - Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem

Objeto	**Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem**
Justificativa	A existência de um cadastro constantemente atualizado permite maior agilidade, eficiência e otimização nos processos de operação, nos serviços corretivos ou preventivos de manutenção dos sistemas e na identificação e priorização de intervenções.
Local	Todos os municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, ação contínua.
Responsável	Todos os municípios da bacia
Metodologia	Ver acima.
Custo	Construção da Estrutura de Banco de Dados: R$ 30.000,00 Cadastro e criação de base de dados existentes: R$ 150.000,00/município (média) Atualização periódica e contínua: R$ 30.000,00/ano (por município/média)
Fonte de Financiamento	Município, dentro das secretarias específicas.

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos das Cheias

O presente trabalho apresentou os estudos referentes aos efeitos das cheias na bacia do Sinos. A partir dos resultados obtidos foi possível estabelecer cenários para as condições de ocupação urbana mais prováveis.

Tais cenários, embora possam representar suficientemente bem a situação da bacia dentro do horizonte de projeto, são um exercício de previsão das condições futuras e, por isso, estão sujeitos a diversas incertezas quanto a sua exatidão.

De tal forma, periodicamente é necessária a revisão dos resultados apresentados para que as ações de mitigação de impactos e o planejamento urbano sejam direcionados de forma mais próxima às condições reais.

Na revisão do estudo devem ser avaliados os seguintes aspectos:

- Avaliação do Escopo Crítico
- Avaliação do Escopo de Complementação de Informações
- Atualização dos Mapas de Riscos
- Análise dos Objetivos

Ver resumo no Quadro 86 a seguir.

Quadro 86 - Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos de Cheias

Objeto	**Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos das Cheias**
Justificativa	Periodicamente é necessária a revisão dos resultados apresentados para que as ações de mitigação de impactos e o planejamento urbano sejam direcionados de forma mais próxima às condições reais.
Local	Bacia
Prazo	A partir de 2028, a cada 10 anos.
Responsável	Metroplan
Metodologia	Ver acima.
Custo	R$ 3.000.000,00
Fonte de Financiamento	Recurso Federal - Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Programa de Inspeção e Manutenção Periódica**

Em busca de uma melhor eficiência das atividades de operação e manutenção do sistema de drenagem, é fundamental um plano específico a respeito das atividades a serem realizadas, como o desassoreamento de cursos d'água, a limpeza de bocas-de-lobo e a manutenção de galerias, canais e demais estruturas de drenagem.

O plano de operação e manutenção do sistema de drenagem tem como objetivo evitar ações sem nenhum tipo de planejamento, visando à realização de ações preventivas e corretivas.

Deverá ser subsídio técnico a forma de manutenção de todo sistema de drenagem, definindo custos esperados, cronograma de ações rotineiras e especiais. Ver resumo no Quadro 87 a seguir.

Quadro 87 - Programa de Inspeção e Manutenção Periódica

Objeto	**Programa de Inspeção e Manutenção Periódica**
Justificativa	A manutenção da infraestrutura física de drenagem é fundamental para o correto funcionamento do sistema concebido.
Local	Todos os municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, ação contínua.
Responsável	Todos os municípios da bacia
Metodologia	Ver acima.
Custo	Variável
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais**

As atividades de agentes de saúde e assistentes sociais envolvem contato direto com a população em suas comunidades.

Desta forma, estes servidores municipais se tornam importantes instrumentos de disseminação de informações, mesmo para as comunidades mais afastadas e de difícil acesso, que possuiriam dificuldades para locomoverem-se até locais onde são desenvolvidas atividades de educação ambiental e sanitária.

Nesse contexto, é essencial que os agentes de saúde e assistentes sociais possuam a capacidade de informar e educar as pessoas adequadamente. Ver resumo no Quadro 88 a seguir.

