



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

**PLANO DIRETOR  
DE MACRODRENAGEM DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO CAPIVARI**

**RELATÓRIO FINAL  
TOMO II  
Estudos de Alternativas:  
Estruturais e Não-Estruturais  
Versão 01**

Novembro de 2023

1

2

## APRESENTAÇÃO

3

O presente documento consiste no TOMO II do Relatório Final (P10) elaborado pela Empresa PROFILL Engenharia e Ambiente S.A., para a execução técnica do PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI, objeto do Contrato 043/2021.

4

5

6

7

8

O presente relatório consiste na integração dos produtos técnicos parciais gerados ao longo da elaboração do PDM-BHC, já apresentados e aprovados junto à Agência das Bacias PCJ e ao Grupo Técnico de Acompanhamento (GTA) do contrato. Este TOMO II, em específico, aborda a etapa de Avaliação de Alternativas Estruturais e Não-Estruturais realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

9

10

11

12

13

14

15

Ainda, este Produto 10 tem por base os Termos de Referência do Processo Licitatório, e a Reunião Inicial do GTA, realizada em fevereiro de 2022.

16

17

18

19

20

21

22

23

24

Novembro de 2023

25

## SUMÁRIO

|    |  |           |
|----|--|-----------|
| 1  |  |           |
| 2  | <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>17</b> |
| 3  | <b>2. OBJETIVOS .....</b>  | <b>19</b> |
| 4  | <b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>                                 | <b>20</b> |
| 5  | <b>4. GESTÃO DE INUNDAÇÕES E DRENAGEM URBANA.....</b>                            | <b>23</b> |
| 6  | 4.1. Tipos de inundações.....  | 23        |
| 7  | 4.1.1. Inundação ribeirinha.....   | 23        |
| 8  | 4.1.2. Enxurrada.....  | 24        |
| 9  | 4.1.3. Alagamentos.....  | 24        |
| 10 | 4.2. Aspectos legais.....  | 25        |
| 11 | 4.2.1. Drenagem e manejo de águas pluviais.....                                  | 25        |
| 12 | 4.2.2. Proteção e defesa e civil.....  | 26        |
| 13 | 4.2.3. Ordenamento do uso do solo.....   | 26        |
| 14 | 4.3. Ferramentas de gestão.....  | 28        |
| 15 | <b>5. PROPOSTAS DE AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS.....</b>                                | <b>30</b> |
| 16 | 5.1. Gestão de inundações ribeirinhas (ações regionais).....                     | 30        |
| 17 | 5.1.1. Zoneamento da Planície de Inundação.....                                  | 30        |
| 18 | 5.1.2. Sistema de monitoramento, previsão e alerta.....                          | 33        |
| 19 | 5.1.3. Planos de contingência.....   | 48        |
| 20 | 5.1.4. Medidas de educação ambiental.....  | 50        |
| 21 | 5.1.5. Sistemas de seguro contra inundações.....                                 | 54        |
| 22 | 5.1.6. Ações de revegetação de áreas ribeirinhas e cabeceiras.....               | 56        |
| 23 | 5.2. Estruturação do setor de drenagem urbana nos municípios (ações locais)..... | 60        |
| 24 | 5.2.1. Organização do setor.....   | 60        |
| 25 | 5.2.2. Elaboração das peças técnicas necessárias.....                            | 66        |
| 26 | <b>6. PROPOSTAS DE AÇÕES IMEDIATAS .....</b>                                     | <b>78</b> |
| 27 | 6.1. Recomendações de proteção, desocupação e reserva de áreas.....              | 78        |
| 28 | 6.2. Medidas de utilização e manutenção de várzeas em áreas desocupadas.....     | 94        |

|    |  |            |
|----|--|------------|
| 1  | 6.3. Indicações de ações de ordem operacional e de manutenção .....    | 95         |
| 2  | 6.3.1. Limpeza e desobstrução de travessias .....                      | 95         |
| 3  | 6.3.2. Operação da barragem Leopoldina.....                            | 97         |
| 4  | 6.4. Correções ou adaptações de obras e projetos em curso .....        | 99         |
| 5  | <b>7. PROPOSIÇÃO DE INTERVENÇÕES DE MACRODRENAGEM .....</b>            | <b>102</b> |
| 6  | 7.1. Abordagem metodológica .....                                      | 102        |
| 7  | 7.1.1. Critérios e premissas.....                                      | 103        |
| 8  | 7.1.2. Etapas de análise .....   | 108        |
| 9  | 7.2. Alternativas de intervenções estruturais.....                     | 114        |
| 10 | 7.2.1. Adequação de travessias .....                                   | 145        |
| 11 | 7.2.2. Diques de proteção .....  | 149        |
| 12 | 7.2.3. Melhoramentos na calha do rio .....                             | 152        |
| 13 | 7.2.4. Detenção hidráulica.....  | 157        |
| 14 | 7.2.5. Reassentamento .....  | 160        |
| 15 | 7.2.6. Convivência com as cheias .....                                 | 161        |
| 16 | 7.2.7. Barragem Leopoldina .....                                       | 164        |
| 17 | 7.3. Composição de custos e seleção de alternativas.....               | 166        |
| 18 | 7.3.1. Composição de indicadores de custo .....                        | 167        |
| 19 | 7.3.2. Estimativa de custo por trecho .....                            | 178        |
| 20 | 7.4. Medidas estruturais complementares.....                           | 183        |
| 21 | 7.4.1. Ações de drenagem urbana sustentável.....                       | 183        |
| 22 | 7.4.2. Melhoria nas condições de retenção e infiltração na bacia ..... | 184        |
| 23 | 7.4.3. Renaturalização de córregos.....                                | 187        |
| 24 | <b>8. PROPOSTAS DE AÇÕES SISTEMÁTICAS .....</b>                        | <b>188</b> |
| 25 | 8.1. Plano de educação ambiental .....                                 | 188        |
| 26 | 8.2. Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico .....            | 192        |
| 27 | 8.3. Programa de implementação do Plano Diretor de Macrodrenagem ..... | 194        |
| 28 | 8.4. Programa de elaboração de Planos Municipais de Drenagem .....     | 198        |

|    |  |            |
|----|--|------------|
| 1  | 8.4.1. Organização da estrutura interna e arranjo institucional.....     | 198        |
| 2  | 8.4.2. Estudo de viabilidade econômica e financeira .....                | 199        |
| 3  | 8.4.3. Regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos..... | 200        |
| 4  | 8.4.4. Ordenamento do uso do solo em áreas de risco .....                | 201        |
| 5  | 8.5. Programa de fiscalização e controle .....                           | 202        |
| 6  | <b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                | <b>204</b> |
| 7  | <b>10. ANEXOS.....</b>   | <b>207</b> |
| 8  | ANEXO I Perfis longitudinais do Rio Capivari no HEC-RAS.....             | 208        |
| 9  |  |            |
| 10 |  |            |

- 1 **LISTA DE QUADROS**
- 2 Quadro 3.1. População dos municípios inserida nos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari,
- 3 com base em dados do Censo Demográfico de 2010 e de 2022, e nos limites da BHC.. 22
- 4

## LISTA DE TABELAS

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 1  |  |     |
| 2  | Tabela 5.1. Rede de estações pluviométricas com telemetria nos municípios pertencentes a         |     |
| 3  | Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.....  | 36  |
| 4  | Tabela 5.2. Postos fluviométricos com telemetria localizados na Bacia Hidrográfica do Rio        |     |
| 5  | Capivari.....  | 37  |
| 6  | Tabela 5.3. Componentes propostas para os sistemas de monitoramento, previsão e alerta de        |     |
| 7  | inundação dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. ....                             | 42  |
| 8  | Tabela 5.4. Principais corpos hídricos de cada município da BHC que apresentam risco de          |     |
| 9  | extravasamento, diante da ocorrência de grandes chuvas (Fonte: Planos Diretores de Drenagem      |     |
| 10 | Municipais e Planos Municipais de Saneamento Básico). ....                                       | 44  |
| 11 | Tabela 5.5. Índice de áreas verdes em áreas urbanas e periurbanas dos municípios pertencentes    |     |
| 12 | à Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. ....   | 57  |
| 13 | Tabela 5.6. Quantificação de Área de Preservação Permanente (APP), área vegetada em APP          |     |
| 14 | e Índice de Mata Ciliar em APP, de cada município da BHC.....                                    | 59  |
| 15 | Tabela 6.1. Quantitativos, por município, das áreas destinadas ao extravasamento na BHC.         |     |
| 16 | .....  | 79  |
| 17 | Tabela 6.2. Travessias dispostas ao longo do Rio Capivari que apresentam sua seção de            |     |
| 18 | escoamento obstruída (total ou em parte) por acúmulo de resíduos – a partir de registros obtidos |     |
| 19 | nos levantamentos de campo realizados na BHC. ....   | 96  |
| 20 | Tabela 7.1. Características das alternativas de adequação de travessias propostas, por trecho    |     |
| 21 | do Rio Capivari e por município.....   | 145 |
| 22 | Tabela 7.2. Características das intervenções de proteção pontuais contra inundação analisadas,   |     |
| 23 | por trecho do Rio Capivari e por município.....  | 150 |
| 24 | Tabela 7.3. Características de intervenções de desassoreamentos e canalizações, por trecho do    |     |
| 25 | Rio Capivari e por município.....  | 152 |
| 26 | Tabela 7.4. Resultados da comparação do Cenário 3 quanto ao rebaixamento máximo da lâmina        |     |
| 27 | d'água com a execução de canalização nos Trechos 5 e 7 do Rio Capivari.....                      | 154 |
| 28 | Tabela 7.5. Características de intervenções de reassentamentos, por trecho do Rio Capivari e     |     |
| 29 | município.....   | 160 |
| 30 | Tabela 7.6. Características das áreas de convivência com as cheias, por trecho do Rio Capivari.  |     |
| 31 | .....  | 163 |

---

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 1  | Tabela 7.7. Resultados de rebaixamento do nível d'água da cheia nas duas alternativas testadas |     |
| 2  | de intervenções na Barragem Leopoldina, para diferentes tempos de retorno. ....                | 166 |
| 3  | Tabela 7.8. Informações da composição de custos para readequação de travessias....             | 167 |
| 4  | Tabela 7.9. Informações da composição de custos para obras de diques de concreto e de terra.   |     |
| 5  | .....  | 169 |
| 6  | Tabela 7.10. Informações da composição de custos para obras de canal de concreto.              | 171 |
| 7  | Tabela 7.11. Informações da composição de custos para obras de desassoreamento e               |     |
| 8  | retificação.....   | 172 |
| 9  | Tabela 7.12. Informações da composição de custos para obras de reservação de água.             | 174 |
| 10 | Tabela 7.13. Informações da composição de custos para desapropriação de terras em razão de     |     |
| 11 | construção de reservatório. ....   | 176 |
| 12 | Tabela 7.14. Custo, por unidade de área, do valor de compra de terreno em cada município da    |     |
| 13 | BHC, distinguido por área urbana e área rural. ....  | 177 |
| 14 | Tabela 7.15. Resumo das estimativas de custo das alternativas de projeto de minimização dos    |     |
| 15 | efeitos das cheias do Rio Capivari, por trecho de rio.....                                     | 179 |
| 16 |  |     |

## LISTA DE FIGURAS

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  |   |     |
| 2  | Figura 5.1. Esquema de zoneamento da planície de inundação de um rio (Larentis et al., 2020). |     |
| 3  | .....   | 31  |
| 4  | Figura 5.2. Componentes da estruturação do setor de drenagem urbana em municípios             |     |
| 5  | (adaptado de Larentis, 2022).....   | 61  |
| 6  | Figura 5.3. Peças técnicas do PMD para a prestação do serviço de drenagem urbana (adaptado    |     |
| 7  | de Larentis, 2022). .....   | 67  |
| 8  | Figura 6.1. Áreas de extravasamento indicadas para a BHC e suas respectivas porcentagens      |     |
| 9  | referentes ao uso do solo da bacia.....   | 93  |
| 10 | Figura 6.2. Travessias localizadas nos municípios de Monte Mor (1 e 2) e Jundiá (3 e 4),      |     |
| 11 | identificadas com acúmulo de resíduos/sedimentos que prejudicam o livre escoamento do Rio     |     |
| 12 | Capivari.....   | 97  |
| 13 | Figura 6.3. Registos fotográficos de intervenção no Rio Capivari no município de Vinhedo,     |     |
| 14 | próximo ao condomínio São Joaquim, segundo relato de morador do município (parte 1).          | 100 |
| 15 | Figura 6.4. Registos fotográficos de intervenção no Rio Capivari no município de Vinhedo,     |     |
| 16 | próximo ao condomínio São Joaquim, segundo relato de morador do município (parte 2).          | 101 |
| 17 | Figura 7.1. Casos típicos de edificações registradas como realocação (PROFILL, 2023).         | 110 |
| 18 | Figura 7.2. Seções da travessia TV-74 conforme cadastro topográfico atual da macrodrenagem.   |     |
| 19 | .....   | 147 |
| 20 | Figura 7.3. Seções da travessia TV-74 após as sugestões de readequação avaliadas.             | 148 |
| 21 | Figura 7.4. Planta do arranjo dos descarregadores existentes e propostos da Barragem          |     |
| 22 | Leopoldina.....   | 165 |
| 23 | Figura 7.5. Vista frontal dos descarregadores da Barragem Leopoldina.....                     | 165 |
| 24 | Figura 7.6. Curva e equação de custo para readequação de travessias para a BHC. ....          | 168 |
| 25 | Figura 7.7. Curva e equação de custo de implementação dos diques de concreto para a BHC.      |     |
| 26 | .....   | 170 |
| 27 | Figura 7.8. Curva e equação de custo de implementação de diques de terra para a BHC.          | 170 |
| 28 | Figura 7.9. Curva e equação de custo para canalização em concreto para a BHC. ....            | 172 |
| 29 | Figura 7.10. Curva e equação de custo para desassoreamentos e retificação de calha para a     |     |
| 30 | BHC. ....   | 173 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  | Figura 7.11. Curva e equação de custo de implementação de reservatório de água para a BHC.        |     |
| 2  | .....   | 175 |
| 3  | Figura 7.12. Curva e equação de custo de desapropriação, a partir da construção de barragem       |     |
| 4  | e reservatório de água, para a BHC. ....  | 176 |
| 5  | Figura 7.13. Custos parciais e percentual de cada tipo de intervenção no conjunto de medidas      |     |
| 6  | estruturais propostas para o Rio Capivari.....  | 181 |
| 7  | Figura 8.1. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 8  | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 1 da      |     |
| 9  | BHC. ....   | 208 |
| 10 | Figura 8.2. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 11 | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 2 da      |     |
| 12 | BHC. ....   | 209 |
| 13 | Figura 8.3. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 14 | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 3 da      |     |
| 15 | BHC. ....   | 210 |
| 16 | Figura 8.4. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 17 | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 4 da      |     |
| 18 | BHC. ....   | 211 |
| 19 | Figura 8.5. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 20 | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 5 da      |     |
| 21 | BHC. ....   | 212 |
| 22 | Figura 8.6. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 23 | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 6 da      |     |
| 24 | BHC. ....   | 213 |
| 25 | Figura 8.7. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 26 | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 7 da      |     |
| 27 | BHC. ....   | 214 |
| 28 | Figura 8.8. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 29 | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 8 da      |     |
| 30 | BHC. ....   | 215 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  | Figura 8.9. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com |     |
| 2  | tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 9 da      |     |
| 3  | BHC. ....   | 216 |
| 4  | Figura 8.10. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 5  | com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 6  | 10 da BHC.....  | 217 |
| 7  | Figura 8.11. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 8  | com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 9  | 11 da BHC.....  | 218 |
| 10 | Figura 8.12. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 11 | com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 12 | 12 da BHC.....  | 219 |
| 13 | Figura 8.13. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 14 | com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 15 | 13 da BHC.....  | 220 |
| 16 | Figura 8.14. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 17 | com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 18 | 14 da BHC.....  | 221 |
| 19 | Figura 8.15. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 20 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 21 | 15 da BHC.....  | 222 |
| 22 | Figura 8.16. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 23 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 24 | 16 da BHC.....  | 223 |
| 25 | Figura 8.17. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 26 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 27 | 17 da BHC.....  | 224 |
| 28 | Figura 8.18. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos    |     |
| 29 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho       |     |
| 30 | 18 da BHC.....  | 225 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 1  | Figura 8.19. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 2  | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 3  | 19 da BHC.....   | 226 |
| 4  | Figura 8.20. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 5  | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 6  | 20 da BHC.....   | 227 |
| 7  | Figura 8.21. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 8  | com tempo de retorno de 22 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 9  | 21 da BHC.....   | 228 |
| 10 | Figura 8.22. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 11 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 12 | 22 da BHC.....   | 229 |
| 13 | Figura 8.23. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 14 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 15 | 23 da BHC.....   | 230 |
| 16 | Figura 8.24. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 17 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 18 | 24 da BHC.....   | 231 |
| 19 | Figura 8.25. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 20 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 21 | 25 da BHC.....   | 232 |
| 22 | Figura 8.26. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 23 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 24 | 26 da BHC.....   | 233 |
| 25 | Figura 8.27. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 26 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 27 | 27 da BHC.....   | 234 |
| 28 | Figura 8.28. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 29 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 30 | 28 da BHC.....   | 235 |

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 1 | Figura 8.29. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 2 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 3 | 29 da BHC.....   | 236 |
| 4 | Figura 8.30. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos |     |
| 5 | com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho    |     |
| 6 | 30 da BHC.....   | 237 |
| 7 |  |     |

## LISTA DE MAPAS

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  |   |     |
| 2  | Mapa 3.1. Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, seus municípios, sedes urbanas e áreas            |     |
| 3  | urbanizadas.....  | 21  |
| 4  | Mapa 5.1. Localização das estações telemétricas atuantes na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. |     |
| 5  | .....   | 35  |
| 6  | Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência      |     |
| 7  | da cheia com tempo de retorno de 100 anos.....  | 80  |
| 8  | Mapa 7.1. Discretização do Rio Capivari em trechos para a análise de medidas estruturais contra |     |
| 9  | inundações.....   | 104 |
| 10 | Mapa 7.2. Medidas estruturais sugeridas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação         |     |
| 11 | considerando estas obras (Trecho 1). .....  | 115 |
| 12 | Mapa 7.3. Localização do reservatório considerado no Rio Capivari-Mirim, e sua respectiva área  |     |
| 13 | de contribuição (bacia hidrográfica).....   | 159 |
| 14 | Mapa 7.4. Áreas de retenção hidráulica para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.....           | 162 |
| 15 |   |     |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- 1
- 2 **ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- 3 **Agência PCJ** – Agência das Bacias PCJ
- 4 **ANA** – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
- 5 **APP** – Área de Preservação Permanente
- 6 **ARES-PCJ** – Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari
- 7 e Jundiaí
- 8 **ARSESP** – Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo
- 9 **Bacias PCJ** – Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
- 10 **BHC** – Bacia Hidrográfica do Rio Capivari
- 11 **CEMADEN** – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
- 12 **CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- 13 **CF88** – Constituição Federal de 1988
- 14 **COBRADE** – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
- 15 **Comitês PCJ** – Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
- 16 **CPTEC** – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
- 17 **CT-RN** – Conservação e Proteção de Recursos Naturais
- 18 **CT-Rural** – Câmara Técnica de Uso e Conservação da Água no Meio Rural dos Comitês PCJ
- 19 **CT-SA** – Câmara Técnica de Saneamento dos Comitês PCJ
- 20 **DAEE** – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Governo do Estado de São Paulo
- 21 **DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- 22 **Eta** – Modelo atmosférico Eta utilizado pelo CPTEC
- 23 **FEMA** – *Federal Emergency Management Agency*
- 24 **GIRD+10** – Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres
- 25 **GTA** – Grupo Técnico de Acompanhamento
- 26 **GT-Drenagem** – Grupo de Trabalho de Drenagem da CT-SA dos Comitês PCJ
- 27 **HEC** – *Hydrologic Engineering Center* (Centro de Engenharia Hidráulica – USACE)
- 28 **HEC-RAS** – *River Analysis System* (Software de simulação hidrodinâmica)
- 29 **IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- 30 **IFU** – Índice de Floresta Urbana
- 31 **INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia
- 32 **INPE** - Instituto de Pesquisas Espaciais
- 33 **LF** – Lei Federal
- 34 **MDR** – Ministério do Desenvolvimento Regional
- 35 **NA** – Cota no nível de água
- 36 **NBR** – Norma Brasileira
- 37 **NCEP** – *National Center for Environmental Prediction*
- 38 **NFIP** – *National Flood Insurance Program*
- 39 **NOAA** – *National Oceanic and Atmospheric Administrations*
- 40 **O&M** – Operação e Manutenção
- 41 **PAC** – Proporção Arborizado por Espaço Construído
- 42 **PAI** – Proporção Arborizado por Espaço Livre Impermeável
- 43 **PAV** – Proporção arborizada por Espaço Livre Vegetado
- 44 **PCJ** – Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
- 45 **PDDU** – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