Quadro 88 - Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais

Objeto	**Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais**
Justificativa	Disseminação de informações, mesmo para as comunidades mais afastadas e de difícil acesso, que possuiriam dificuldades para locomoverem-se até locais onde são desenvolvidas atividades de educação ambiental e sanitária.
Local	Todos os municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, ação contínua.
Responsável	Todos os municípios da bacia
Metodologia	Ver acima.
Custo	Palestrantes, material impresso, organização de eventos e divulgação: R$ 25.000/ano/bacia.
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais

As empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas são incumbidas pela Lei 9.975/1999 de promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho, bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente.

Desta forma, é fundamental que as prefeituras possuam mecanismos para a contínua capacitação dos funcionários das secretarias municipais, principalmente daquelas que possuem atribuições relacionadas ao saneamento básico. Ver resumo no Quadro 89 a seguir.

Quadro 89 - Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais

Objeto	**Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais**
Justificativa	
Local	Todos os municípios
Prazo	A partir de 2019, anual
Responsável	Prefeituras
Metodologia	Promoção de eventos anuais de capacitação e atualização aos funcionários das secretarias municipais vinculadas às atividades de saneamento básico
Custo	Palestrante, material impresso, organização de evento e divulgação: R$ 25.000/ano/prefeitura.
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.13.4 Ações de Preparação

✓ **Elaboração de Plano de Contingência**

Diversos eventos podem acarretar em situações de emergência que exigem ações específicas para apoio às comunidades afetadas. Como principais ocorrências emergenciais relacionadas à drenagem urbana e manejo das águas pluviais estão as inundações e os deslizamentos.

As inundações podem ser originadas por chuvas intensas localizadas ou não. As chuvas intensas localizadas podem gerar situações anormais ou de perigo, dependendo da extensão da área atingida e da duração do evento.

Deverão ser levantadas, para cada trecho urbanizado, as elevações do nível d'água para qual são associados três níveis de risco: (1) Enchentes de pequenas proporções (2) Alerta (3) Crítico. Os níveis não são diretamente associados a tempos de recorrência, mas sim ao potencial de dano ocasionado pelo extravasamento do rio, de acordo com critérios estabelecidos e o contexto local.

Para cada um dos níveis de risco será associada uma série de contingências para minimização dos prejuízos e risco de vida. Os Planos de Contingência deverão estabelecer, no mínimo:

- Locais para postos de comando para a Defesa Civil durante eventos críticos;
- Locais para abrigos temporários;
- Informações da forma de obtenção de recursos físicos imediatos (ex: bombas) e de fornecedores de insumos relevantes (ex: diesel, sacos de areia);
- Informações sobre os serviços públicos críticos (ex: hospitais);
- Informações sobre potenciais rotas de fuga;
- Fluxogramas de ação para eventos críticos, as responsabilidades das entidades públicas e a cadeia de comando.

O plano de contingência deverá impreterivelmente estar amarrado à capacidade dos gestores de obter informações hidrológicas de forma confiável e em tempo hábil. Ver resumo no Quadro 90 a seguir.

Quadro 90 - Elaboração dos Planos de Contingências

Objeto	**Elaboração dos Planos de Contingências**
Justificativa	Construção de documento que permita a ação institucional integrada me caso de eventos de cheias críticos
Local	Todos os municípios da bacia
Prazo	A partir de 2019, com revisões a cada 5 anos.
Responsável	Todos municípios da bacia
Metodologia	Ver acima
Custo	R$ 750.000,00 (global)
Fontes de Financiamento	Municípios

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

✓ **Rede Hidrométrica de Previsão e Alerta**

Eventos de chuvas intensas e/ou prolongadas podem ser causadores de cheias e ocasionar potencial risco a sociedade e vidas humanas.

De modo a permitir a previsão e alerta de tais eventos, propõem-se a melhoria da rede telemétrica hidrometerológica em locais estratégicos na bacia.

A partir dos dados em tempo real obtidos por estas é possível realizar a previsão hidrológica a partir de modelos numéricos desenvolvidos especificamente para cada (sub)-bacia hidrográfica possibilitando a emissão de alertas para eventos de cheias ou de estiagens.

Tal ação consiste na implantação de rede monitoramento de eventos climatológicos críticos, compreendendo a aquisição, montagem e instalação dos equipamentos.

São propostas 7 estações automáticas telemétricas para a complementação da rede de monitoramento. Ver resumo no Quadro 91 a seguir.

Quadro 91 - Instalação de rede de previsão e alerta

Objeto	**Instalação da Rede Hidrométrica de Previsão e Alerta**
Justificativa	Apoio à decisão para ações de alerta e proteção à sociedade
Local	Ver Produto 16
Prazo	A partir de 2019;
Responsável	DRH/SEMA
Metodologia	Ver acima
Custo	R$ 320.000 implantação e R$ 430.000 por ano
Fonte de Financiamento	Recursos Estaduais - DRH/SEMA

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.13.5 Resumo das Metas

Foram estabelecidos prazos para implementação das ações que têm por objetivo dar suporte à melhoria da gestão do planejamento da gestão de recursos hídricos. Ver resumo no Quadro 92 a seguir.

Quadro 92 - Metas Institucionais relativas ao planejamento

Meta	Prazo	Periodicidade
Fechamento e divulgação dos Estudos para Mitigação das Cheias	2018	10 anos
Revisão dos Planos Diretores	2019	10 anos (máximo)
Implantação das Intervenções Estruturais	A partir de 2020	-
Programa de Educação Ambiental Continuada	A partir de 2019	Contínuo
Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro Territorial e Uso do Solo	-	Contínuo
Sistematização e Atualização Contínua do Cadastro de Infraestrutura de Drenagem	A partir de 2019	Contínuo

Meta	Prazo	Periodicidade
Atualização dos Estudos de Mitigação dos Efeitos das Cheias	A partir de 2028	10 anos
Programa de Inspeção e Manutenção Periódica	A partir de 2019	Contínuo
Programa de Capacitação de agentes de saúde e assistentes sociais	A partir de 2019	Anual
Programa de Capacitação dos Técnicos Municipais	A partir de 2019	Anual
Elaboração de Plano de Contingência	2019	-
Rede Hidrométrica de Previsão e Alerta	2019	-

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

3.13.6 Intervenções Estruturais

✓ **Sequenciamento de Obras**

O Produto 14 - Consolidação do Conjunto de Intervenções apresentou as soluções estruturais e não estruturais para mitigação dos efeitos de cheias.

Dentro dos estudos realizados foram selecionadas as melhores alternativas para cada região específica, sendo as seguintes intervenções estruturais selecionadas.

- **Baixo Sinos**
    - São Leopoldo: Canal Secundário BR116 e elevação dos diques existentes
    - Diques Canoas/Esteio
    - Dique de Proteção de Nova Santa Rita
    - Diques de Proteção em Sapucaia do Sul
    - Dique Arroio Cerquinha
    - Dique São Leopoldo - Bairro Feitoria
    - Dique Novo Hamburgo - Lomba Grande
    - Dique Campo Bom - Bairro N
- **Médio Sinos / Paranhana**
    - Diques Igrejinha (norte)
    - Diques Igrejinha (sul)

A realização destas obras representa alteração no regime hidráulico dos cursos d´água e desta forma devem ser realizadas em uma sequência que permita a minimização de efeitos negativos em outras regiões. Usualmente considera-se que a construção de montante para jusante causará as menores dificuldades na implantação.

As intervenções, portanto, são separadas em diferentes sistemas, cuja cronologia de execução depende do término de outras obras para que não sejam criadas externalidades indesejadas. Por isso, entende-se que há obras independentes e outras que formam sistemas associados.