- 1 **PDM** – Plano Diretor de Macrodrenagem
- 2 **PDM-BHC** – Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari
- 3 **PDRF** – Plano Diretor de Recomposição Florestal
- 4 **PLACON** – Plano de Contingência
- 5 **PMBH** – Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
- 6 **PMC** – Prefeitura Municipal de Campinas
- 7 **PMD** – Plano Municipal de Drenagem
- 8 **PMHH** – Programa de Monitoramento Hidráulico-Hidrológico
- 9 **PMJ** – Prefeitura Municipal de Jundiaí
- 10 **PMPA** – Prefeitura Municipal de Porto Alegre
- 11 **PMS** – Plano Municipal de Saneamento
- 12 **PMSB** – Plano Municipal de Saneamento Básico
- 13 **PMSP** – Prefeitura Municipal de São Paulo
- 14 **PNPDEC** – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
- 15 **PNUMA** – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
- 16 **RL** – Reserva Legal
- 17 **RMC** – Região Metropolitana de Campinas
- 18 **RS** – Rio Grande do Sul
- 19 **RT** – Relatório Técnico
- 20 **S2ID** – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
- 21 **SAAE** – Serviço Autônomo de Água e Esgotos
- 22 **SABESP** – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- 23 **SAC** – Sistema de Atendimento ao Cidadão
- 24 **SAISP** – Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
- 25 **SCS** – *Soil Conservation Service*
- 26 **SEDEC** – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
- 27 **SIBH** – Sistema Integrado de Bacias Hidrográficas
- 28 **SIG** – Sistema de Informação Geográfica
- 29 **SNIRH** – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
- 30 **SP** – Estado de São Paulo
- 31 **TDR** – Termos de Referência
- 32 **TR** – Tempo de retorno
- 33 **UGRHI** – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SP)
- 34 **UGRHI 05** – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
- 35 **UNESP** - Universidade Estadual Paulista
- 37 **USACE** – *U.S. Army Corps of Engineers* (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos)
- 38 **UTM** – Universal Transversa de Mercator (Sistema de projeção cartográfica)
- 39 **WRF** – *Weather Research and Forecasting*
- 40 **ZBR** – Zona de Baixo Risco
- 41 **ZPC** – Zona de Passagem da Cheia
- 42 **ZPI** – Zoneamento de Áreas Inundáveis ou da Planície de Inundação
- 43 **ZRI** – Zona de Risco de Inundação

## 1. INTRODUÇÃO

A PROFILL Engenharia e Ambiente S.A. apresenta o **PRODUTO 10 – RELATÓRIO FINAL (TOMO II)**, décima atividade dos estudos para “*Elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari – PDM-BHC*”.

Tal trabalho, foi contratado junto a PROFILL Engenharia pela Fundação Agência das Bacias PCJ, responsável por seu acompanhamento e fiscalização. Os recursos financeiros investidos no trabalho são oriundos Cobrança PCJ Federal, previstos das ações do PAP – Plano de Aplicação Plurianual 2021-2025, em específico para o exercício 2021.

Este Produto 10 consiste no Relatório Completo do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, e tem por base os Relatórios Parciais aprovados do PDM, que contém todas as ações propostas, custos, cronogramas, entre outros, desenvolvidos ao longo de todo o Plano Diretor de Macrodrenagem da BHC. Este TOMO II em específico aborda a etapa de Propostas de Ações Imediatas e Não-Estruturais, assim como as Propostas de Ações Estruturais e Sistemáticas recomendadas para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

O mesmo deverá ser avaliado pela Agência das Bacias PCJ e pelo Grupo Técnico de Acompanhamento - GTA, formado por técnicos das Prefeituras dos municípios da bacia, das Câmaras Técnicas de Saneamento (CT-SA) – mais especificamente do GT-Drenagem, Conservação e Proteção de Recursos Naturais (CT-RN), e Uso e Conservação da Água no Meio Rural (CT-Rural), além de representantes do DAEE e CETESB. Além disso, este Produto 10 também será submetido a avaliação através de Audiência Pública, a ser realizada em dezembro de 2023.

Para subsidiar os apontamentos estratégicos necessários ao cumprimento do escopo das atividades, os quais se refletem em direcionamentos metodológicos, este Produto 10 (TOMO II) se divide nos capítulos mencionados a seguir.

O capítulo 2 apresenta os objetivos do trabalho, ressaltando os resultados esperados, com seus objetivos principais e secundários. O capítulo 3 compreende uma caracterização inicial da área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, relativamente a temática do trabalho, elaborada com informações atuais, bem como de dados oriundos do Plano das Bacias PCJ.

1 O capítulo 4 apresenta aspectos gerais relativos à gestão de inundações e drenagem  
2 urbana, abordando temas como tipos de inundações, aspectos legais envolvidos, bem como  
3 ferramentas de gestão nesta temática. O capítulo 5, por sua vez, apresenta uma série de  
4 propostas de ações não estruturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari – como  
5 Zoneamento da Planície de Inundação, Planos de Contingência, estruturação do setor de  
6 drenagem urbana nos municípios, entre outros. O capítulo 6 aborda ações imediatas a serem  
7 realizadas na BHC, como por exemplo recomendações de proteção de áreas, medidas de  
8 utilização de zonas de várzea, e indicações de ações de manutenção a serem adotadas.

9 O capítulo 7 versa sobre a proposição de intervenções estruturais na macrodrenagem do  
10 Rio Capivari, avaliando alternativas como adequação de travessias, estruturas de proteção,  
11 melhoramentos na calha do rio, retenção hidráulica, reassentamento, e convivência com as  
12 cheias. Neste capítulo é apresentada também uma composição preliminar de custos para  
13 seleção de alternativas, assim como medidas estruturais complementares de drenagem. Por fim,  
14 o capítulo 8 ilustra uma série de ações sistemáticas para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari,  
15 envolvendo educação ambiental, monitoramento hidráulico-hidrológico, implementação do PDM,  
16 elaboração dos Planos Municipais de Drenagem, e até mesmo fiscalização e controle.

17

## 1 2. OBJETIVOS

2 O Plano Diretor de Macrodrenagem (PDM) da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHC)  
3 tem os seguintes objetivos:

- 4 • Caracterizar as causas das inundações ocorridas nas zonas urbanas dos  
5 municípios localizados na região de abrangência do Plano;
- 6 • Apresentar propostas de implantação de ações estruturais e não estruturais para  
7 controle de cheias, a curto (5 anos), médio (10 anos) e longo (20 anos) prazos, nas  
8 áreas urbanas, de modo a reduzir progressivamente a frequência, a intensidade e  
9 a gravidade das ocorrências de enchentes.

10 O cumprimento dos objetivos principais supracitados encontra-se apresentado nos  
11 capítulos 5 e 7 deste TOMO II, bem como no TOMO I do Relatório Final do PDM-BHC.

12 Algumas ações estruturais e não-estruturais foram propostas em áreas rurais, de modo a  
13 minimizar os efeitos das cheias nas áreas a jusante.

14 Complementarmente, são apresentados os seguintes objetivos secundários:

- 15 • Apresentar os levantamentos de dados e informações necessários a caracterização  
16 dos problemas relativos a cheias do Rio Capivari;
- 17 • Diagnosticar o processo de formação das cheias na bacia e seus impactos nos  
18 municípios;
- 19 • Prognosticar, com horizonte de 20 (vinte) anos, estes problemas;
- 20 • Viabilizar a definição de diretrizes gerais de caráter regional; e
- 21 • Orientar, futuramente, a elaboração (ou revisão) de Planos Municipais de  
22 Drenagem, adequados à realidade de cada município da BHC.

23

### 1 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2 Este item foi elaborado considerando, também, as informações disponíveis no Relatório  
3 Final Completo do Plano das Bacias PCJ 2020-2035, disponível no *site* do Plano  
4 (<https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/o-plano/documentos>), elaborado pelo Consórcio  
5 PROFILL – RHAMA e aprovado pelos Comitês PCJ em agosto de 2020.

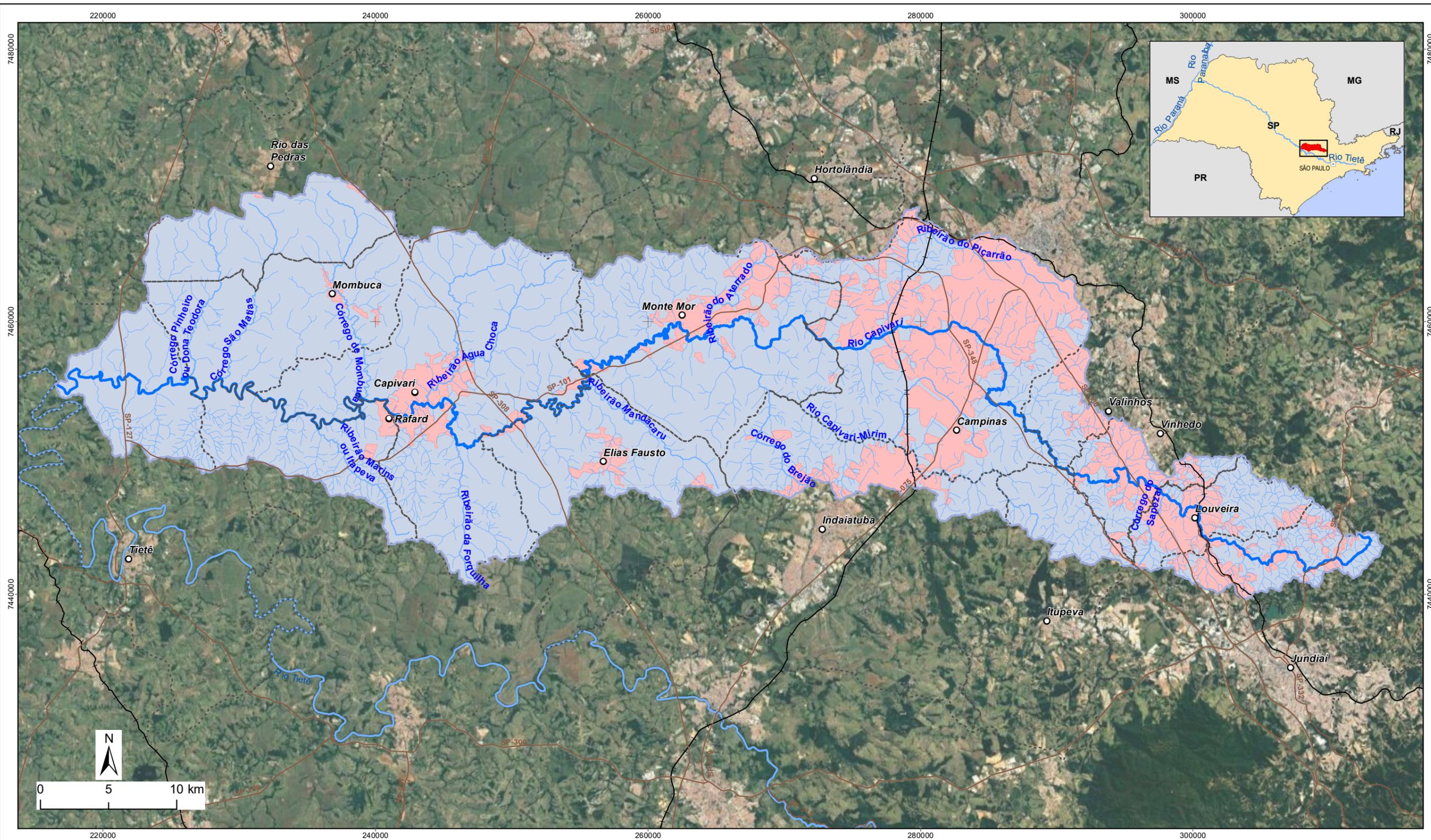
6 As Bacias PCJ (UGRHI-5, na divisão paulista de bacias Unidades de Gerenciamento de  
7 Recursos Hídricos) são formadas por três bacias hidrográficas paralelas, dos Rios Piracicaba,  
8 Capivari e Jundiaí, localizadas nos estados de São Paulo e, também, Minas Gerais. Dentre elas,  
9 este projeto tem por área de atuação a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHC), com  
10 aproximadamente 1.569 km<sup>2</sup> de áreas de contribuição, e seus municípios correlatos.

11 Ao todo, quinze municípios integram a BHC, total ou parcialmente. São eles: Campinas,  
12 Capivari, Elias Fausto, Hortolândia, Indaiatuba, Itupeva, Jundiaí, Louveira, Mombuca, Monte Mor,  
13 Rafard, Rio das Pedras, Tietê, Valinhos e Vinhedo. Conforme indicação dos TDR, a área de  
14 estudo compreende as porções municipais que afluem para o Rio Capivari, ou seja, o território  
15 completo da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

16 O Mapa 3.1 a seguir apresenta-se a disposição destes municípios na bacia hidrográfica. O  
17 mapa também apresenta a localização das sedes urbanas e a extensão das manchas urbanas  
18 na BHC, conforme dados do Mapa de Uso do Solo do Plano das Bacias PCJ 2020-2035  
19 (PROFILL & RHAMA, 2020). A análise do mapa de uso do solo aponta que, aproximadamente  
20 20% da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari corresponde a áreas urbanizadas, 42% a áreas  
21 agrícolas e os 36% restantes são distribuídos entre áreas de características naturais, como mata  
22 nativa e corpos d'água.

23 O Rio Capivari tem, aproximadamente, 200 km de extensão, sendo um afluente da margem  
24 direita do Rio Tietê. Seus principais afluentes são os ribeirões Sapezal, Piçarrão, Areia Branca,  
25 Água Choca e Capivari-Mirim. As nascentes do Rio Capivari estão localizadas a 750 m de altitude  
26 na Serra do Jardim, no município de Jundiaí. O Rio Capivari segue seu curso, paralelamente ao  
27 Rio Jundiaí, até desaguar no Rio Tietê, no município de Tietê. O curso do Rio Capivari é cortado  
28 pela rodovia dos Bandeirantes (município de Campinas) e pela rodovia Anhanguera (município  
29 de Vinhedo).

30 Do ponto de vista de seu regime de vazões, na região do município de Campinas, o Rio  
31 Capivari recebe uma transposição da Bacia do Rio Piracicaba, por meio do lançamento de um  
32 dos sistemas de tratamento de efluentes do município, no Córrego Piçarrão.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Ferrovias
- Rodovias
- Rio Capivari
- Hidrografia
- - - Limite Municipal
- Área urbanizada
- Bacia Hidrográfica do Rio Capivari

Realização



Agência das Bacias PCJ

RELATÓRIO FINAL  
**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

Execução



PROFILL

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:275.000

**Mapa 3.1: Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, seus municípios, sedes urbanas e áreas urbanizadas**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2021  
 - Limite municipal: IBGE, 2020  
 - Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
 - Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
 - Sistema de Transporte: IBGE, 2021  
 - Área urbanizada, corpos d'água: Uso do solo, 2018  
 - Imagem: Esri e outros

1 No Quadro 3.1 está apresentada a população urbana, rural e total de cada município que  
 2 possui área dentro da BHC, conforme o Plano das Bacias PCJ 2020-2035, com dados do Censo  
 3 Demográfico do IBGE (2010), bem como dados apresentados já no Censo 2022.

4 Quadro 3.1. População dos municípios inserida nos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, com  
 5 base em dados do Censo Demográfico de 2010 e de 2022, e nos limites da BHC.

| Município      | Censo 2010, conforme Plano das Bacias PCJ* |                         |                        |                     | Censo 2022**           |                         |
|----------------|--|-------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
|                | População rural (hab.)                     | População urbana (hab.) | População total na BHC | Taxa de urbanização | População total na BHC | Crescimento 2010 – 2022 |
| Campinas       | 10.194                                     | 600.239                 | 610.433                | 98,3%               | 643.323                | 5,4%                    |
| Capivari       | 2.191                                      | 45.547                  | 47.738                 | 95,4%               | 49.204                 | 3,1%                    |
| Elias Fausto   | 1.547                                      | 11.686                  | 13.233                 | 88,3%               | 14.847                 | 12,2%                   |
| Hortolândia    |  | 5.579                   | 5.579                  | 100,0%              | 6.851                  | 22,8%                   |
| Indaiatuba     | 1.317                                      | 11.106                  | 12.423                 | 89,4%               | 15.758                 | 26,8%                   |
| Itupeva        | 541  | 253                     | 794                    | 31,9%               | 1.250                  | 57,4%                   |
| Jundiaí        | 7.295                                      | 6.964                   | 14.259                 | 48,8%               | 17.071                 | 19,7%                   |
| Louveira       | 1.430                                      | 35.630                  | 37.060                 | 96,1%               | 51.742                 | 39,6%                   |
| Mombuca        | 583  | 2.685                   | 3.268                  | 82,2%               | 3.724                  | 14,0%                   |
| Monte Mor      | 2.808                                      | 45.867                  | 48.675                 | 94,2%               | 64.260                 | 32,0%                   |
| Rafard         | 565  | 7.579                   | 8.144                  | 93,1%               | 8.478                  | 4,1%                    |
| Rio das Pedras | 455  | 972                     | 1.427                  | 68,1%               | 1.515                  | 6,2%                    |
| Tietê          | 596  | 2                       | 598                    | 0,30%               | 611                    | 2,2%                    |
| Valinhos       | 2.357                                      | 5.095                   | 7.452                  | 68,4%               | 8.815                  | 18,3%                   |
| Vinhedo        | 1.999                                      | 25.729                  | 27.728                 | 92,8%               | 33.417                 | 20,5%                   |
| <b>Total</b>   | <b>33.878</b>                              | <b>804.933</b>          | <b>838.811</b>         | -                   | <b>920.868</b>         | <b>9,8%</b>             |

\*Fonte: IBGE (2010). \*\*Fonte: Censo IBGE (2022) – primeiros resultados, apenas população total.

Observação: os dados apresentados na tabela referem-se apenas à parcela da população contida no interior da BHC, não representando desta forma a população total dos referidos municípios.

6  
 7 Conforme mencionado acima, o Quadro 3.1 apresenta apenas o recorte da população dos  
 8 quinze municípios inseridos na BHC. Ou seja, os valores apresentados no quadro não  
 9 compreendem a totalidade da população dos respectivos municípios, e sim apenas seu recorte  
 10 na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

11 A análise do Mapa 3.1 apresentado anteriormente indica que municípios como Jundiaí,  
 12 Itupeva, Indaiatuba, Tietê, Rio das Pedras, Vinhedo, Hortolândia e Valinhos possuem uma  
 13 pequena área urbana na bacia, correspondendo a distritos isolados da sede urbana. Por outro  
 14 lado, municípios como Louveira, Campinas, Monte Mor, Capivari, Elias Fausto, Rafard e  
 15 Mombuca tem suas sedes municipais dentro dos limites da BHC, bem como áreas urbanas  
 16 posicionadas ao longo da calha do Rio Capivari.