Abaixo as obras são separadas por sistema e por ordem de prioridade, o que dá as diretrizes ao cronograma apresentado a seguir.

- **Obras Independentes**
  - Dique São Leopoldo - Bairro Feitoria
  - Dique Novo Hamburgo - Lomba Grande
  - Dique Campo Bom - Bairro N
- **Eixo Integrado Baixo Sinos**
  - São Leopoldo: Canal Secundário BR116 e elevação dos diques existentes
  - Dique Arroio Cerquinha
  - Diques de Proteção em Sapucaia do Sul
  - Dique de Proteção de Nova Santa Rita
  - Diques Canoas/Esteio
- **Eixo Integrado Médio Sinos**
  - Diques Igrejinha (norte)
  - Diques Igrejinha (sul)

3.13.7 Datas de Licitação e Contratação das Obras

✓ **Detalhamento dos Projetos**

O presente estudo contempla a fase de elaboração do **Projeto Conceitual**, sendo esta a fase inicial do processo de elaboração de um projeto de uma obra.

Neste momento acontece a validação de uma ideia e a confirmação de uma solução para atender a uma determinada necessidade nas diversas áreas da construção.

O **Projeto Básico** reúne os elementos que definem a obra, o serviço ou o complexo de obras e serviços que fazem parte do empreendimento.

O objetivo é definir com precisão as características básicas do empreendimento e o desempenho almejado na obra para que seja possível estimar o custo e prazo de execução. Ver resumo no Quadro 93 a seguir.

Quadro 93 - Projetos Básicos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias

Objeto	**Projetos Básicos dos Sistemas de Proteção contra cheias**
Justificativa	Complementação das informações de projeto
Local	Nos locais indicados para as obras
Prazo	De acordo com o sequenciamento apresentado.
Responsável	Ver Arranjo Institucional/Municípios
Metodologia	Variável
Custo	Horas técnicas dos diferentes profissionais envolvidos, serviços de topografia e geotecnia - R$ 7.000.000,00 (global)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

O **Projeto Executivo** é a etapa posterior que consiste no conjunto dos elementos necessários e suficientes para a execução completa da obra ou do serviço, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Os componentes da obra, como materiais descritivos, cálculos estruturais, desenhos, especificações técnicas e executivas, cronograma e planilhas de orçamento, são reunidos no projeto executivo. Ver resumo no Quadro 94 a seguir.

Quadro 94 - Projetos Executivos dos Sistemas de Proteção Contra Cheias

Objeto	**Projetos Executivos dos Sistemas de Proteção contra cheias**
Justificativa	Complementação das informações de projeto
Local	Nos locais indicados para as obras
Prazo	De acordo com o sequenciamento apresentado.
Responsável	Ver Arranjo Institucional/Municípios
Metodologia	Variável
Custo	Horas técnicas dos diferentes profissionais envolvidos, serviços de topografia e geotecnia - Projeto Básico: R$ 10.000.000,00 (global)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

O **Licenciamento Ambiental** é a etapa que acompanha a elaboração dos projetos e da execução e operação do empreendimento, consistindo em uma exigência legal a que estão sujeitos todos os empreendimentos ou atividades que empregam recursos naturais ou que possam causar algum tipo de poluição ou degradação ao meio ambiente.

É um procedimento administrativo pelo qual é autorizada a localização, instalação, ampliação e operação destes empreendimentos e/ou atividades.

As fases anteriores ao início das obras compreendem a Licença Prévia (LP) e a Licença de Implantação (LI). A LP deve ser solicitada na fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação do empreendimento.

Esta licença apenas aprova a viabilidade ambiental e estabelece as exigências técnicas (as "condicionantes") para o desenvolvimento do projeto, mas não autoriza sua instalação.

A LI aprova os projetos, sendo a licença que autoriza o início da obra de implantação do projeto. É concedida depois de atendidas as condições da Licença Prévia.