## 1 4. GESTÃO DE INUNDAÇÕES E DRENAGEM URBANA

2 O Plano Diretor de Macrodrenagem da BHC tem como principal objetivo prover soluções  
3 técnicas para os problemas de inundação ribeirinha ligados ao Rio Capivari. No entanto, alguns  
4 aspectos de drenagem urbana também são apresentados, de modo a prover todos os municípios  
5 da BHC de subsídios para que estruturam seus serviços de drenagem, e desenvolvam as peças  
6 técnicas necessárias para a adequada gestão dos serviços em seus respectivos territórios.

7 Os itens a seguir apresentam aspectos conceituais sobre os tipos de inundação, a  
8 legislação pertinente e as ferramentas de gestão de inundações e drenagem urbana, visando  
9 contextualizar as propostas de medidas não estruturais e ações imediatas apresentadas na  
10 sequência, nos capítulos 5 e 6.

### 11 4.1. Tipos de inundações

12 É importante diferenciar os tipos de eventos hidrológicos extremos, pois a gênese de cada  
13 um – bem como as soluções para os problemas decorrentes – são distintas. Segundo a  
14 Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), os desastres naturais de  
15 origem hidrológica são: inundações, enxurradas e alagamentos.

16 A diferença entre os tipos de desastre hidrológico está basicamente na escala do problema:  
17 na escala de grandes bacias hidrográficas (área de drenagem superior a 1.000 km<sup>2</sup>) os  
18 problemas são de inundação ribeirinha; na mesoescala, típica dos córregos urbanos, problemas  
19 de enxurrada; e na escala de drenagem urbana, alagamentos. Os itens a seguir tratam este tema  
20 com mais detalhe.

#### 21 4.1.1. Inundação ribeirinha

22 Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), inundação é  
23 a “Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente  
24 não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente  
25 ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.”. Trata-se de um evento natural de  
26 cheia fluvial, mas que se configura como problema quando há ocupação da planície de  
27 inundação do rio. É o caso principal a ser analisado no PDM da BHC, principalmente no trecho  
28 de maior porte do Rio Capivari, a jusante da cidade de Campinas, nos municípios de Monte Mor,  
29 Capivari e Rafard.

30

#### 1           **4.1.2.   Enxurrada**

2           A enxurrada é um evento conhecido como “*flash flood*”, justamente pela característica de  
3 ser uma cheia rápida. A COBRADE define enxurrada como “*Escoamento superficial de alta*  
4 *velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em*  
5 *pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de*  
6 *determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder*  
7 *destrutivo.*”.

8           É notório o perigo desse tipo de cheia em áreas rurais, como em balneários, em que os  
9 banhistas são surpreendidos pela onda de cheia gerada na cabeceira da bacia e não possuem  
10 tempo para se proteger. Nas cidades, os cursos d’água com porte típico de enxurrada são os  
11 ribeirões e córregos urbanos. Em áreas urbanizadas, no entanto, em função das intervenções  
12 no sistema de drenagem natural, as enxurradas têm outra conotação, de extravasamento do  
13 córrego. Os eventos de enxurrada em córregos urbanos têm grande sinergia com o  
14 desenvolvimento e ocupação do território, por dois motivos: 1) redução da seção de escoamento  
15 com a canalização de córregos e obstrução do fluxo em travessias viárias (bueiros e pontilhões);  
16 e 2) aumento da impermeabilização do solo, ocasionando um aumento e antecipação do pico do  
17 hidrograma de cheia. Estes dois impactos ocasionam uma maior frequência de extravasamento  
18 da calha de córregos urbanos.

19           Nos trechos mais a montante do Rio Capivari, até o município de Campinas,  
20 aproximadamente, este possui características de córrego urbano, com trechos canalizados ou  
21 retificados, obstruções causadas por travessias viárias, terrenos mais acidentados e cheias de  
22 maior velocidade, comparando com o trecho baixo do Rio Capivari.

#### 23           **4.1.3.   Alagamentos**

24           Segundo a COBRADE, alagamentos são a “*Extrapolação da capacidade de escoamento*  
25 *de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras*  
26 *infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.*”. Trata-se dos problemas  
27 mais frequentes causados por chuvas nas cidades, geralmente, com menor gravidade ou perigo  
28 que eventos de inundação ou enxurrada. Observa-se que a escala dos alagamentos é urbana e  
29 tem pouca relação com as inundações causadas pelo extravasamento de grandes rios. Assim,  
30 de forma geral, a ocorrência dos fenômenos de alagamento e inundação podem ser tratados de  
31 forma independente, podendo ou não ocorrer de forma combinada.

1 Na BHC as principais aglomerações urbanas situam-se na metade superior da bacia, com  
2 destaque para Campinas e sua região metropolitana. Assim, é esperado que tais municípios  
3 enfrentem os maiores problemas de drenagem urbana.

#### 4 **4.2. Aspectos legais**

5 Conforme apresentado no item anterior, há diferentes tipos de inundação nos municípios  
6 e as escalas espaciais de ocorrência são distintas. Da mesma forma, os mecanismos de gestão  
7 e financiamento são operados em diferentes escalas: local, regional e federal, cada uma com  
8 suas atribuições legais. Os itens a seguir apresentam os principais dispositivos legais a serem  
9 observados na elaboração do PDM da BHC.

##### 10 **4.2.1. Drenagem e manejo de águas pluviais**

11 Drenagem urbana é um serviço municipal, estabelecido assim pela Constituição Federal  
12 de 1988 (CF88). É o município o responsável pela prestação do serviço de drenagem à  
13 população, planejando e regulando os serviços, operando e mantendo a infraestrutura básica de  
14 drenagem urbana e implementando melhorias, quando necessário. Desta forma, a solução de  
15 problemas de alagamento e, em alguma medida, de extravasamento de córregos urbanos, é  
16 atribuição exclusiva das prefeituras municipais.

17 Quanto a expansão da rede de drenagem pluvial, ela está vinculada principalmente a  
18 empreendimentos imobiliários privados. A Lei de Federal nº. 6.766/1979, marco legal do  
19 parcelamento do solo urbano, define que “*A infraestrutura básica dos parcelamentos é*  
20 *constituída pelos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública,*  
21 *esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e*  
22 *vias de circulação.*”.

23 Em 2007, foi instituído o marco legal do saneamento básico (Lei Federal nº. 11.445/2007).  
24 Quanto a drenagem urbana, o novo marco introduziu o conceito de “manejo de águas pluviais”.  
25 Assim, o serviço público deixou de ser apenas de afastamento de águas pluviais, ou drenagem,  
26 passando a contemplar técnicas de manejo; ou seja, os conceitos de amortecimento de volumes,  
27 retardo de pico de cheia, infiltração e controle da qualidade da água.

28 Em suma, a questão de alagamentos é afeita ao município e o marco legal é de  
29 saneamento básico. Quando se trata de inundações ribeirinhas, o assunto passa a ser tema do  
30 sistema de proteção e defesa civil, cujo normativo é específico, conforme apresentado no item  
31 4.2.2 a seguir.

1           **4.2.2.   Proteção e defesa e civil**

2           Não há instrumentos previstos no normativo de saneamento básico para o enfrentamento  
3 de inundações ribeirinhas. Tais eventos, tratados como desastres naturais, são um problema de  
4 proteção e defesa civil.

5           A legislação de desastres naturais é mais recente que o de drenagem urbana, motivado  
6 após as tragédias ocorridas na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011. A Lei Federal nº.  
7 12.608/2012 instituiu a Política Nacional e o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil,  
8 determinando que estes devam "*integrar-se as demais políticas setoriais, tendo em vista a*  
9 *promoção do desenvolvimento sustentável.*"

10          A LF nº 12.608/2012 define papéis para a União, Estados e Municípios no enfrentamento de  
11 desastres naturais, entre eles as inundações. De forma geral, o Governo Federal e dos Estados  
12 tem atribuições de planejamento, manutenção de sistemas de monitoramento e informações e  
13 apoio aos municípios. Aos municípios foram atribuídas competências mais operacionais, de  
14 identificação e fiscalização de áreas de risco e incorporação das diretrizes supra municipais ao  
15 seu cotidiano, em especial, com relação ao ordenamento do uso do solo. Desta forma, o  
16 município não é o único ou principal ator, como no caso da drenagem urbana, mas tem boa parte  
17 das atribuições, conforme apresentado no item a seguir.

18           **4.2.3.   Ordenamento do uso do solo**

19          Conforme definido na Constituição Federal de 1988, artigo nº 182, o município é soberano  
20 na gestão do seu território e a vocação de cada área está definida no Plano Diretor de  
21 Desenvolvimento Urbano, peça técnica em forma de lei municipal que rege a forma de ocupação  
22 do solo. É no município, através do disciplinamento do uso do solo, que podem ser definidas  
23 soluções tanto de melhoria da drenagem urbana (manejo de água pluviais), quanto de prevenção  
24 de inundações ribeirinhas.

25          Quanto à prevenção de inundações ribeirinhas, a Lei Federal nº 12.608/2012 diz que é do  
26 município a responsabilidade de impedir ocupações irregulares em áreas de risco de inundação.  
27 E caso verificadas ocupações em áreas de risco, é também responsabilidade do município adotar  
28 as providências para redução do risco, seja de mitigação ou proteção, seja de remoção e  
29 reassentamento dos ocupantes.

30          Com relação a temática de ordenamento do uso do solo (objeto do Zoneamento da Planície  
31 de Inundação), a LF nº 12.608/2012 altera outras duas leis que regram a ocupação urbana: o

1 Estatuto das Cidades (LF nº 10.257/2001), e a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (LF nº  
2 6.766/1979), definindo os papéis dos entes federados na gestão do risco de inundação.

3 O Estatuto das Cidades, em seu artigo nº 42, passou a atrelar ao Plano Diretor dos  
4 municípios incluídos no cadastro nacional de regiões com áreas suscetíveis à ocorrência de  
5 deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos  
6 correlatos, o seguinte:

7 *“II – mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande*  
8 *impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;*

9 *III – planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas*  
10 *de risco de desastre.”*

11 Cabe destacar que nenhum município da BHC está cadastrado no sistema da Secretaria  
12 Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), do Ministério do Desenvolvimento Regional  
13 (MDR)<sup>1</sup>.

14 Ainda, o mesmo Estatuto prevê em seu artigo nº 42-B, entre outros aspectos, que os  
15 *“municípios que pretendam ampliar o seu perímetro urbano após a data de publicação desta Lei*  
16 *deverão elaborar projeto específico que contenha, no mínimo:*

17 *I – demarcação do novo perímetro urbano;*

18 *II – delimitação dos trechos com restrições à urbanização e dos trechos sujeitos a controle*  
19 *especial em função de ameaça de desastres naturais.”*

20 Assim, em municípios que ocupam planície de inundação, a inevitável expansão do  
21 perímetro urbano deve ser acompanhada de um planejamento expresso em mapas nos Planos  
22 Diretores Municipais, delimitando a zona de passagem de cheia e a zona de risco de ocupação,  
23 tema abordado no item 5.1.1.

24 Quanto a drenagem urbana, a LF nº 12.608/2012 define, em seu artigo nº 42, que devem  
25 ser incorporados aos Planos Diretores Municipais:

26 *“IV – medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de*  
27 *desastres;*

---

1 <sup>1</sup> <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/cadastro-nacional-de-municipios>  
(consultado em 06/01/2023).

1 VI – identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais,  
2 quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades.”

3 Pode-se interpretar que tais medidas estão na escala de macrodrenagem urbana, na  
4 melhoria das condições de condução das águas pluviais em canais e córregos urbanos, e na  
5 previsão de áreas de amortecimento, detenção hidráulica e infiltração de águas pluviais, em  
6 áreas públicas destinadas a preservação da vegetação (áreas verdes).

7 Em nível municipal, uma ação tem sido tomada em municípios brasileiros para o controle  
8 de escoamento superficial em novos empreendimentos. A exemplo de Caxias do Sul, Taquara e  
9 Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul, uma norma municipal (decreto ou lei) pode definir  
10 que novos empreendimentos não gerem uma vazão de águas pluviais maior que aquela pré-  
11 existente, evitando o agravamento de problemas na rede de drenagem municipal. As normas  
12 dos municípios citados apresentam uma equação simples, relacionando a área impermeabilizada  
13 do empreendimento a um volume de detenção hidráulica que deverá ser materializado em uma  
14 bacia de detenção. Técnicas de drenagem urbana sustentável, como trincheiras de infiltração e  
15 pavimentos permeáveis, podem ser previstos e entram no cálculo citado, permitindo reduzir a  
16 demanda por volumes de amortecimento. Esta ferramenta não está presente em nenhum  
17 município da BHC, sendo proposta no item 5.2.2.3.

### 18 **4.3. Ferramentas de gestão**

19 Conforme discutido anteriormente, as origens dos problemas de inundação nas cidades  
20 podem ser de diferentes tipos. Municípios banhados por grandes rios podem ter problemas de  
21 inundações ribeirinhas, independentemente do porte e da situação do seu sistema de drenagem  
22 urbana. Por outro lado, municípios com grandes áreas impermeabilizadas, córregos canalizados  
23 e obstruídos pelo desenvolvimento urbano, tendem a apresentar problemas de alagamento e  
24 extravasamento de pequenos córregos urbanos.

25 Para fins de abordagem das soluções, convencionou-se aqui dividir os problemas de  
26 inundação em:

- 27 • Escala regional: inundação ribeirinha;
- 28 • Escala local: alagamentos e extravasamentos devido à deficiência na drenagem  
29 urbana.

30 Na escala regional, a avaliação de medidas de gestão de inundações ribeirinhas na BHC  
31 deve contemplar as seguintes ferramentas:

- 1           • Zoneamento da Planície de Inundação;
- 2           • Sistema de monitoramento, previsão e alerta;
- 3           • Planos de Contingência;
- 4           • Medidas de educação ambiental;
- 5           • Sistemas de seguro contra inundações;
- 6           • Ações de revegetação de áreas ribeirinhas e cabeceiras.

7           Na escala local, com relação aos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais  
8 urbanas, as ferramentas a serem avaliadas são:

- 9           • Cadastro da rede de drenagem e plano de melhorias;
- 10          • Planos de operação e manutenção;
- 11          • Regulação de novos empreendimentos;
- 12          • Caderno de encargos;
- 13          • Estudo de viabilidade econômica e financeira.

14          Tais ferramentas de gestão de inundações e alagamentos são apresentadas no capítulo 5  
15 a seguir, resultando nas propostas de medidas não estruturais para a BHC. No capítulo 6 são  
16 apresentadas àquelas medidas de gestão que podem ser implantadas de forma imediata.

17

## 5. PROPOSTAS DE AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS

Este capítulo apresenta as medidas de gestão de inundações urbanas em escala regional e local, também chamadas de medidas não estruturais. Tais medidas tratam de instrumentos de planejamento e gestão, visando a prevenção e mitigação de inundações ribeirinhas e de extravasamentos e alagamentos em escala de drenagem urbana, cujos conceitos e propostas de aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari são apresentadas nos itens 5.1 e 5.2 a seguir.

### 5.1. Gestão de inundações ribeirinhas (ações regionais)

A gestão de inundações ribeirinhas tem como principais ferramentas de planejamento o ordenamento do uso do solo e os sistemas de previsão e alerta. Trata-se, portanto, de medidas de gestão de risco em escala regional, mas com grandes reflexos no planejamento urbano dos municípios. Os itens a seguir apresentam tais ferramentas, bem como outras medidas acessórias ou menos usuais que podem ser utilizadas na mitigação ou prevenção de inundações ribeirinhas.

#### 5.1.1. Zoneamento da Planície de Inundação

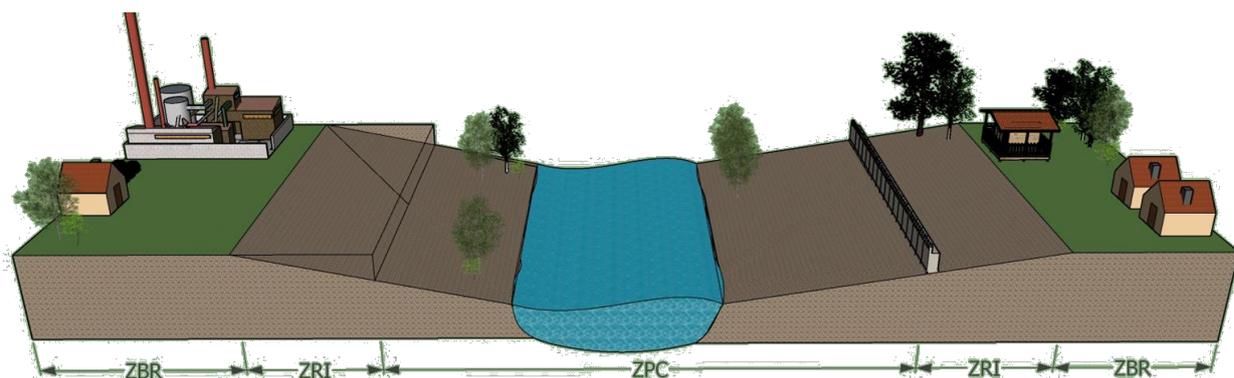
O Zoneamento de Áreas Inundáveis ou da Planície de Inundação (ZPI) é uma medida de prevenção de inundações ribeirinhas através do ordenamento do uso do solo urbano. Ela não resolve problemas de inundação existentes, que demandam medidas estruturais de proteção, mas evita o agravamento do problema no futuro.

A ferramenta tem diferentes abordagens em diferentes países, mas, de forma geral, parte do mapeamento de áreas inundáveis. O mapeamento de áreas inundáveis, quando associado a regras de disciplinamento do uso do solo, passa a se denominar Zoneamento da Planície de Inundação (Larentis et al., 2020). Isto posto, cabe o esclarecimento de que mapas com a representação dos limites de inundação de uma determinada cheia, frequentemente chamados de "manchas de inundação", são apenas parte da ferramenta de ZPI e não devem ser aplicados diretamente ao ordenamento territorial.

Com base na definição de Water Resources Council (1971), a planície de inundação é dividida em três regiões básicas, ilustradas na Figura 5.1, as quais possuem características hidráulicas e recomendações de ocupação próprias:

- Zona de Passagem da Cheia (**ZPC**) é a zona que possui função hidráulica e é responsável pelo escoamento da cheia propriamente dita, com altas velocidades e maiores profundidades. É proibida a ocupação que ocasione elevação na linha d'água de cheia;

- 1                   • Zona de Risco de Inundação (**ZRI**) é a zona adjacente à ZPC, na qual o escoamento  
2                   é mais lento e menos profundo, mas ainda pode gerar dano. É possível a ocupação,  
3                   desde que tomadas providências para prevenção de inundações;
- 4                   • Zona de Baixo Risco (**ZBR**) é a zona localizada fora da área de inundação, para o  
5                   tempo de retorno estabelecido como base de análise, e não necessita de  
6                   regulamentação específica para proteção contra inundações ribeirinhas.



**LEGENDA:**

ZPC: Zona de Passagem da Cheia

ZRI: Zona de Risco de Inundação

ZBR: Zona de Baixo Risco

7  
8                   Figura 5.1. Esquema de zoneamento da planície de inundação de um rio (Larentis et al., 2020).