Já a Licença de Operação (LO) é a que autoriza o início do funcionamento do empreendimento/obra, das atividades produtivas.

É concedida após vistoria para verificar se todas as exigências foram atendidas.

Ver resumo no Quadro 95 a seguir.

Quadro 95 - Licenciamento Ambiental dos Sistemas de Proteção Contra Cheias

Objeto	**Licenciamento Ambiental LP, LI e LO**
Justificativa	Condicionantes dos Projetos
Local	Nos locais indicados para as obras
Prazo	De acordo com o sequenciamento apresentado.
Responsável	Ver Arranjo Institucional/Municípios
Metodologia	Variável
Custo	Horas técnicas dos diferentes profissionais envolvidos na consultoria para a aprovação do licenciamento e taxas dos órgãos ambientais. Licenciamento: R$ 7.000.000,00 (global)

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio Gravataí

3.13.8 Cronograma de Execução

A seguir é apresentado o cronograma para implantação de obras na bacia do rio dos Sinos.

A realização destas obras representa alteração no regime hidráulico dos cursos d´água e desta forma devem ser realizadas em uma sequência que permita a minimização de efeitos negativos em outras regiões. Usualmente considera-se que a construção de montante para jusante causará as menores dificuldades na implantação.

Desta forma é de suma importância que a ordenação das obras seja realizada respeitando-se esta peculiaridade. Ver cronograma no Quadro 96 abaixo:

Quadro 96 - Cronograma de Execução de Projetos e Implantação das Obras

Intervenção	1	2	3	4	5	6	7
Eixo Baixo Sinos							
Dique São Leopoldo - Bairro Feitoria (1)							
Dique Novo Hamburgo - Lomba Grande (1)							
Dique Campo Bom (1)							
São Leopoldo: Canal Secundário BR116 (2)							
Dique Arroio Cerquinha (2)							
Diques de Proteção em Sapucaia do Sul (2)							
Diques de Proteção de Nova Santa Rita (3)							
Diques Canoas/Esteio (3)							
Eixo Paranhana							
Dique Igrejinha (norte) (1)							
Dique Igrejinha (sul) (2)							

LEGENDAS		**Projeto/Licenciamento**
		Implantação

Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante da análise da evolução urbana dos municípios da Bacia do Rio dos Sinos constatou-se que o desenvolvimento dessas áreas ocorreu de forma acelerada e desordenada, com falta de controle do uso do solo e consequente impermeabilização e derrubada da cobertura vegetal natural.

Em parte, a desordem deste crescimento se deve à falta de Planos Diretores Urbanísticos até a primeira década do século XXI como auxílio ao planejamento urbano, sendo criados apenas na primeira década dos anos 2000 na maioria dos municípios da Bacia.

A falta de uma gestão integrada das diferentes demandas, como drenagem urbana, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e ocupação urbana e que considere o contexto regional, integrando a tomada de decisões entre os municípios, foi o aspecto principal para que se tenha o cenário atual com problemas complexos de infraestrutura e gestão.

O problema se agrava à medida que as ações antrópicas se estendem e se intensificam na região da bacia, tornando as soluções desses problemas cada vez mais complexas e com custos mais elevados.

Destaca-se a necessidade da interação não só entre os diferentes órgãos dentro de uma mesma cidade, mas também da interação entre municípios vizinhos.

A falta dessa interação gera a existência de soluções limitadas que, ao não considerarem o contexto regional, podem causar impactos negativos a municípios próximos.

Como exemplo cita-se os Planos Diretores que muitas vezes não consideram ao menos os Planos das cidades vizinhas gerando conflitos de usos do solo nas divisas municipais e impactos indesejados a municípios adjacentes.

A gestão integrada deve priorizar a integração dos serviços de saneamento na cidade considerando as interfaces existentes entre mesmos.

Ao se analisar os estudos hidrológicos apresentados à época do projeto da rodovia, observa-se que a metodologia utilizada apresenta certas limitações, como, por exemplo, a não utilização de modelagem numérica ou física.