9  
10                  A Lei de Parcelamento do Solo Urbano (LF n° 6766/1979), define que “*não será permitido*  
11 *o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as*  
12 *providências para assegurar o escoamento das águas*”. Segundo Larentis et al. (2020), o que se  
13 define com o ZPI, é que a Zona de Risco de Inundação (ZRI) pode ser ocupada, desde que  
14 tomadas as providências para proteção contra as eventuais cheias. As referidas providências,  
15 na prática, são traduzidas por meio de dois tipos de medidas estruturais: diques e aterros – e por  
16 regulações de usos, atividades e métodos construtivos resilientes à inundação.

17                  Um dos principais aspectos objeto de discussão com a aprovação do ZPI é o tratamento  
18 dado ao efeito de remanso com as obras de proteção previstas. A implantação de diques ou  
19 aterros na ZRI ocasiona uma sobre-elevação na linha d'água do rio, chamado remanso, que  
20 aumenta o efeito de inundação na margem oposta e a montante. Para a definição do  
21 zoneamento, este efeito de jusante para montante, que é a base de definição da Zona de  
22 Passagem da Cheia (ZPC), é obrigatoriamente considerado. Nos Estados Unidos, a máxima  
23 sobre-elevação admitida da linha d'água tradicionalmente adotada em estudos de zoneamento

1 é de 1 (um) pé, ou seja, aproximadamente 30 cm (Federal Emergency Management Agency,  
2 2019). No entanto, este valor pode ser objeto de análise em cada caso, dependendo de fatores  
3 topológicos e de impactos a montante em obras específicas, como diques, píeres e pontes.

4 No estudo de ZPI, os impactos da obra devem ser considerados, prevendo mitigação e/ou  
5 compensação. Com a aprovação do ZPI, a ZRI passará a ser progressivamente ocupada no  
6 município, tendo o impacto máximo já sido computado, não havendo a necessidade de se  
7 analisar tal efeito para cada empreendimento isoladamente. O efeito de sobre-elevação da linha  
8 d'água aumentará até, no máximo, o limite estabelecido para a definição da largura da ZPC,  
9 quando a ZRI estiver plenamente ocupada.

10 A definição das zonas descritas acima é realizada por meio de simulação hidráulica do rio,  
11 com a representação de restrições ao fluxo nas margens. Uma das ferramentas computacionais  
12 mais utilizadas para esta análise é o modelo hidráulico HEC-RAS. Larentis et al. (2020)  
13 apresentam uma recomendação de uso do modelo para o ZPI, e a forma como os resultados da  
14 simulação hidráulica devem ser incorporados ao ordenamento do uso do solo no município. Os  
15 autores destacam que a definição de zoneamento de cheias está intimamente ligada ao uso do  
16 solo urbano e que, *“apesar da componente hidrológica ser a orientadora quanto ao risco de*  
17 *inundação de uma determinada área, a transformação da peça técnica (estudo hidráulico) em*  
18 *resultado (redução do risco) depende da adequada avaliação urbanística, traduzida pelo Plano*  
19 *Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU)”*.

20 Ainda que não ocorram vastas áreas de planície de inundação na Bacia Hidrográfica do  
21 Rio Capivari, recomenda-se que o ZPI seja elaborado para os municípios de **Campinas, Monte**  
22 **Mor, Capivari e Rafard**, em que o Rio Capivari tem porte e comportamento adequado ao uso  
23 de tal ferramenta. Para fins de contratação e execução, o estudo pode ser segmentado em três  
24 partes:

- 25 • Área urbana de Campinas;
- 26 • Área urbana e de expansão urbana de Monte Mor;
- 27 • Área urbana dos municípios de Capivari e Rafard.

28 Recomenda-se que seja utilizado um tempo de retorno de 100 a 500 anos para o limite da  
29 planície de inundação (ZRI). Uma vez que o rio tem declividade razoável, sem extensas áreas  
30 inundáveis, possivelmente a recomendação de sobre-elevação máxima admissível de 30 cm seja  
31 adequada para a definição da ZPC. Ressalta-se que a elaboração de tal estudo demanda  
32 previamente a execução de levantamento planialtimétrico da planície de inundação em escala

1 adequada ao propósito do estudo, que é o ordenamento do uso do solo urbano. Assim, a escala  
2 do levantamento não deve ser superior a 1:2.000.

3 O estudo deverá ser desenvolvido e fiscalizado por equipe experiente em estudos de  
4 simulação hidráulica e zoneamento de áreas inundáveis. Desta forma, as prefeituras municipais  
5 devem se estruturar para o adequado acompanhamento dos estudos de zoneamento. Ao longo  
6 do estudo devem estar previstas discussões públicas para que se inicie o processo de  
7 consolidação do trabalho no Plano Diretor Municipal. Em conjunto com o setor de urbanismo da  
8 prefeitura municipal, a equipe executora deverá realizar análise de readequação do zoneamento  
9 do solo e dos padrões construtivos e atividades apropriadas em área de risco. Ao final do estudo,  
10 realizadas as devidas discussões públicas e análises urbanísticas, o Zoneamento da Planície de  
11 Inundação deverá ser incorporado ao Plano Diretor Municipal em sua próxima revisão.

#### 12 **5.1.2. Sistema de monitoramento, previsão e alerta**

13 A elaboração e implementação de um sistema de monitoramento, previsão e alerta contra  
14 inundações é uma ação de planejamento e gestão (não estrutural) que pode ser executada pelas  
15 instituições públicas em prol da minimização dos impactos de eventos de grandes cheias. O  
16 principal objetivo do estabelecimento de um sistema de monitoramento e alertas é o fornecimento  
17 da previsão da ocorrência de grandes precipitações e/ou níveis no rio, com uma antecedência  
18 que permita tomar as ações de resposta previstas nos Planos de Contingência (objeto do item  
19 5.1.3). Conhecendo previamente as áreas de risco, já mapeadas, as informações meteorológicas  
20 que são obtidas antecipadamente permitem que o risco seja estimado em função da população  
21 exposta a inundação, permitindo a tomada de decisões e ações de prevenção e mitigação de  
22 acidentes e danos causados pelas cheias.

23 Conforme a United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2004), os  
24 sistemas de monitoramento e alerta devem dispor da colaboração da comunidade técnica e  
25 científica, das autoridades e da sociedade, para que, assim, possam, não somente prever e  
26 detectar a iminência de um evento extremo, como também orientar, com respostas adequadas,  
27 a sociedade como um todo contra perigos naturais. Quando se associa ao cenário de ocorrências  
28 de inundações a atividade humana já consolidada, tais como centros urbanos, os sistemas de  
29 alerta apresentam-se como uma importante ferramenta para auxiliar na redução dos danos e  
30 prejuízos (Kobiyama et al., 2006).

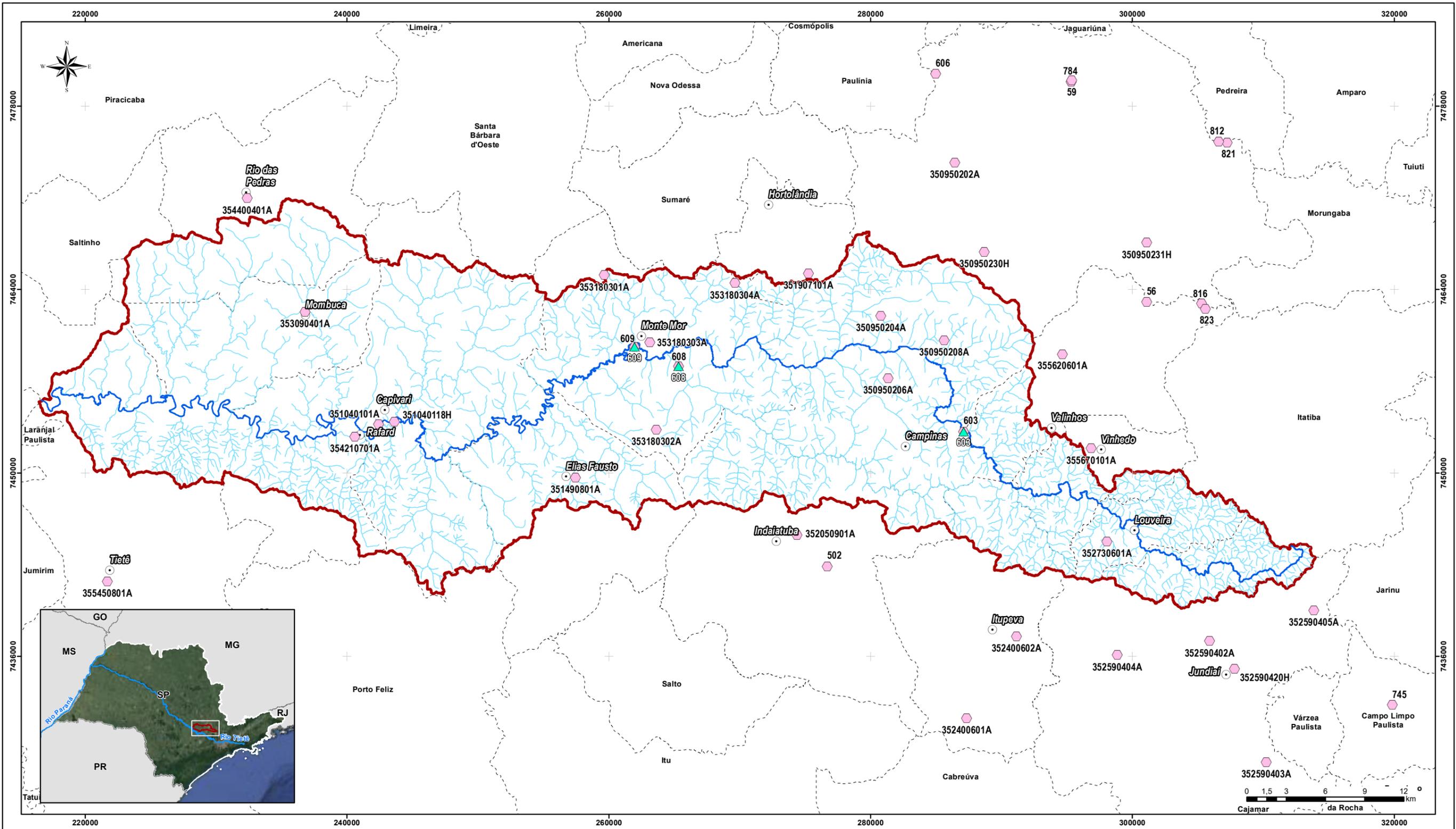
1 A concepção de um sistema de alerta de inundação é fundamentada na utilização de  
2 modelos hidrológicos, os quais são estruturados por leis matemáticas que buscam representar  
3 os processos hidrológicos e que simulam o comportamento da água nos sistemas hídricos. Para  
4 tanto, a disponibilidade de dados hidrológicos é um fator imprescindível, uma vez que as  
5 informações da bacia hidrográfica, dos aspectos físicos dos sistemas naturais, e do  
6 comportamento hidrometeorológico da bacia servem de base para formulação destes modelos  
7 hidrológicos. Portanto, o monitoramento hidrológico é um instrumento essencial e necessário ao  
8 adequado funcionamento do sistema de alerta. Os itens a seguir destacam os aspectos  
9 relevantes das componentes de monitoramento, previsão e alerta para o PDM do Rio Capivari.

#### 10 5.1.2.1. *Monitoramento*

11 O monitoramento de chuva, vazão e níveis é o instrumento fundamental na implementação  
12 de um sistema de alerta. O monitoramento no contexto do PDM é realizado com duas finalidades:

- 13 • Conhecimento da rede de drenagem: monitoramento continuado de longo prazo,  
14 fornece as séries históricas com valores médios diários e permite a caracterização  
15 hidrológica na bacia e a avaliação de alterações no regime hidrológico ao longo do  
16 tempo. Permite o cálculo de vazões e níveis máximos no rio para fins de  
17 diagnóstico, como na elaboração dos mapas de áreas inundáveis e de risco;
- 18 • Operação do sistema de previsão e alerta: pode utilizar parte da rede permanente  
19 da bacia ou pode ser implementado especificamente para fins de simulação chuva-  
20 vazão e hidrodinâmica para o sistema de previsão. Necessita de discretização  
21 temporal no mínimo horária, composto por linígrafos e pluviógrafos com  
22 transmissão de dados em tempo real.

23  
24 Para fins de implementação de um sistema de alerta, interessam os dados de  
25 monitoramento com transmissão de dados em tempo real (telemetria). A Bacia Hidrográfica do  
26 Rio Capivari possui ampla rede de monitoramento de chuvas com telemetria, com 44 estações  
27 pluviométricas e 3 estações fluviométricas, conforme ilustra o Mapa 5.1.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- ▲ Estações Fluviométricas
- ⬡ Estações Pluviométricas
- Hidrografia
- Rio Capivari
- Bacia do Rio Capivari
- ⋯ Limite municipal



RELATÓRIO FINAL  
**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM  
 DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:288.000

Mapa 5.1. Localização das estações telemétricas na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2021  
 - Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
 - Geometria Rio Capivari: Profill, 2022  
 - Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
 - Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
 - Estações e Postos: ANA (2022), CPTEC (2022), DAAE-SP (2022).

1 A Tabela 5.1 relaciona as estações pluviométricas com telemetria apresentadas no Mapa  
 2 5.1, informando em que município se localiza e qual o operador de cada posto. Ressalta-se que  
 3 todos os municípios da BHC possuem, no mínimo, uma estação pluviométrica.

4 Tabela 5.1. Rede de estações pluviométricas com telemetria nos municípios pertencentes a Bacia  
 5 Hidrográfica do Rio Capivari.

| Município   | Responsável | Código                 | Latitude | Longitude |
|-------------|-------------|------------------------|----------|-----------|
| Jundiaí     | CEMADEN     | 352590402 <sup>a</sup> | -23,163  | -46,896   |
|             |             | 352590403 <sup>a</sup> | -23,247  | -46,855   |
|             |             | 352590404 <sup>a</sup> | -23,172  | -46,965   |
|             |             | 352590405 <sup>a</sup> | -23,143  | -46,818   |
|             | 352590420H  | -23,182                | -46,878  |           |
|             | DAEE        | 745                    | 23,209   | -46,760   |
| Louveira    | CEMADEN     | 352730601 <sup>a</sup> | -23,093  | -46,972   |
| Vinhedo     | CEMADEN     | 355670101 <sup>a</sup> | -23,029  | -46,983   |
| Itupeva     | CEMADEN     | 352400601 <sup>a</sup> | -23,214  | -47,078   |
|             |             | 352400602 <sup>a</sup> | -23,158  | -47,04    |
| Valinhos    | CEMADEN     | 355620601 <sup>a</sup> | -22,964  | -47,003   |
|             | DAEE        | 56                     | -22,929  | -46,939   |
|             |             | 816                    | -22,930  | -46,899   |
|             |             | 823                    | -22,934  | -46,896   |
| Campinas    | CEMADEN     | 350950202 <sup>a</sup> | -22,831  | -47,081   |
|             |             | 350950204 <sup>a</sup> | -22,936  | -47,138   |
|             |             | 350950206 <sup>a</sup> | -22,979  | -47,133   |
|             |             | 350950208 <sup>a</sup> | -22,953  | -47,091   |
|             |             | 350950230H             | -22,893  | -47,06    |
|             |             | 350950231H             | -22,888  | -46,939   |
|             | DAEE        | 603                    | -23,016  | -47,077   |
|             |             | 606                    | -22,769  | -47,094   |
|             |             | 784                    | -22,776  | -46,994   |
|             |             | 59                     | -22,776  | -46,993   |
|             |             | 821                    | -22,819  | -46,878   |
| Indaiatuba  | CEMADEN     | 352050901 <sup>a</sup> | -23,086  | -47,203   |
|             | DAEE        | 502                    | -23,108  | -47,180   |
| Hortolândia | CEMADEN     | 351907101 <sup>a</sup> | -22,906  | -47,191   |
|             | DAEE        | 795                    | -22,819  | -47,198   |
|             |             | 785                    | -22,746  | -47,149   |
| Monte Mor   | CEMADEN     | 353180301 <sup>a</sup> | -22,905  | -47,343   |
|             |             | 353180302 <sup>a</sup> | -23,012  | -47,306   |

| Município      | Responsável | Código                 | Latitude | Longitude |
|----------------|-------------|------------------------|----------|-----------|
|                |             | 353180303 <sup>a</sup> | -22,952  | -47,310   |
|                |             | 353180304 <sup>a</sup> | -22,912  | -47,246   |
|                | DAEE        | 609                    | -22,955  | -47,321   |
|                |             | 608                    | -22,969  | -47,289   |
| Elias Fausto   | CEMADEN     | 351490801 <sup>a</sup> | -23,044  | -47,367   |
| Capivari       | CEMADEN     | 351040101 <sup>a</sup> | -23,005  | -47,513   |
|                |             | 351040118H             | -23,003  | -47,501   |
| Rafard         | CEMADEN     | 354210701 <sup>a</sup> | -23,013  | -47,531   |
| Mombuca        | CEMADEN     | 353090401 <sup>a</sup> | -22,927  | -47,566   |
| Rio das Pedras | CEMADEN     | 354400401 <sup>a</sup> | -22,848  | -47,608   |
| Tietê          | CEMADEN     | 355450801 <sup>a</sup> | -23,110  | -47,717   |

1  
 2 Quanto ao monitoramento de nível e vazão em tempo real, a BHC possui 3 postos  
 3 operados pelo DAEE, conforme apresenta a Tabela 5.2.

4 Tabela 5.2. Postos fluviométricos com telemetria localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

| Código | Nome             | Curso d'água       | Área (km <sup>2</sup> ) | Lat.   | Long.  | Município | Período de observação |
|--------|------------------|--------------------|-------------------------|--------|--------|-----------|-----------------------|
| 603    | Reforma Agrária  | Rio Capivari       | 227                     | -23,01 | -47,08 | Campinas  | 2011 – Atual          |
| 609    | Sabesp Monte Mor | Rio Capivari       | 725                     | -22,95 | -47,32 | Monte Mor | 2011 – Atual          |
| 608    | Monte Mor        | Rio Capivari-Mirim | 185                     | -22,96 | -47,28 | Monte Mor | 2011 – Atual          |

5  
 6 **5.1.2.2. Previsão**

7 Modelos de previsão de vazão e nível podem ser de três diferentes tipos, de acordo com a  
 8 variável independente – preditora (TUCCI, 1995; FAGUNDES, 2021):

- 9
- Previsão com base em vazão observada a montante;
  - Previsão com base em chuva observada;
  - Previsão com base em chuva prevista.
- 10  
 11

12 A decisão da variável preditora é realizada essencialmente em função do porte da bacia  
 13 hidrográfica em que se deseja obter a previsão de nível de cheia. Os sistemas de previsão com  
 14 base em nível-vazão observada a montante, em conjunto com a chuva observada ou não, são  
 15 os mais adequados para grandes bacias hidrográficas (área de contribuição superior a 10.000  
 16 km<sup>2</sup>). Em tais sistemas, como o trânsito da cheia pelo curso do rio pode levar dias, pode-se obter

1 resultados seguros de previsão com antecedência adequada para alerta e resposta apenas com  
2 base em dados observados.

3 Em bacias de menor porte (área de drenagem de aproximadamente 1.000 km<sup>2</sup>), há  
4 necessidade de se incorporar a previsão de precipitação no sistema de previsão de níveis, para  
5 que se tenha uma antecedência razoável para alerta e resposta. Neste caso, a chuva prevista é  
6 a variável de entrada de um modelo de transformação chuva-vazão para o cálculo da vazão  
7 futura no rio, que por sua vez é a variável de entrada em um modelo hidráulico para o cálculo do  
8 nível d'água. A cada intervalo de tempo a chuva prevista é corrigida com base nos registros dos  
9 postos pluviométricos.

10 De acordo com a antecedência desejada, as previsões de precipitação podem ser  
11 classificadas em: previsões de curtíssimo prazo (antecedências de até 6 horas), de curto prazo  
12 (até 3 dias), médio prazo (até 10 dias), e longo prazo ou sazonal (até 6 meses). As incertezas na  
13 quantidade e na distribuição espacial da chuva prevista aumentam à medida em que o tempo de  
14 antecipação aumenta (MELLER, 2012; FAGUNDES, 2021). Para sistemas de alerta de  
15 inundação, interessam as previsões de curto e curtíssimo prazo.

16 Já na escala da drenagem urbana, sequer há tempo para a execução de modelos  
17 hidrológicos e hidráulicos para alerta. O tempo entre a previsão e o alagamento normalmente é  
18 de poucas horas e, desta forma, a previsão da precipitação é utilizada diretamente no  
19 acionamento do alerta.

## 20 **Modelos de previsão de vazão ou nível**

21 De acordo com o tipo de previsão e antecedência, são definidas as ferramentas  
22 computacionais mais adequadas para o sistema de previsão. Os modelos para previsão de vazão  
23 ou nível podem ser divididos em duas categorias (TUCCI, 2005):

- 24 • Empíricos: modelos que não representam o sistema e seus processos, mas apenas  
25 calculam as variáveis de saída com base em uma ou em um conjunto de variáveis  
26 independentes. Modelos de regressão estatística e redes neurais estão nesta  
27 categoria. Tais modelos necessitam de uma série de eventos para calibração e  
28 verificação, para que possam ser colocados em funcionamento;
- 29 • Conceituais: representam o sistema de forma simplificada, com alto nível de  
30 parametrização. Estão nesta categoria modelos chuva-vazão como o modelo SCS,  
31 que utiliza um único parâmetro para a transformação de chuva em vazão, e uma  
32 idealização do hidrograma a ser propagado. Diferente dos modelos empíricos,

1 permite simular situações em que o sistema sofre modificações, como o uso do  
2 solo, bem como responder a extrapolações dos dados utilizados na calibração;

3 • Físicos: modelos que representam em detalhe o sistema e os processos  
4 hidrológicos envolvidos na geração e propagação de vazões e no cálculo de níveis  
5 d'água. Demandam mais informações sobre o sistema a ser simulado, mas tendem  
6 a representar com maior fidelidade o sistema e eventos de magnitude não prevista  
7 na fase de calibração.

8 Não há atualmente um sistema de previsão de vazões e níveis operando na Bacia  
9 Hidrográfica do Rio Capivari.

### 10 **Modelos de previsão de chuva**

11 Quando se deseja que a antecedência de previsão de nível do curso hídrico seja maior do  
12 que o tempo de concentração de sua própria bacia, é necessário realizar a previsão quantitativa  
13 de chuva (MELLER, 2012), realizada através de modelos meteorológicos operados por centros  
14 de meteorologia, como o *National Oceanic and Atmospheric Administrations* (NOAA), dos  
15 Estados Unidos, e o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto  
16 Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para tal previsão, se faz necessária a compreensão  
17 dos fenômenos atmosféricos, incluído as condições da atmosfera em diferentes altitudes, de  
18 maneira a respeitar as leis das camadas atmosféricas que regem o movimento da atmosfera. O  
19 principal objetivo da previsão é determinar o estado dos fatores climáticos em um instante  
20 posterior ao atual (RIBEIRO, 2008).

21 A aplicação da modelagem meteorológica é dividida em função da escala dos sistemas  
22 atmosféricos, portanto, dos eventos ocorrentes. A exemplo, define-se um evento como sendo de  
23 microescala – aquele que ocorre em até 10 km de extensão; já o evento meteorológico ocorrente  
24 entre algumas dezenas – ou até mesmo centenas de quilômetros – de extensão é considerado  
25 um evento de mesoescala (PIELKE, 2002). Seguindo a lógica apresentada, os modelos  
26 numéricos podem ser classificados como modelos globais ou regionais, a depender das  
27 respectivas escalas de ocorrências.

28 Por conseguinte, as previsões meteorológicas são realizadas a partir da análise de  
29 resultados gerados pelos modelos numéricos de previsão meteorológica, os quais são  
30 estruturados por modelos físico-matemáticos da atmosfera. Os resultados produzidos  
31 concernem em uma estimativa do cenário futuro da atmosfera (ALVES, 2017).

1 No Brasil, o CPTEC utiliza um modelo atmosférico denominado ETA, operacionalizado pelo  
2 *National Center for Environmental Prediction* (NCEP), vinculado à Agência Nacional de Gestão  
3 Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA). O *software* de execução do modelo ETA  
4 é atualmente disponibilizado gratuitamente pelo INPE<sup>2</sup>. O CPTEC fornece, para todos os  
5 municípios da BHC (além de outras regiões do Brasil), os meteorogramas<sup>3</sup> do modelo regional  
6 atmosférico WRF (*Weather Research and Forecasting*) com previsões quantitativas de chuva,  
7 entre outras variáveis, com 7 dias de antecedência. Os boletins<sup>4</sup> emitidos pela Sala de Situação  
8 PCJ (discutida em detalhe no item a seguir), no entanto, não utilizam os dados de previsão, mas  
9 apenas os dados da rede de monitoramento em tempo real.

### 10 5.1.2.3. Alerta

11 Com base nas previsões de vazão e nível e nos mapas de risco, são realizados os alertas.  
12 Os mapas de risco são a ferramenta que permite quantificar os danos potenciais de determinada  
13 inundação e fazem parte do planejamento do sistema, conforme apresentado no item 5.1.3.

14 Os sistemas de alerta classificam em níveis de perigo de inundação as cotas do rio  
15 monitorado, sendo que para cada classe tem-se um determinado protocolo de ações a serem  
16 executadas (detalhados no item 5.1.3). Na BHC, os serviços relacionados às atividades de alerta  
17 da população (quanto a eventos naturais intensos) são prestados por parte da Agência das  
18 Bacias PCJ e pelo DAEE, através da Sala de Situação PCJ.

19 A Bacia Hidrográfica do Rio Capivari é monitorada pela Sala de Situação PCJ a partir de  
20 duas estações telemétricas; a primeira está situada em Campinas, e a segunda no município de  
21 Monte Mor. A Sala de Situação então define os níveis de alerta a partir da classificação  
22 apresentada abaixo (DAEE/SP), a qual é caracterizada pelas cotas do Rio Capivari em cada  
23 estação:

- 24 • Normal: nível do rio encontra-se em estado normal;
- 25 • Atenção: o risco de um evento hidrológico adverso é significativo, mas sua  
26 ocorrência, quanto à localização ou ao momento, ainda é incerta;

---

<sup>2</sup> <http://etamodel.cptec.inpe.br>

<sup>3</sup> <https://www.sspcj.org.br/index.php/previsao-do-tempo>

<sup>4</sup> <https://www.sspcj.org.br/index.php/boletins-diarios-e-relatorios-telemetria-pcj>

- 1           • Alerta: o perigo ou risco de um evento hidrológico adverso é iminente ou previsível  
2           a curto prazo, e a defesa civil deve estar de prontidão;
- 3           • Emergência: os rios atingem cotas de situação crítica e imprevista, que demanda  
4           ação imediata;
- 5           • Extravasamento: os rios atingem cotas acima das margens, causando o  
6           transbordamento.

7           A Sala de Situação reúne profissionais, em um ambiente interdisciplinar, responsáveis pelo  
8           mantimento do monitoramento fluviométrico, pluviométrico e de qualidade das águas, a se dar  
9           de forma constante e adequada, através da operação da rede hidrometeorológica das Bacias  
10          dos Rios PCJ. Dispondo dos dados hidrológicos e com o auxílio de ferramentas computacionais  
11          que fazem uso destas informações para gerar previsões acerca dos níveis dos rios, a Sala de  
12          Situação toma decisões relativas à operação dos reservatórios das Bacias PCJ e às ações de  
13          alerta e emergência quanto a cenário de cheias, estiagens ou, ainda, acidentes. Em tais  
14          situações, a Sala conta com o apoio de órgãos públicos, operadores de sistemas de saneamento  
15          e a Defesa Civil, que auxiliam a população afetada.

16          Os dados hidrológicos são fornecidos pela rede de monitoramento telemétrico, composta  
17          por estações da ANA, do DAEE (Rede Telemétrica Piracicaba), da SABESP (Rede Telemétrica  
18          do Sistema Cantareira), do Sistema Integrado de Bacias Hidrográficas (SIBH) e do Sistema  
19          Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Ainda, conta com dados  
20          provenientes de radares meteorológicos: Radar SAISP e Radar UNESP, disponíveis, contudo,  
21          apenas para o município de São Paulo.

22          As informações geradas pela Sala de Situação consistem em: boletins diários (apresenta  
23          dados de chuvas, nível e vazão, previsão de chuva e imagem de radar); boletins mensais  
24          (apresenta dados pluviométricos do mês das Bacias PCJ, mapa de precipitação, gráficos com a  
25          operação do Sistema Cantareira, relatórios, vazões médias, máximas e mínimas dos rios  
26          monitorados pela telemetria do DAEE, limnigramas e fluviogramas do mês gerados pelos postos  
27          da telemetria); Relatórios Síntese Diários; Informes para a Defesa Civil de São Paulo;  
28          Meteogramas por município (INMET); e Previsão do Tempo por município (INPE) (Plano de  
29          Recursos Hídricos das Bacias PCJ, 2020).

30          O sistema em operação, no entanto, conforme já identificado e discutido no Plano das  
31          Bacias PCJ 2020-2035 (PCJ, 2020), não dispõe da componente de previsão de vazão e níveis.  
32          Os alertas são realizados diretamente através da observação de níveis e precipitação. A

1 precipitação prevista por institutos meteorológicos é considerada no sistema apenas de forma  
 2 qualitativa, sem a utilização de um modelo chuva-vazão para a estimativa de vazão futura no rio.

3 **5.1.2.4. Proposição – Modelo de previsão de eventos críticos na BHC**

4 Frente a ausência de um sistema completo de monitoramento, previsão e alerta de  
 5 alagamentos e inundações para a BHC, apresenta-se a proposição de uma estratégia que tem  
 6 como principal objetivo consolidar uma estrutura que torne mais rápida a resposta da população  
 7 potencialmente atingida por inundações e alagamentos, frente a eventos de chuvas extremas.

8 Inicialmente, conforme já discutido no item 4.1, cabe distinguir os tipos de eventos de  
 9 inundação em função do porte da área de contribuição (bacia hidrográfica). Estão previstos  
 10 sistemas distintos para alagamentos em áreas urbanas, extravasamento de córregos urbanos e  
 11 inundações ribeirinhas. A Tabela 5.3 identifica os tipos de sistemas e apresenta a sugestão de  
 12 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari que podem incorporar tais sistemas.

13 Tabela 5.3. Componentes propostas para os sistemas de monitoramento, previsão e alerta de inundação  
 14 dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

| Tipo de evento (escala do sistema) | Monitoramento | Previsão      | Alerta               | Municípios contemplados  |
|------------------------------------|---------------|---------------|----------------------|--|
| Alagamento                         | -             | Precipitação  | Precipitação         | Todos  |
| Enxurrada                          | -             | Precipitação  | Precipitação e nível | Todos, com exceção de Rio das Pedras e Elias Fausto                |
| Inundação                          | Nível         | Vazão e nível | Nível                | Jundiáí, Louveira, Vinhedo, Campinas, Monte Mor, Capivari e Rafard |

15  
 16 **Alagamentos**  
 17 Na escala de drenagem urbana, dado o curto tempo de resposta entre a chuva e o  
 18 alagamento, a única forma de se conferir certa antecedência para resposta é a previsão de  
 19 chuva. Eventos de alagamento tem normalmente baixa capacidade de causar danos (nível de  
 20 perigo) quando comparados a enxurradas e inundações. A ação de resposta objetiva,  
 21 normalmente, evitar transtornos do sistema de transporte e mobilidade urbana e, em alguma  
 22 medida, prevenir perdas e danos ao patrimônio. Por outro lado, são bem mais frequentes, e  
 23 mesmo cidades de pequeno porte têm sofrido impactos após a ocorrência de eventos extremos  
 24 de chuva.

1 Todos os municípios da BHC dispõem das previsões meteorológicas (meteogramas) do  
2 CPTEC. Assim, recomenda-se que seja implementado o sistema de alerta de chuva extrema **em**  
3 **todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari**, tendo a previsão uma  
4 antecedência de 12h. Tal antecedência deverá ser suficiente para que as autoridades municipais  
5 ponham em prática as operações especiais, as quais devem ser organizadas e treinadas em dias  
6 normais de fluxo na cidade. Os alertas podem ser geridos e propagados em conjunto com os  
7 alertas vinculados a áreas de risco de deslizamento, cujo gatilho é compartilhado – sendo ele,  
8 normalmente, chuvas extremas. Previsões de maior prazo (até 48h) podem ser necessárias para  
9 que, diante da ocorrência de eventos especiais, medidas de proteção sejam tomadas, tais como  
10 grande deslocamento ou aglomeração de pessoas em locais seguros, principalmente quando  
11 vinculado ao evento se há forte vento.

12 Trata-se de uma proposta de fácil implementação, basicamente emitindo alertas para as  
13 autoridades responsáveis pela organização do trânsito, companhias de abastecimento e  
14 eletricidade, e para a população em geral. Os alertas são em função apenas da chuva prevista,  
15 sem o cálculo de vazões ou níveis. Um aspecto desfavorável é a possibilidade de falsos alertas,  
16 devido à baixa confiabilidade das previsões em escala regional para uma dada localidade, ou de  
17 alagamentos sem alerta, principalmente em casos de chuvas convectivas. A sensibilidade do  
18 alerta e a antecedência da previsão devem ser ajustados caso a caso, em um período de testes  
19 de implantação. Caso as autoridades envolvidas julguem possível reduzir a antecedência da  
20 previsão, o sistema será mais confiável.

### 21 **Enxurradas (extravasamento de córregos urbanos)**

22 No ambiente urbano, as enxurradas podem ser entendidas como o extravasamento dos  
23 córregos urbanos em eventos de chuva extrema, devido à falta de capacidade de condução do  
24 fluxo de água de determinados trechos. A escala de tais eventos pode variar consideravelmente,  
25 com bacias de contribuição de menos de 100 km<sup>2</sup> a mais de 1.000 km<sup>2</sup>.

26 Nos estudos de Diagnóstico e Prognóstico da macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do  
27 Rio Capivari já apresentados, verificou-se que, com exceção dos municípios de Rio das Pedras  
28 e Elias Fausto, todos os demais possuem um ou mais córregos com potencial de extravasamento  
29 em áreas urbanas, com áreas de drenagem variando de 0,61 a 130,00 km<sup>2</sup>.

30 A Tabela 5.4 apresenta os principais corpos hídricos de cada município da BHC que  
31 possuem riscos de extravasar diante de eventos de elevadas precipitações; por isso, recomenda-  
32 se supervisioná-los. Ressalta-se que os cursos d'água indicados na referida tabela apresentam  
33 informações extraídas de Planos Municipais, e, portanto, podem contemplar corpos hídricos não

1 pertencentes à BHC, permanecendo na tabela com o objetivo de enriquecer a análise e facilitar  
 2 sua aplicação no âmbito municipal.

3 Tabela 5.4. Principais corpos hídricos de cada município da BHC que apresentam risco de  
 4 extravasamento, diante da ocorrência de grandes chuvas (Fonte: Planos Diretores de Drenagem  
 5 Municipais e Planos Municipais de Saneamento Básico).

| Município | Corpo hídrico                    | Área de contribuição (km <sup>2</sup> ) |
|-----------|----------------------------------|---|
| Campinas  | Ribeirão Anhumas                 | 130,00                                  |
|           | Ribeirão das Cabras              | 73,50                                   |
|           | Córrego do Tanquinho             | 11,03                                   |
|           | Ribeirão Piçarrão                | 90,00                                   |
|           | Córrego Viracopos                | 22,62                                   |
|           | Ribeirão Quilombo                | 82,50                                   |
| Jundiaí   | Córrego Tanque Velho             | 3,44                                    |
|           | Córrego Progresso/Jardim de Lago | 1,62                                    |
|           | Córrego Vila Nambi               | 0,97                                    |
|           | Córrego Guapeva                  | 64,97                                   |
|           | Córrego Colônia                  | 5,98                                    |
|           | Córrego Walkyria                 | 20,69                                   |
|           | Córrego do Gramado               | 4,86                                    |
|           | Córrego Jundiaí-Mirim            | 119,32                                  |
|           | Córrego Engordadouro             | 6,62                                    |
| Louveira  | Córrego Sapezal                  | 17,16                                   |
|           | Córrego Santo Antônio            | 8,61                                    |
|           | Córrego Fetá                     | 24,96                                   |
| Itupeva   | Ribeirão do Caxambú              | 99,40                                   |
|           | Córrego Piracatu                 | 1,45                                    |
|           | Córrego da Lagoa                 | 18,30                                   |
|           | Córrego do Bonfim                | 3,30                                    |
|           | Ribeirão das Furnas ou São José  | 40,10                                   |
|           | Córrego da Fonte ou Santa Rita   | 28,50                                   |
| Vinhedo   | Trevo                            | 0,61                                    |
|           | Córrego do Xoxó                  | 1,94                                    |
|           | Córrego Marambaia                | 3,38                                    |
|           | Distrito Industrial 1            | 1,09                                    |
|           | Distrito Industrial 2            | 2,64                                    |
|           | Córrego Sitinho - Vida Nova 1    | 2,51                                    |
|           | Córrego Morumbi                  | 2,71                                    |
|           | Córrego da Capela                | 1,47                                    |
|           | Córrego Santa Cândida            | 4,54                                    |
|           | Ribeirão Cachoeira               | 1,33                                    |
|           | Córrego Pinheirinho - Trecho 1   | 2,17                                    |
|           | Córrego Primavera                | 0,86                                    |

| Município        | Corpo hídrico                  | Área de contribuição (km <sup>2</sup> ) |
|------------------|--------------------------------|---|
|                  | Córrego Pinheirinho - Trecho 2 | 1,59                                    |
|                  | Córrego do Aquário             | 0,77                                    |
|                  | Córrego Pinheirinho - Trecho 3 | 1,81                                    |
|                  | Córrego do Cruzeiro            | 3,19                                    |
|                  | Córrego Sterzeck               | 3,11                                    |
| Valinhos         | Ribeirão Pinheiros             | 7,86                                    |
|                  | Córrego da Invernada           | 1,72                                    |
|                  | Córrego Mathias                | 116,88                                  |
| Hortolândia      | Córrego Santa Clara            | 15,82                                   |
|                  | Córrego Terra Preta            | 9,91                                    |
|                  | Córrego Taquara Branca         | 23,16                                   |
|                  | Ribeirão Jacuba                | 37,82                                   |
| Monte Mor        | Ribeirão Água Choca            | 39,13                                   |
|                  | Córrego Monjolinho             | 21,21                                   |
|                  | Ribeirão do Pombal             | 15,97                                   |
|                  | Córrego Água Choca             | 13,61                                   |
|                  | Ribeirão do Aterrado           | 28,79                                   |
|                  | Córrego Água Comprida          | 12,89                                   |
|                  | Rio Capivari Mirim             | 187,71                                  |
|                  | Córrego do Chapadão            | 12,66                                   |
|                  | Córrego Azul                   | 13,05                                   |
|                  | Ribeirão Mandacaru             | 25,47                                   |
|                  | Córrego do Fonseca             | 4,14                                    |
|                  | Córrego do Moinho              | 26,21                                   |
|                  | Ribeiro do Galvão              | 29,92                                   |
|                  | Ribeiro dos Toledos            | 28,32                                   |
|                  | Córrego dos Baços              | 20,10                                   |
| Capivari         | Ribeirão Água Choca            | 117,55                                  |
|                  | Ribeirão dos Agostinhos        | 27,00                                   |
|                  | Ribeirão Palmeiras             | 20,00                                   |
|                  | Córrego São Francisco          | 6,50                                    |
|                  | Córrego Fonseca                | 4,50                                    |
|                  | Córrego Engenho Velho          | 12,00                                   |
|                  | Córrego Mombuca                | 98,00                                   |
|                  | Córrego Bairro Frio            | 9,00                                    |
|                  | Córrego do Bonfim              | 20,00                                   |
|                  | Rio Acima                      | 5,00                                    |
|                  | Ribeirão Forquilha             | 41,70                                   |
|                  | Córrego Toledo                 | 5,70                                    |
|                  | Córrego Limoeiro               | 4,60                                    |
|                  | Córrego Tibúrcio               | 15,00                                   |
| Córrego Carneiro | 19,00                          |   |

| Município | Corpo hídrico          | Área de contribuição (km <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------|---|
|           | Córrego Mandacaru      | 36,00                                   |
|           | Córrego Marins         | 31,00                                   |
| Rafard    | Córrego São Francisco  | 5,88                                    |
| Mombuca   | Ribeirão Mombuca       | 26,25                                   |
|           | Córrego Água Parada    | 8,20                                    |
|           | Córrego São Jerônimo   | 8,08                                    |
|           | Córrego Olho d'Água    | 10,58                                   |
|           | Córrego Ventania       | 15,40                                   |
| Tietê     | Córrego Capim Fino     | 9,92                                    |
|           | Córrego do Barra       | 9,25                                    |
|           | Córrego Piripiri       | 10,18                                   |
|           | Ribeirão Florentino    | 4,64                                    |
|           | Córrego Estiva         | 18,85                                   |
|           | Ribeirão da Serra      | 24,94                                   |
|           | Córrego da Água Podre  | 4,62                                    |
|           | Córrego Morro Grande   | 6,88                                    |
|           | Ribeirão Mandissununga | 70,84                                   |
|           | Córrego Boa Água       | 18,10                                   |
|           | Córrego Água Branca    | 61,73                                   |

1

2 Para os casos dos corpos hídricos apresentados pela Tabela 5.4 (e para o próprio Rio

3 Capivari) que se estendem até o município de Vinhedo, o sistema deve ser composto pela

4 previsão e monitoramento de chuva, simulação chuva-vazão e cálculo de nível d'água nos locais

5 de interesse (extravasamento em áreas urbanas). Esta é uma proposta cuja complexidade é

6 intermediária, que terá como produto os alertas de chuva e de inundações ribeirinhas.