Segundo Tucci (2009) os hidrogramas de projeto são usualmente determinados com base na precipitação. O hidrograma pode ser associado a precipitações máximas prováveis e precipitações associadas a risco ou probabilidade de ocorrência.

O segundo método é o utilizado no contexto da bacia do Sinos.

Devido à metodologia utilizada (modelo chuva-vazão) o hidrograma de projeto resultante teve seu risco associado às precipitações e não aos hidrogramas passantes em trecho da bacia.

As precipitações de projeto analisadas foram aquelas com tempo de retorno de: 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

Foram apresentados os resultados das simulações dos eventos de cheias quanto às vazões para os TR's 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Já o estudo de alternativas de cenários apresentados, com base nas simulações hidráulicas e mapas de inundações desenvolvidos, 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 a 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 as regiões impactadas pelos eventos de cheias, desde regiões sujeitas frequentemente a inundações, quando avaliados os TR de 5 e 10 anos, como é o caso de Nova Santa Rita, Sapucaia do Sul, Canoas e Esteio à regiões menos expostas a eventos com maior probabilidade, mas na ocorrência de eventos com menor probabilidade (TR 50 e 100 anos), os impactos estimados são significativos como é o caso de Igrejinha e Rolante.

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 para 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 pôlderes.

Ambas apresentam limitações, uma vez que o zoneamento implica na desapropriação de determinadas regiões para a criação de parques e os pôlderes implicam na construção de diques que alteram as características de escoamento na planície, podendo criar externalidades à regiões vizinhas.

Cabe destacar que as soluções de alargamento e aprofundamento do Rio dos Sinos sob a BR-116 e da elevação dos diques em São Leopoldo na mesma região se mostram uma alternativa necessária independentemente da ocorrência das obras na BR-448 ou não, sem que tenham sido levantadas outras possibilidades para o problema em questão.

Apesar de haver tal proteção, os estudos hidrodinâmicos apresentaram resultados não satisfatórios quanto ao nível de segurança da cota em que se encontram os diques na região e, por isso, é fortemente recomendado que tais soluções sejam levadas adiante.

O sistema de monitoramento, previsão e alerta já é uma realidade em fase de operação, no entanto, ainda sendo implementado e melhorado, 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 apresentou sugestões para a melhoria da rede existente de forma a melhor alimentar com dados de entrada 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 o não incentivo a novas ocupações em áreas com frequente inundação uma vez baseado em risco, assim como o incentivo a desocupaçao das áreas já ocupadas, caso seja obrigatório.

Recomenda-se ao Estado a avaliação dos quesitos legais para a efetiva implementação das modalidades de seguro sugeridas no estudo.

Coube aos estudos de viabilidade econômica e multicritério a avaliação dos benefícios gerados pelas soluções e a contrapartida necessária para a implementação de cada solução, assim como a opção pela alternativa mais vantajosa.

Foram avaliados o Valor Presente Líquido (VPL) dos investimentos da diferença entre benefício e o custo, a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o benefício/custo (b/c) na avaliação econômica de cada solução.

Tais análises compuseram análise mais abrangente, denominada multicritério, em que foram ponderados não só os critérios econômicos, mas também critérios sociais, ambientais e operacionais das soluções.

Diante do exposto na análise econômica, ficaram demonstradas as possibilidades de viabilidade econômica dos empreendimentos propostos, considerando a análise pelo Fluxo de Caixa Descontado, segundo os parâmetros estabelecidos.

Observou-se que o modelo do **Cenário 2** desenhado, com Capital Próprio mostrou atratividade quando analisado as obras de forma conjunta. Em contrapartida, as obras de Campo Bom - Arroio Schmidt, Três Coroas e Rolante não apresentaram viabilidade econômica.

O respaldo para essa afirmação foi dado pelos indicadores econômicos calculados a partir do fluxo de caixa das Alternativas propostas, onde se ressalta a Taxa Interna de Retorno (TIR) bem superior ao 12,0% esperado, conforme mostrado anteriormente.

Da mesma forma, quando tais intervenções foram analisadas sob a ótica multicritério, também não se mostraram viáveis as obras de Campo Bom - Arroio Schmidt, Três Coroas e Rolante. As demais obras se mostraram a melhor alternativa para cada região beneficiada sob o ponto de vista multicritério em detrimento ao zoneamento.

A análise das possibilidades de arranjo institucional e de viabilização da implantação e operação e manutenção das obras previstas na bacia do Rio dos Sinos permite concluir sobre a possibilidade real de avanço na concretização das soluções propostas:

- Existem na bacia as estruturas institucionais necessárias para a gestão da implantação de ações na forma de um programa para toda a bacia ou execução parcial por meio de projetos isolados. Dentre as possibilidades de articulação, destaca-se a GRANPAL - Consórcio Metropolitano;

- Existem alternativas de capacitação técnica já em funcionamento. A alteração do escopo ou da temática das capacitações não representa um empecilho importante;
- Há nas legislações municipais avanços importantes quanto à drenagem urbana, que poderiam ser harmonizados entre os municípios da bacia diretamente afetados pelas obras, de forma a dar um tratamento equivalente a todos os beneficiados ou afetados pelas intervenções;
- O Comitê de Bacia tem uma atuação destacada no processo de publicização das ações realizadas até o momento, podendo ser mantido como um espaço destacado de controle social, especialmente nas ações que envolvam critérios de outorga ou sistemas de informações hidrológicas;
- O Ministério Público é um ator fundamental para a implantação adequada das ações selecionadas e aprovadas nas diferentes instâncias.
  A participação constante no processo de planificação permite prever a manutenção dessa presença e sua possibilidade de evolução, especialmente no apoio à discussão e busca por solução de conflitos que exijam a articulação entre a conservação ambiental, os direitos sociais e o ordenamento territorial;
- A valorização dos terrenos e a possível valorização dos imóveis atuais e futuros permite a arrecadação de taxas de contribuição e impostos municipais que podem viabilizar a implantação dos diques propostos e a operação e manutenção de todas as estruturas previstas, restando a busca por recursos para a desapropriação das áreas externas ao sistema de proteção ou necessárias para a implantação das intervenções.
  O investimento inicial pode ser financiado por entidades federais ou internacionais.
  O arranjo institucional a ser implantado deve garantir o fluxo financeiro entre os municípios e o órgão estadual que ficará responsável pela gestão de um programa ou conjunto de projetos isolados.

O **Plano de Ação** proposto se apresentou como ferramenta a ser seguida, observando-se a sequência de ações propostas para que o cenário proposto nesse estudo possa ser implementado da maneira mais adequada e **integrada** possível.

Portanto, devem ser observadas tanto as metas de cada uma das ações, assim como a cronologia proposta para as obras de proteção de inundações nas margens do Rio dos Sinos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PRODUTO 05 - Base de Dados

PRODUTO 06 - Diagnóstico

PRODUTO 07 - Topobatimetria

PRODUTO 08 - Aerofotogrametria

PRODUTO 09 - Cadastro da Rede de Drenagem

PRODUTO 10 - Estudos Hidrológicos

PRODUTO 11 - Simulação Hidráulica e Mapas de Inundação

PRODUTO 12 - Projetos Conceituais dos Cenários de Intervenção

PRODUTO 13 - Análise da Viabilidade das Alternativas

PRODUTO 14 - Consolidação do Conjunto de Intervenções

PRODUTO 15 - Plano de Capacitação e Adequação dos Serviços de Gestão de Águas Pluviais nos Municípios da Bacia do Rio dos Sinos

PRODUTO 16 - Plano de Ação