7 A antecedência da previsão de chuva é inversamente proporcional ao porte da bacia de

8 contribuição, mas deve situar-se em torno de até 12h. Tal antecedência deve ser adequada ao

9 porte de cada bacia de contribuição, de maneira que as medidas de mitigação de danos – tais

10 como evacuação das áreas de risco, considerando a retirada de pertences e proteção ao

11 patrimônio – sejam tomadas em tempo hábil para realização.

12 O modelo de previsão deve ser atualizado em base horária ou, ainda, em intervalos

13 menores, que serão definidos a partir da chuva observada. Neste sentido, a rede de postos da

14 Tabela 5.1 deverá ser utilizada para a seleção das estações que dispõem de dados que sejam

15 representativos de cada bacia.

16 O alerta deve ser dado em função da previsão de extravasamento ou não, calculado com

17 base na simulação chuva-vazão. Os locais de extravasamento devem ser mapeados e

1 cadastrados previamente, conforme discutido no item 5.1.3, para a definição das ações de  
2 resposta.

3 Na maior parte dos casos, dado o curto tempo entre a ocorrência da chuva e o  
4 extravasamento dos cursos d'água, o monitoramento de nível não será eficaz. Assim, os níveis  
5 de alerta podem ser definidos em função de vazões previstas, com base no estabelecimento de  
6 uma (ou mais) curva-chave no curso d'água. Tal curva é estabelecida a partir do levantamento  
7 topobatimétrico de seção no córrego/ribeirão, e de medições de vazão e nível no mesmo ponto.

8 Além da calibração do modelo chuva-vazão, deverá haver um período de teste para  
9 aferição da qualidade da previsão de níveis com base em chuva prevista e observada. Caso se  
10 verifique que as chuvas observadas não agregam a qualidade necessária para o cumprimento  
11 de previsões seguras, poderá ser proposta a complementação da rede pluviométrica em alguma  
12 bacia específica.

### 13 **Inundação ribeirinha**

14 O sistema de alerta para inundação ribeirinha deve contemplar o trecho do Rio Capivari  
15 entre os municípios de Campinas e Capivari/Rafard, sendo composto por monitoramento de  
16 chuva e nível, modelo de transformação chuva-vazão e alerta de nível d'água. O Rio Capivari-  
17 Mirim não teria a previsão de níveis; mas as informações de vazão no corpo hídrico, oriundas do  
18 monitoramento de vazão no posto 608, devem ser incorporadas ao modelo chuva-vazão.

19 O sistema proposto é composto por:

- 20 • Monitoramento do nível d'água: os dados de nível dos postos linimétricos 603, 609  
21 e 608 servirão para: 1) definição de entrada em operação do sistema de previsão  
22 de vazões; e 2) atualização do estado previsto do sistema (nível) a cada intervalo  
23 de tempo de previsão (1 hora);
- 24 • Observação de chuva: dados em tempo real dos postos da rede pluviométrica da  
25 bacia (Tabela 5.2), acumulados a cada uma hora. Esta é a informação de entrada  
26 do modelo hidrológico chuva-vazão;
- 27 • Simulação chuva-vazão: modelo distribuído de transformação chuva-vazão, com  
28 capacidade para representar a distribuição espacial da chuva da rede disponível  
29 (Tabela 5.2) em tempo real, com discretização temporal máxima de uma hora. O  
30 modelo é executado quando o nível d'água dos postos linimétricos indicarem nível  
31 de "atenção", ou, ainda, em nível do rio definido como "normal", quando ocorrerem  
32 chuvas acumuladas de mais de 20 mm na média da última hora dos postos

1 pluviométricos da bacia. O modelo fornece as condições de contorno de montante  
2 para o modelo hidrodinâmico;

- 3 • Simulação hidrodinâmica: modelo HEC-RAS (ou similar) calibrado no trecho do Rio  
4 Capivari entre os municípios de Campinas e Capivari/Rafard. O modelo calcula os  
5 níveis d'água a cada hora. Os resultados são utilizados na emissão de alertas de  
6 emergência e extravasamento com antecedência de cerca de 24 a 72 horas,  
7 dependendo do trecho analisado.

8 Ressalta-se que a calibração do sistema de previsão de níveis depende fortemente da  
9 relação de cota e vazão (curva-chave) dos postos fluviométricos. Conforme discutido  
10 anteriormente neste PDM, as curvas-chave dos postos do DAEE possuem inconsistências na  
11 faixa de extravasamento do Rio Capivari, e sua adequação será necessária.

12 O sistema é dotado de uma complexidade razoável; ainda assim, é de extrema importância  
13 para os municípios situados próximos à calha do Rio Capivari, em seu trecho baixo, que tal  
14 sistema seja implementado. O histórico recente mostra que as inundações nestas localidades  
15 têm ocorrido com frequência quase anual (2019, 2020, 2022 e 2023), acumulando prejuízos e  
16 até perdas de vidas. Ademais, a componente do sistema que historicamente é mais deficiente e  
17 custosa de se implementar, que é o monitoramento de chuva e vazão, está bem desenvolvido  
18 na bacia. Resta a implementação de uma interface de coleta automatizada de tais informações,  
19 e da simulação computacional de previsão de vazões e níveis, para que se tenha uma  
20 antecedência adequada para a mitigação do risco de inundação.

### 21 **5.1.3. Planos de contingência**

22 O Plano de Contingência (ou de resposta) é uma das peças técnicas que fazem parte de  
23 um sistema de prevenção de inundações, configurando a ponta do sistema. Uma vez  
24 implementado um sistema de monitoramento e alerta, as ações a serem desencadeadas de  
25 acordo com cada nível de alerta estão definidas no plano de contingência. Segundo o Caderno  
26 Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres (GIRD+10) do Ministério Do  
27 Desenvolvimento Regional (MDR, 2021), "*O Plano de Contingência é um plano de ação do*  
28 *município, comumente elaborado pela Proteção e Defesa Civil municipal, com o objetivo de*  
29 *definir ações locais estratégicas e responsáveis para organizar e reduzir impactos, durante e*  
30 *após a ocorrência de um desastre socioambiental e/ou tecnológico*".

31 A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) atribui aos municípios, com base  
32 no artigo 8º da LF nº 12.608/2012, a responsabilidade pela execução do Plano de Contingência

1 (PLACON), bem como o cumprimento de competências relacionadas, como manter a população  
2 informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos e seus respectivos protocolos,  
3 realizar regularmente exercícios simulados, realizar a avaliação de danos e prejuízos em áreas  
4 atingidas, entre outras. Os Estados e a União apoiam os municípios na execução local dos planos  
5 de contingência, a exemplo da criação de um módulo específico de registro destes planos no  
6 Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). A utilização do S2ID permite que os  
7 municípios mantenham seus PLACONs atualizados, facilitando o diálogo e a obtenção de  
8 recursos com a União na ocorrência de desastres.

9 Conforme Brasil (2017), as etapas para elaboração de um Plano de Contingência são: (i)  
10 percepção de risco – a decisão de construir um plano de contingência; (ii) constituição de um  
11 grupo de trabalho; (iii) análise do cenário de risco e cadastro de recursos; (iv) definição de ações  
12 e procedimentos; (v) aprovação do documento final; (vi) divulgação do plano de contingência;  
13 (vii) operacionalização; e (viii) revisão.

14 Os planos de contingência das cidades devem ser elaborados de acordo com as  
15 particularidades de cada município, e em função das áreas de risco mapeadas previamente.  
16 Assim, o plano deve conter a definição de:

- 17 • Delimitação das áreas de atuação da defesa civil;
- 18 • Identificação dos representantes de cada órgão componente do sistema de defesa  
19 civil no município;
- 20 • Os protocolos de comunicação entre os componentes do sistema e a população;
- 21 • A relação de abrigos e o inventário de recursos disponíveis em caso de  
22 acionamento;
- 23 • Rotas de fuga e procedimentos de deslocamento;
- 24 • Procedimentos de treinamento e preparação;
- 25 • Procedimentos de reposta, com as ações de acordo com o nível de alerta do  
26 sistema;
- 27 • Procedimentos de reconstrução, com as ações de reestabelecimento dos  
28 serviços básicos e das condições de bem-estar da população.

1           Recomenda-se que os municípios da calha do Rio Capivari, ou seja, **Jundiá, Louveira,**  
2 **Vinhedo, Valinhos, Campinas, Monte Mor, Capivari e Rafard**, desenvolvam junto as defesas  
3 civis municipais os Planos de Contingência para eventos de inundação ribeirinha. O mapeamento  
4 de risco deve ser elaborado com base nos limites de inundação de 100 anos de tempo de retorno,  
5 conforme definidos previamente na etapa de Diagnóstico e Prognóstico da BHC, e nas análises  
6 de intervenções estruturais apresentadas no capítulo 7 do presente documento.

7           Inicialmente, antes de que qualquer medida estrutural seja implantada, no mapeamento de  
8 risco hidrológico deverá constar, basicamente, os limites de inundação definidos. O mapeamento  
9 dos riscos, também denominado de “Cartas de Suscetibilidade”, é a ferramenta básica que  
10 permite identificar os riscos de inundação (entre outras ocorrências) nos municípios.

11           Na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, o mapeamento da área inundável pode ser obtido  
12 dos produtos de Diagnóstico e Prognóstico da Macrodrenagem do Rio Capivari, elaborados no  
13 âmbito do presente Plano Diretor de Macrodrenagem. Para a elaboração dos mapas de risco  
14 para fins operacionais, devem ser especificadas quais propriedades são atingidas para cada  
15 nível de cheia, devendo ser realizado um procedimento de verificação e cadastro *in loco*, de  
16 modo a aprimorar a informação de edificações atingidas.

17           A verificação consta no levantamento de cotas de elevação do terreno, visando o ajuste do  
18 limite de inundação estimado pelo modelo hidráulico anteriormente. Ocorre que o Modelo Digital  
19 de Terreno utilizado na ocasião é adequado para o cálculo de níveis d’água e avaliação em  
20 escala regional dos resultados. No entanto, para fins de uso operacional de um sistema de alerta  
21 e resposta, há necessidade de se verificar e aprimorar as cotas com levantamento topográfico.  
22 Muros e aterros localizados podem não ter sido representados pelo modelo hidráulico, uma vez  
23 que o MDT interpola informações de cota das seções topobatimétricas e de outras fontes de  
24 informações (curvas de nível) em maior escala.

25           Uma vez verificadas as edificações que de fato são atingidas, deve ser executado o  
26 cadastramento de tais edificações. O cadastro deve contemplar características do imóvel e dos  
27 habitantes, permitindo adequar o Plano de Contingência às necessidades de mobilidade e  
28 cuidados especiais das pessoas em risco.

#### 29           **5.1.4. Medidas de educação ambiental**

30           As ações que são orientadas pela temática de Educação Ambiental têm como propósito  
31 amplificar a percepção da sociedade quanto a responsabilidade direta que possui em contribuir  
32 com as demandas do meio ambiente. Ainda, lembram sobre o comprometimento que os

1 indivíduos devem cultivar por se manterem informados, a fim de zelar pelo ambiente em que  
2 vivem, tanto nos centros urbanos quanto em áreas rurais.

3 As medidas de educação ambiental apresentadas e comentadas no presente item referem-  
4 se a assuntos ambientais de alguma forma vinculados à hidrologia e a drenagem. Neste sentido,  
5 os programas de educação ambiental são situados no contexto do controle de inundações  
6 urbanas, e irão promover ações no sentido de: 1) conscientizar as sociedades sobre os impactos  
7 gerados pela urbanização; 2) preservar e conservar a rede de drenagem existente; 3) orientar a  
8 convivência da população com os cursos d'água para que ela seja o mais harmoniosa possível;  
9 e 4) capacitar tecnicamente e fortalecer o setor de drenagem urbana dos municípios da Bacia  
10 Hidrográfica do Rio Capivari.

11 A urbanização é um processo que, em termos do uso do solo, substitui a cobertura natural  
12 do solo, tais como mata, campo, lavoura, entre outras, por coberturas em geral impermeáveis,  
13 tais como ruas, calçadas e habitações (telhados, estacionamentos, etc.). Com o aumento da  
14 impermeabilização do solo, gerado pelo crescimento das cidades, a água proveniente da  
15 incidência de chuvas moderadas pode vir a ser suficiente para comprometer o bom  
16 funcionamento dos sistemas de drenagem, em função do excedente de água escoada, a qual  
17 não fora infiltrada no solo.

18 Outro aspecto que pode vir a contribuir para o mau funcionamento da rede de drenagem é  
19 a acumulação de resíduos sólidos, de maneira a impedir o escoamento da água pelos canais. A  
20 chegada de grandes quantidades de entulhos e resíduos domiciliares ocorre principalmente pelo  
21 estabelecimento de ocupações irregulares e pelo descarte de entulhos em áreas clandestinas,  
22 sem o devido manejo e disposição final.

23 Um grave problema relacionado a macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari  
24 é a ocorrência de inundações. Estes eventos podem ser causados por diversos motivos, tais  
25 como proximidade das cidades com o rio, construções sobre o corpo hídrico que estrangulem o  
26 escoamento, ocupação da planície de inundação, entre outras. Estas ocorrências impõem  
27 dificuldades para o bom relacionamento entre a população que se estabelece próxima ao rio,  
28 uma vez que as edificações são constantemente invadidas pela água. A atuação sinérgica de  
29 diferentes medidas de controle contribui para a configuração de uma solução eficiente para a  
30 gestão de riscos, as quais impactam de forma mais ou menos intensa a população local.

31 Avaliadas as problemáticas relacionadas a inundações urbanas, a seguir são indicadas  
32 medidas de educação ambiental orientadas pelo objetivo de mitigar possíveis danos sociais e/ou  
33 ambientais:

- 1                   • Programas que tenham como objetivo enfatizar a importância da implementação de  
2                   medidas compensatórias e mitigadoras do impacto gerado pela urbanização dos  
3                   ambientes naturais sobre os sistemas de drenagem. Para isto, se faz importante a  
4                   conscientização da população quanto ao respeito pela preservação de áreas não-  
5                   edificáveis, da implementação de técnicas que favoreçam a infiltração e o  
6                   armazenamento das águas pluviais;
- 7                   • Prevenção, por parte dos municípios, fiscalizando ocupações em área de risco de  
8                   inundação (no caso de inundações ribeirinhas) e áreas de descarte irregular de  
9                   resíduos (no caso da drenagem urbana);
- 10                  • Municípios incorporarem ao seu ordenamento territorial as áreas de risco de  
11                  inundação, através do Zoneamento da Planície de Inundação do Rio Capivari;
- 12                  • Municípios implementarem ações de inspeção e manutenção do sistema de  
13                  drenagem;
- 14                  • Municípios fomentarem campanhas educativas e informativas sobre o descarte  
15                  adequado de resíduos e reciclagem destes, elucidando sobre os efeitos da  
16                  disposição irregular de resíduos sólidos – no contexto de obstruções e mau  
17                  funcionamento de dispositivos hidráulicos;
- 18                  • Treinamento da população em área de risco, a partir de oficinas e seminários, para  
19                  melhor compreender os produtos gerados pelo sistema de monitoramento, previsão  
20                  e alerta da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (a ser implementado);
- 21                  • Incorporação, pelo sistema de drenagem, de estruturas como parques lineares e  
22                  obras de retenção hidráulica, estimulando a convivência social, lazer e melhorando  
23                  a qualidade de vida da população residente em meio urbano;
- 24                  • Fortalecimento do setor de drenagem urbana municipal, no que concerne à  
25                  capacitação técnica da equipe das prefeituras. Citam-se ações de capacitação  
26                  técnica:
- 27                      ○ Execução do cadastro dos sistemas de drenagem a partir de dados  
28                      georreferenciados;
- 29                      ○ Gerir os sistemas de drenagem de forma integrada a partir dos sistemas de  
30                      informações geográficas (SIG);

- 1                   ○ Fazer uso de ferramentas de gestão de desastres, como o S2ID – a partir  
2 do cadastramento do município no sistema integrado – que permite a  
3 inserção e atualização do Plano de Contingência (PLACON) do município;
- 4                   ○ Compilação e compatibilização dos diferentes planos de informações  
5 existentes, sendo eles: estudos e projetos em bancos de dados  
6 georreferenciados, levantamentos planialtimétricos, levantamentos  
7 topobatimétricos, Plano Diretor Municipal, entre outros.
- 8                   • Fiscalização e controle, por parte dos municípios, no que tange a regulação da  
9 parcela de escoamento superficial gerada pela impermeabilização do solo devido à  
10 construção de novos empreendimentos.

11           É importante citar o Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios  
12 Piracicaba, Capivari e Jundiá (2020-2035), o qual desenvolveu o caderno temático de Educação  
13 Ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias. No referido produto, são  
14 apresentados os eixos temáticos da gestão de recursos hídricos, os programas e os planos de  
15 ações das Bacias PCJ, bem como apresentadas as metodologias para estabelecer o nível de  
16 prioridade de cada ação elencada.

17           Salienta-se que o controle das inundações urbanas ocorrentes nos municípios integrantes  
18 da BHC deverá contar, como mecanismo inicial de articulação, com um planejamento estratégico  
19 – a ser estruturado a partir do desenvolvimento de programas aos moldes dos propostos no  
20 âmbito do Plano das Bacias PCJ. Em regra, os programas devem ser centrados em um eixo  
21 temático, estabelecido a partir de um objetivo geral que deve ser justificado, e as ações  
22 relacionadas com o tema, apresentadas. Cada ação prevista, por sua vez, deverá apresentar as  
23 seguintes informações: metas, indicadores quantitativos e qualitativos, grau de prioridade,  
24 articulação com outros projetos e estudos, executor(es), parcerias e interlocutores, área de  
25 abrangência, cronograma e fontes de recursos.

26           Desta forma, recomenda-se que, como ponto estratégico para iniciar o desenvolvimento  
27 de programas de educação ambiental voltados especificamente para os assuntos, questões e  
28 problemáticas relacionados a drenagem e ao manejo das águas pluviais dos municípios da BHC,  
29 os programas do Plano das Bacias PCJ sejam avaliados e aplicados. Ainda, que sirvam de  
30 instrumento orientador para o desenvolvimento de outros programas que supram outras  
31 necessidades relacionadas à drenagem da BHC, e que estejam sob o viés da educação  
32 ambiental.

### 1           **5.1.5.    Sistemas de seguro contra inundações**

2            Sistemas de seguros contra inundações atuam no sentido de recuperar áreas atingidas por  
3 inundações e de mitigar, gradualmente, o risco devido ao investimento realizado para reduzir a  
4 ameaça, vulnerabilidade e exposição da bacia hidrográfica que é assolada pelas problemáticas  
5 aqui referidas. Desta forma, os sistemas de seguro servem de suporte para a atividade  
6 econômica sustentável, proporcionando resiliência econômica; isto é, capacidade do sistema de  
7 se equilibrar economicamente após a ocorrência do desastre.

8            Conforme Blanchard-Boehm, Berry & Showalter (2001, citado *apud* GRACIOSA, 2010), a  
9 implementação de um sistema de seguro contra inundações perpassa alguns princípios básicos  
10 como:

- 11           • Avaliação precisa e contínua dos riscos;
- 12           • Algum nível de subsídio;
- 13           • Incentivos aos tomadores de decisão e às administrações locais, de modo que existam  
14 gerenciamento do risco e investimentos que possibilitem a diminuição do risco.

15           Sob o viés da entidade seguradora, é elementar a diversidade de alternativas quanto a  
16 regiões e elementos segurados, à qual é dada por um portfólio que permita a ocorrência de  
17 compensações de prejuízos. Isto é, para a implementação de um fundo de seguros regional, a  
18 diversificação permite que os valores investidos na recuperação de certa bacia hidrográfica  
19 atingida por inundações sejam compensados pelos valores gerados por uma outra bacia  
20 hidrográfica que, para o mesmo período, não tenha sofrido inundações.

21           A exemplo, nos Estados Unidos, o *National Flood Insurance Program* (NFIP), programa  
22 nacional de seguros contra inundações, coordenado pela *Federal Emergency Management*  
23 *Agency* (FEMA), foi a ferramenta que, associada a outras medidas estruturais (construção de  
24 aterros e de diques), norteou o enfrentamento de inundações ribeirinhas, realizado desde o final  
25 da década de 1960, sob tutela da *U.S. Army Corps of Engineers*.

26           Para tanto, o sistema de seguros americano realizou o mapeamento das planícies de  
27 inundação em escala nacional. Este mapeamento definiu as zonas de risco do país e, como  
28 consequência, indicou quais imóveis deveriam participar do programa. Foi estabelecido um prazo  
29 para os municípios apresentarem seus respectivos interesses em participar do NFIP. Uma vez  
30 no programa, o território ribeirinho deveria ser zoneado e o seguro passava a ser compulsório  
31 para as propriedades situadas no limite da cheia com 100 anos de tempo de retorno. Em função  
32 da baixa adesão dos municípios ao programa devido a ocorrência de um furacão (Agnes) que

1 devastou boa parte do território americano, um ano mais tarde, em 1973, um novo marco legal  
2 foi ajustado, o qual tornava obrigatório, para o recebimento de auxílio por parte do governo  
3 federal ou retirada de empréstimos, a aquisição do seguro para proprietários de terras em áreas  
4 de risco; isto aumentou abruptamente a adesão ao programa por parte dos municípios. O seguro  
5 é operado por companhias privadas, com a garantia do órgão federal de administração de  
6 seguros (*Federal Insurance Administration*).

7 Apresenta-se outro caso, quando o seguro contra inundação é fornecido integralmente por  
8 companhias privadas, este já está incluído no seguro do imóvel ou da propriedade. O exemplo  
9 aqui apresentado é o relatado na Inglaterra, onde os custos de seguro contra inundação para  
10 pessoas que residem em áreas de alto risco são grandes. Para tanto, entrou em funcionamento  
11 (desde abril de 2016) um novo programa, desenvolvido a partir de uma parceria do governo com  
12 as companhias de seguros, chamado *Flood Re*. A premissa da nova operação é: se uma apólice  
13 de seguro requerida por um cliente ultrapassar um determinado valor, a seguradora pode  
14 requerer um reembolso do programa (ASSOCIATION OF BRITISH INSURERS – ABI, 2016). O  
15 programa *Flood Re* pode ser entendido como um resseguro, possibilitando assim que as  
16 seguradoras se protejam contra grandes perdas. A partir da experiência da Inglaterra, cuja área  
17 territorial é de cerca de metade do Estado de São Paulo, é possível notar como o seguro para  
18 eventos climáticos em territórios não muito extensos depende de um sistema de subsídios ou  
19 resseguros.

20 Desta forma, não apenas pelas observações das experiências americana e inglesa, mas  
21 de modo geral, pode-se afirmar que sistemas de seguros contra inundações constituem uma  
22 ferramenta de escala nacional, e sua aplicabilidade à escala regional fica condicionada à  
23 sustentabilidade do sistema de seguros pela entidade seguradora.

24 Ainda, a ausência de um sistema de mapeamento de risco de inundação consolidado, em  
25 que os procedimentos de cálculo da inundação e estimativa de risco sejam confiáveis, é um  
26 entrave para a entrada das seguradoras neste segmento. Sem o mapa de risco, não há como  
27 calcular o prêmio para tal seguro. Ainda, em um aspecto prático, um seguro residencial  
28 atualmente não demanda uma visita ou inspeção ao bem segurado. Portanto, sem o  
29 mapeamento de risco já elaborado, a proposta de seguro contra inundação acarretaria a  
30 necessidade de uma inspeção, e até mesmo de um laudo hidrológico, apenas para esta  
31 componente da apólice, possivelmente inviabilizando a operação.

1 Por tais motivos, não está prevista ação desta componente no âmbito do PDM em **nenhum**  
2 **município da BHC**. No entanto, sugere-se que os mapas de risco elaborados como produto dos  
3 Planos de Contingência (abordados no item 5.1.3) sirvam como subsídio para o início das  
4 discussões com empresas seguradoras, de modo que o sistema de seguros brasileiro possa  
5 contemplar a modalidade de “seguro contra inundação” e, no futuro, oferecer tal solução à Bacia  
6 Hidrográfica do Rio Capivari.

#### 7 **5.1.6. Ações de revegetação de áreas ribeirinhas e cabeceiras**

8 O Plano Diretor para Recomposição Florestal (PDRF) elaborado para as Bacias PCJ  
9 (2018) define estratégias para a aplicação de atividades de reflorestamento nas bacias. Ele  
10 define áreas prioritárias, tendo em vista a necessidade de reflorestamento, e gera informações,  
11 metodologias e materiais didáticos que detalham, em escala local, o plano de recomposição  
12 florestal; ainda, apresenta um projeto que propõe e estrutura do monitoramento da recomposição  
13 florestal desempenhada nas bacias.

14 Para realizar o mapeamento de áreas que possuem demanda por florestas, o referido  
15 Plano discretizou áreas das bacias em quatro diferentes grupos, divididos a partir de dois  
16 critérios: declividade e grupo hidrológico de solos. Assim, para cada grupo são estabelecidos  
17 tratamentos e estratégias diferenciados na execução da recomposição florestal, conforme suas  
18 respectivas demandas.

19 Sob a análise das áreas urbanas, o Plano compôs índices que avaliam sobre quatro  
20 diferentes aspectos as áreas verdes existentes em áreas urbanas, quantificando-as. Os índices  
21 são: Proporção Arborizada por Espaço Livre Impermeável (PAI); Proporção Arborizada por  
22 Espaço Construído (PAC); Proporção Arborizada por Espaço Livre Vegetado (PAV); e Índice de  
23 Floresta Urbana (IFU).

24 Por definição do PDRF, os índices refletem nas definições abaixo mencionadas, os quais  
25 são definidos para cada município das Bacias PCJ:

- 26 • PAI: mostra a quantidade de espaço não coberto por árvores, e que contribui para  
27 o aumento do escoamento superficial da água de chuva na cidade;
- 28 • PAC: relação entre o *espaço livre arborizado* e o *espaço construído*;
- 29 • PAV: relação a *proporção de espaço livre arborizado por espaço livre herbáceo*.  
30 Caracteriza a cobertura vegetal;
- 31 • IFU: relação entre floresta urbana e área urbana.

1 A Tabela 5.5 apresenta a compilação dos resultados acerca dos índices apontados, bem  
 2 como da área verde levantada de cada município da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

3 Tabela 5.5. Índice de áreas verdes em áreas urbanas e periurbanas dos municípios pertencentes à Bacia  
 4 Hidrográfica do Rio Capivari.

| Município      | Área verde (km <sup>2</sup> ) | Índices do PDRF |      |      |      |
|----------------|-------------------------------|-----------------|------|------|------|
|                |                               | PAI             | PAC  | PAV  | IFU  |
| Jundiaí        | 20,45                         | 0,74            | 0,56 | 0,10 | 1,31 |
| Louveira       | 9,97                          | 0,91            | 0,83 | 0,46 | 1,75 |
| Vinhedo        | 9,77                          | 0,93            | 0,78 | 0,61 | 1,71 |
| Itupeva        | 4,35                          | 0,81            | 0,69 | 0,43 | 1,50 |
| Valinhos       | 5,91                          | 0,88            | 0,55 | 0,35 | 1,43 |
| Campinas       | 15,61                         | 0,65            | 0,36 | 0,24 | 1,01 |
| Indaiatuba     | 10,69                         | 0,81            | 0,71 | 0,36 | 1,52 |
| Hortolândia    | 1,45                          | 0,55            | 0,23 | 0,15 | 0,78 |
| Monte Mor      | 1,84                          | 0,79            | 0,44 | 0,17 | 1,22 |
| Elias Fausto   | 0,24                          | 0,59            | 0,53 | 0,37 | 1,12 |
| Capivari       | 3,86                          | 0,92            | 0,59 | 0,24 | 1,51 |
| Rafard         | 0,91                          | 0,74            | 0,49 | 0,26 | 1,24 |
| Mombuca        | 0,36                          | 0,84            | 0,72 | 0,31 | 1,56 |
| Rio das Pedras | 0,44                          | 0,50            | 0,34 | 0,07 | 0,84 |
| Tietê*         | -                             | -               | -    | -    | -    |

\*Não foram encontrados dados.

Fonte: adaptado de Plano Diretor para Recomposição Florestal visando à conservação da água nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (2018).

5  
 6 De maneira a complementar a análise realizada pelo PDRF (2018), o presente item  
 7 apresenta a proposição de um novo índice, o qual avalia a presença de vegetação nas áreas de  
 8 preservação permanente (APP) da BHC. O Código Florestal (Lei Federal nº 12.651, de 25 de  
 9 maio de 2012) prevê que “*as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e*  
 10 *intermitente excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular*” são APPs, e define  
 11 que deverão ter largura mínima de:

- 12 • 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 13 • 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham entre 10 (dez) a 50
- 14 (cinquenta) metros de largura.

15

1 As atividades de manejo e de recuperação das matas ciliares foram incluídas no Programa  
2 das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em virtude da importância das formações  
3 vegetais para a conservação da biodiversidade e a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas  
4 em todo o planeta (BARBOSA, 2000). Esta importância é reconhecida a partir das relações que  
5 se estabelecem entre as regiões ribeirinhas e o ambiente aquático, tais como: fornecimento de  
6 sementes, flores e frutos pelas copas das árvores ao corpo hídrico, o que favorece o  
7 desenvolvimento dos peixes, uma vez que eles usam este material como alimento;  
8 sombreamento gerado pela vegetação média e de grande porte; manutenção da temperatura da  
9 água; proteção das margens e do solo do entorno contra processos erosivos gerados pela  
10 exposição do solo, seja em consequência de práticas agrícolas, exploração agropecuária,  
11 mineração, ocupações urbanas, etc., o que culmina no aumento da quantidade de sedimentos  
12 transportados pela massa de água, o que acarretará no assoreamento do leito do rio;  
13 desbarrancamento das margens do rio; desenvolvimento de espécies de peixes que utilizam a  
14 mata ciliar da planície de inundação do rio, nos pulsos periódicos de inundação, como proteção  
15 contra predadores maiores (NUNES, 2007); podem vir a minimizar os impactos gerados pelas  
16 inundações, entre outros. Portanto, o reconhecimento das matas ciliares como parte integrante  
17 da rede de drenagem da bacia hidrográfica a qual fazem parte é um processo fundamental para  
18 a valorização e constatação da importância da preservação e recomposição destes ambientes.

19 A metragem supra apresentada (e especificada pelo Código Florestal) contempla as  
20 diferentes larguras do Rio Capivari ao longo de seu desenvolvimento. De montante da bacia  
21 hidrográfica do rio (município de Jundiá) até o município de Capivari, em média, a largura do Rio  
22 Capivari é menor do que 10 metros. Já a jusante do município de Capivari, até a foz do Rio  
23 Capivari (quando este encontra o Rio Tietê), a largura aumenta progressivamente, chegando a  
24 cerca de 20 metros.

25 Aplicando os critérios apresentados para a definição da APP, estabelecidos pelo Código  
26 Florestal Brasileiro, tem-se a quantidade de metros quadrados de solo que devem ser ocupados  
27 conforme as demandas de preservação; isto é, por vegetação nativa do local. Dispondo da área  
28 efetiva ocupada por vegetação na área de APP da bacia, pode-se estabelecer o índice de mata  
29 ciliar da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

30 Para tanto, foram calculadas ambas as informações – APP e área vegetada da APP – para  
31 cada município pertencente à BHC. A partir das informações mencionadas, estimou-se o Índice  
32 de Mata Ciliar (IMC) em APP para a bacia, fazendo uso da Equação 5.1.

$$IMC_{APP} = \frac{AV_{APP}}{AT_{APP}} \quad \text{Equação 5.1}$$

1 Em que:  $IMC_{APP}$  é o índice de mata ciliar em área de preservação permanente;  $AV_{APP}$  é a  
 2 área vegetada na área de preservação permanente; e  $AT_{APP}$  é a área total de preservação  
 3 permanente.

4 O índice varia de 0 a 1, sendo que 0 é a ausência de mata ciliar em APP, e 1 simboliza que  
 5 a APP está plenamente vegetada, como assim especifica e orienta o Código Florestal. A Tabela  
 6 5.6 apresenta as quantificações das áreas avaliadas em APP, discretizadas por município, bem  
 7 como o Índice de Mata Ciliar em APP para cada um destes.

8 Tabela 5.6. Quantificação de Área de Preservação Permanente (APP), área vegetada em APP e Índice  
 9 de Mata Ciliar em APP, de cada município da BHC.

| Município    | Área total de APP (km <sup>2</sup> ) | Área vegetada da APP (km <sup>2</sup> ) | Índice de Mata Ciliar (IMC) em APP (km <sup>2</sup> ) |
|--------------|--------------------------------------|---|---|
| Jundiaí      | 1,21                                 | 0,99                                    | 0,82  |
| Louveira     | 0,57                                 | 0,43                                    | 0,75  |
| Vinhedo      | 0,88                                 | 0,82                                    | 0,93  |
| Itupeva      | 0,06                                 | 0,06                                    | 0,91  |
| Valinhos     | 0,33                                 | 0,31                                    | 0,93  |
| Campinas     | 2,23                                 | 2,05                                    | 0,92  |
| Monte Mor    | 3,00                                 | 2,93                                    | 0,98  |
| Elias Fausto | 0,95                                 | 0,94                                    | 1,00  |
| Capivari     | 4,39                                 | 4,23                                    | 0,96  |
| Rafard       | 2,16                                 | 2,12                                    | 0,98  |
| Mombuca      | 0,81                                 | 0,81                                    | 1,00  |
| Tietê        | 2,48                                 | 2,25                                    | 0,91  |

10  
 11 Para o reestabelecimento da vegetação em APP, a Instrução Normativa MMA 5/09  
 12 (CETESB, 2023) prevê: “A recuperação de APP e RL poderá ser feita pelos seguintes métodos:

- 13
- *I – condução da regeneração natural de espécies nativas;*
  - 14 • *II – plantio de espécies nativas (mudas, sementes, estacas); e*
  - 15 • *III – plantio de espécies nativas conjugado, com a condução da regeneração*  
 16 *natural, de espécies nativas”.*
- 17

1 Ainda, esclarece que “no caso de plantio de espécies nativas, mesmo quando conjugado  
2 com a regeneração natural, o número de espécies e de indivíduos por hectare, plantados ou  
3 germinados, deverão buscar compatibilidade com a fitofisionomia local, e sua distribuição no  
4 espaço deverá considerar os grupos funcionais, visando acelerar a cobertura vegetal da área  
5 recuperada”.

## 6 **5.2. Estruturação do setor de drenagem urbana nos municípios (ações locais)**

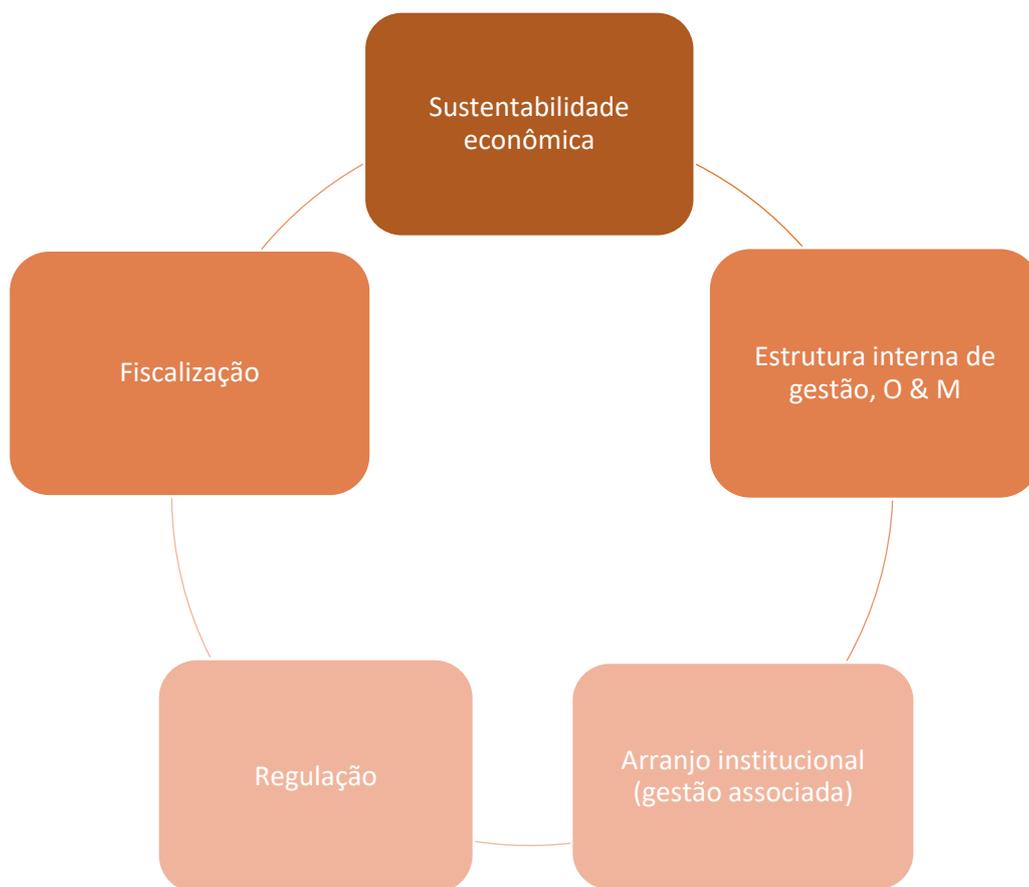
7 Este item apresenta os aspectos envolvidos na organização e sustentabilidade do setor de  
8 drenagem urbana, e as peças técnicas que devem ser desenvolvidas nos municípios para a  
9 adequada prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais. Dada a  
10 precariedade da governança do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais, cujo  
11 responsável é o município, a simples relação de documentos técnicos a serem elaborados é  
12 insuficiente para a devida organização do setor. Assim, no item seguinte (5.2.1) são  
13 apresentados aspectos de estruturação, arranjo institucional, regulação, fiscalização e  
14 sustentabilidade econômica na drenagem urbana, que devem ser tratados previamente a  
15 proposição de ferramentas, por sua vez apresentado no item 5.2.2.

### 16 **5.2.1. Organização do setor**

17 A organização do setor de drenagem urbana nos municípios é insipiente, e um processo  
18 que deve ser iniciado em **todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari**. Cada  
19 um dentro de suas possibilidades e prioridades (frequência e gravidade de alagamentos), deve  
20 iniciar a discussão sobre a estruturação do serviço público de drenagem e manejo de águas  
21 pluviais, entendendo que é um processo longo, mas que necessita ser iniciado.

22 Seguramente, cada município andarà em uma velocidade distinta no desenvolvimento do  
23 sistema, e terá um nível específico de organização almejado. De qualquer forma, por menor que  
24 sejam as exigências legais de prestação do serviço de drenagem urbana, a própria realidade das  
25 condições climáticas e do desenvolvimento urbano impõe o desafio de dotar as cidades de  
26 sistemas eficientes e bem geridos.

27 A Figura 5.2 apresenta cinco componentes a serem abordadas para a organização do setor  
28 de saneamento nos municípios.



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16

Figura 5.2. Componentes da estruturação do setor de drenagem urbana em municípios (adaptado de Larentis, 2022).

#### 5.2.1.1. *Estrutura interna de gestão*

De forma geral, a estrutura de saneamento básico nos municípios é descentralizada. Os serviços de água e esgoto são normalmente prestados por autarquias, empresas mistas ou privadas, e o manejo de resíduos sólidos domiciliares contratado pela administração direta junto a empresas privadas.

No caso de drenagem urbana, além de descentralizada a estrutura é precária. Não há um prestador único e as atribuições entre secretarias por vezes não estão bem definidas. Não é obrigatório que haja um departamento específico responsável pela prestação do serviço de drenagem, mas uma coordenação central é indispensável.

Para a organização interna da prestação do serviço de drenagem urbana nos municípios, é importante que se tenha a definição clara de quais são as componentes do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais:

- 1           • Conhecimento do sistema de drenagem;
- 2           • Definição dos serviços de Operação e Manutenção (O&M);
- 3           • Designação de infraestrutura e pessoal;
- 4           • Definição da matriz de responsabilidades;
- 5           • Estimativa de custos anuais e fontes de financiamento.

6           O conhecimento do sistema de drenagem pluvial, que é o principal “ativo” do sistema, é a  
7           mais óbvia necessidade para se prestar um serviço adequado. No entanto, esta é uma das  
8           principais dificuldades em todos os municípios. O passo inicial no planejamento das atividades e  
9           no projeto de melhorias é o cadastro da rede e a simulação hidráulica do sistema, objeto  
10          específico do item 5.2.2.1.

11          Os serviços de O&M configuram o cerne da prestação do serviço público de drenagem e  
12          manejo de águas pluviais, e se diferenciam por serem de natureza administrativo ou técnica:

- 13          • Serviços administrativos:
  - 14               ○ Gestão de ativos (patrimônio);
  - 15               ○ Gestão de pessoal;
  - 16               ○ Suprimento;
  - 17               ○ Sistema de Atendimento ao Cidadão (SAC);
  - 18               ○ Ouvidoria.
- 19          • Serviços técnicos:
  - 20               ○ Inspeções periódicas e ocasionais;
  - 21               ○ Manutenção preventiva e corretiva;
  - 22               ○ Medidas de controle ambiental;
  - 23               ○ Implementação de melhorias.

24          Os serviços administrativos em geral serão incorporados, com as devidas adaptações, a  
25          estrutura administrativa existente no município. Os serviços técnicos dependem da realidade de  
26          cada município e nível em que se encontra a O&M de drenagem. A definição clara dos serviços  
27          e tarefas em que eles se desdobram é essencial para a organização do setor de drenagem, que  
28          devem ser objeto de um Plano de O&M (item 5.2.2.2).

1 Definidas as tarefas, é necessário que cada uma delas esteja endereçada a algum  
2 departamento da prefeitura. A definição da matriz de responsabilidades, de modo que se permita  
3 fiscalizar o serviço, também pode ser objeto de um Plano de O&M.

4 Por fim, a estimativa de custos de operação e manutenção do sistema e a identificação e  
5 dimensionamento das fontes de financiamento encerram as atividades necessárias para a  
6 organização do setor de drenagem urbana. Ressalta-se, nesse ponto, que o serviço público de  
7 drenagem e manejo de águas pluviais é a única componente do saneamento básico que não  
8 possui um mecanismo de compensação financeira bem definido. O cenário varia de município a  
9 município; mas, de modo geral, os recursos destinados à drenagem urbana são gerados pela  
10 receita com outros serviços (como esgoto), com taxas arrecadadas por fundos municipais ou da  
11 arrecadação de impostos municipais.

#### 12 5.2.1.2. Arranjo institucional

13 A drenagem urbana é um serviço prestado primeiramente pelo município, de forma isolada.  
14 No entanto, a associação de municípios é algo previsto no marco do saneamento básico. O artigo  
15 8º da LF nº 11.445/2007 estipula que “*Exercem a titularidade dos serviços públicos de*  
16 *saneamento básico:*

17 *I – os Municípios e o Distrito Federal, no caso de interesse local;*

18 *II – o Estado, em conjunto com os Municípios que compartilham efetivamente instalações*  
19 *operacionais integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões,*  
20 *instituídas por lei complementar estadual, no caso de interesse comum;*

21 § 1º *O exercício da titularidade dos serviços de saneamento poderá ser realizado também*  
22 *por **gestão associada**, mediante consórcio público ou convênio de cooperação, nos termos do*  
23 *Art. 241 da Constituição Federal, observadas as seguintes disposições:*

24 *I – fica admitida a formalização de consórcios intermunicipais de saneamento básico,*  
25 *exclusivamente composto de Municípios, que poderão prestar o serviço aos seus consorciados*  
26 *diretamente, pela instituição de autarquia intermunicipal;*

27 *II – os consórcios intermunicipais de saneamento básico terão como objetivo,*  
28 *exclusivamente, o financiamento das iniciativas de implantação de medidas estruturais de*  
29 *abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos*  
30 *sólidos, **drenagem e manejo de águas pluviais**, vedada a formalização de contrato de*  
31 *programa com sociedade de economia mista ou empresa pública, ou a subdelegação do serviço*  
32 *prestado pela autarquia intermunicipal sem prévio procedimento licitatório.”*

1 Observa-se que estão lançadas as bases legais para a gestão associada do sistema de  
2 drenagem urbana, restando sua configuração dependente das situações específicas de  
3 conurbação, interesses econômicos e afinidades políticas. Observa-se na BHC uma  
4 possibilidade de associação para gestão na drenagem nos municípios da calha do Rio Capivari  
5 a montante de Campinas (inclusive). Os motivos são:

- 6 • A conurbação existente nesses municípios, que pode gerar interesse econômico na  
7 aquisição de equipamentos e materiais, e na contratação de mão-de-obra para  
8 manutenção de redes de forma compartilhada;
- 9 • A eventual necessidade de implantação e operação de obras de controle de  
10 inundações urbanas, como melhorias em canais e córregos urbanos, e a  
11 construção de reservatórios de retenção hidráulica, que pode demandar uma  
12 coordenação entre os municípios – tanto para o financiamento da construção  
13 quanto para sua O&M.

14 Também dependerá de um arranjo institucional as atividades de regulação e fiscalização  
15 dos serviços de drenagem urbana, conforme discutido no item a seguir.

#### 16 5.2.1.3. *Regulação e fiscalização*

17 A regulação e fiscalização dos serviços públicos de forma geral, incluindo os de  
18 saneamento básico, estão previstos na CF88. A regulação de serviços públicos concedidos no  
19 Brasil conta com as agências reguladoras, no âmbito da União, que definem critérios gerais  
20 mínimos a serem observados pelas prestadoras, e com agências regionais e locais, que definem  
21 regras específicas nos Estados, em conjunto de municípios associados ou em municípios  
22 isolados.

23 Em âmbito federal, não havia uma agência reguladora dos serviços concedidos de  
24 saneamento básico até recentemente, quando importantes modificações foram introduzidas na  
25 revisão do marco legal sobre o tema, em 2020. O marco legal do Saneamento Básico (LF nº.  
26 11.445/2007), atualizado pela LF nº. 14.026/2020, determinou em seu artigo nº. 25-A que “A ANA  
27 instituirá normas de referência para a regulação da prestação dos serviços públicos de  
28 saneamento básico por seus titulares e suas entidades reguladoras e fiscalizadoras, observada  
29 a legislação federal pertinente”. Desta forma, a Agência Nacional de Águas passou a elaborar  
30 regras para a regulação do setor de saneamento básico. A primeira regulação elaborada pela  
31 Agência foi para a componente de resíduos sólidos. Até então, não há regulação definida para a

1 componente de drenagem urbana. Ressalta-se que a ANA não tem atribuição de fiscalização, o  
2 que deve ser realizado no nível infra federal.

3 Em nível estadual, há a Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo  
4 (ARSESP). No caso do saneamento básico, segundo a página eletrônica da Agência<sup>5</sup>, “A  
5 *ARSESP regula, controla e fiscaliza os serviços públicos de abastecimento de água, esgoto e*  
6 *resíduos sólidos nos municípios paulistas que, por meio de convênios de cooperação, delegaram*  
7 *ao Estado de São Paulo o exercício de tais atribuições, de acordo com o Art. 241 da Constituição*  
8 *Federal.*”. Não há atuação da referida Agência na componente de drenagem urbana.

9 Em nível regional, compreendendo a BHC, existe a Agência Reguladora dos Serviços de  
10 Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (ARES-PCJ). A ARES-PCJ é  
11 uma agência que possui atribuição para a gestão de saneamento básico, assim incluída a  
12 drenagem urbana, bem como para as atividades de regulação e fiscalização. Para tal, é  
13 necessário que os municípios associados (por consórcio público ou convênio) deleguem tais  
14 atribuições à Agência.

15 O artigo 8º da LF nº. 11.445/2007, em seu parágrafo 5º, define que “*O titular dos serviços*  
16 *públicos de saneamento básico deverá definir a entidade responsável pela regulação e*  
17 *fiscalização desses serviços, independentemente da modalidade de sua prestação.*”. Assim, uma  
18 vez estruturados os serviços de drenagem urbana no município, deverão ser delegadas a  
19 regulação e a fiscalização à alguma instituição externa à administração direta da prefeitura  
20 municipal.

21 Atualmente, dos 15 municípios da BHC, 11 são associados à ARSESP<sup>6</sup>: Campinas,  
22 Capivari, Hortolândia, Indaiatuba, Jundiaí, Louveira, Rafard, Rio das Pedras, Tietê, Valinhos e  
23 Vinhedo. Apenas Elias Fausto, Itupeva, Mombuca e Monte Mor não possuem convênio ou  
24 participam do consórcio público da Agência. No entanto, apesar de possuir atribuição, a ARES-  
25 PCJ não tem desempenhado ações na componente de drenagem urbana. Os convênios de  
26 cooperação vigentes são para regulação e fiscalização das demais componentes do saneamento  
27 básico: resíduos sólidos e, principalmente, água e esgoto.

---

<sup>5</sup> <http://www.arsesp.sp.gov.br/Paginas/saneamento/saneamento-basico.aspx>

<sup>6</sup> <https://www.arespcj.com.br/municipios>

1                                    5.2.1.4.                    *Sustentabilidade econômica*

2                    A sustentabilidade econômica do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais  
3 talvez seja o maior desafio para a estruturação do setor nos municípios. O marco do saneamento  
4 básico (LF nº. 11.445/2007) define como um de seus princípios fundamentais a sustentabilidade  
5 econômica na prestação dos serviços. No entanto, a realidade da drenagem urbana no Brasil,  
6 de forma geral, é de serviços subsidiados por outros serviços ou pelo caixa único do tesouro  
7 municipal, sem arrecadação e gerenciamento específico dos recursos. Na Bacia Hidrográfica do  
8 Rio Capivari não é diferente, e **nenhum dos 15 municípios têm implementada a cobrança de**  
9 **uma taxa de drenagem** ou um fundo específico para gerenciamento de recursos para esta  
10 finalidade. A falta de recursos específicos para O&M dos serviços de drenagem urbana, entre  
11 outros aspectos, implica em estrutura e serviços precários.

12                    Sem recursos, não há interesse de prestadores privados, ou mesmo públicos, com  
13 interesse em assumir os serviços dentro da estrutura de gestão municipal. A drenagem urbana  
14 passa a ser um apêndice de uma ou mais secretarias. Da mesma forma, em um processo de  
15 concessão, não há interessados em assumir esta componente do saneamento básico, que é  
16 deixada de lado ou passa a ser um ônus a ser assumido junto com outros serviços que geram  
17 receita. Se não há prestadores, a regulação é precária e não há fiscalização, reforçando a  
18 precariedade do serviço prestado à população.

19                    O passo inicial para a sustentabilidade econômica dos serviços de drenagem urbana nos  
20 municípios seria a realização de estudo de cobrança de uma taxa de drenagem, conforme  
21 discutido no item 5.2.2.5.

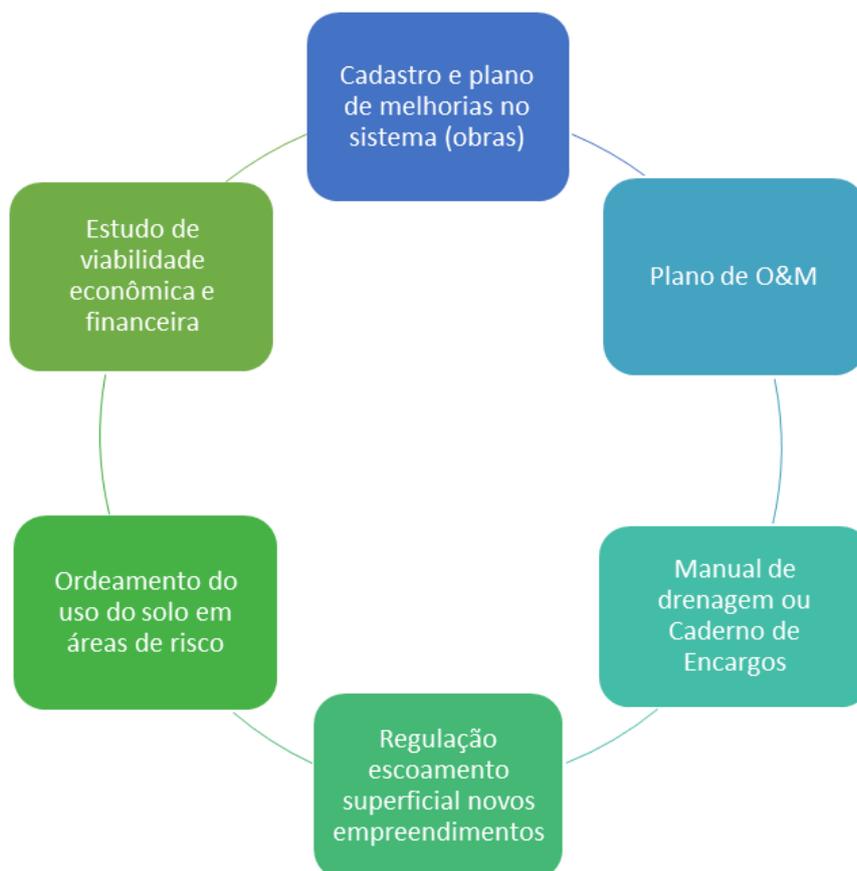
22                    **5.2.2.    *Elaboração das peças técnicas necessárias***

23                    Este item apresenta o conjunto de peças técnicas que regem os serviços de drenagem  
24 urbana nos municípios. O desenvolvimento de todas – ou de uma parte delas – depende da  
25 realidade de cada município, dos problemas de drenagem existentes, do porte, da estrutura já  
26 existente e das possibilidades de associação com municípios vizinhos.

27                    O documento principal de planejamento da drenagem urbana no município é o Plano  
28 Municipais de Drenagem (PMDs). O nome pode variar incluindo termos como drenagem urbana,  
29 e drenagem pluvial ou manejo de águas, mas o conteúdo principal contempla o cadastro do  
30 sistema de drenagem, a simulação hidráulica do sistema, a identificação dos problemas e a  
31 proposição de melhorias na forma de anteprojetos de engenharia.

1 Dos quinze municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, possuem PMD apenas:  
2 Hortolândia, Itupeva, Jundiaí, Mombuca, Monte Mor, Tietê e Vinhedo. Outros municípios  
3 possuem Planos Municipais de Saneamento (PMS), mas é importante ressaltar a diferença entre  
4 este documento e o PMD. O PMS traz uma visão geral sobre as componentes de saneamento  
5 básico no município, cuja abrangência é o limite municipal. No PMD, a unidade de análise é a  
6 bacia hidrográfica dos córregos urbanos, podendo ultrapassar os limites do município ou haver  
7 mais de uma bacia de interesse, ou seja, na área urbana do município.

8 O PMD, no entanto, pode ser entendido com um documento mais amplo, incorporando  
9 outros documentos que completam o arcabouço técnico necessário para o serviço de drenagem  
10 urbana no município, conforme apresenta a Figura 5.3. Os itens a seguir (5.2.2.1 a 5.2.2.5)  
11 detalham cada documento de escopo do PMD.



12  
13 Figura 5.3. Peças técnicas do PMD para a prestação do serviço de drenagem urbana (adaptado de  
14 Larentis, 2022).  
15

1                    5.2.2.1.                    *Cadastro da rede e plano de melhorias*

2                    O plano de melhorias no sistema de drenagem é o cerne do PMD. Compreende a  
3                    simulação hidráulica dos sistemas de drenagem urbana para diagnóstico dos problemas e a  
4                    proposição de obras de melhoria. No entanto, para o trabalho de simulação hidráulica é  
5                    necessário o conhecimento da rede a ser modelada. Assim, o primeiro passo do estudo é o  
6                    cadastro da rede de drenagem municipal.

7                    Idealmente, todo município deveria ter um cadastro completo de sua rede de macro e  
8                    microdrenagem executado e mantido atualizado. No entanto, normalmente os municípios não  
9                    possuem tal cadastro nem mesmo para a rede de macrodrenagem, quando canalizada em  
10                    galerias. Considerando os custos envolvidos, o cadastro da rede de drenagem pode ser  
11                    executado por bacia hidrográfica, iniciando pelos córregos que possuem mais problemas de  
12                    extravasamento ou alagamentos no entorno.

13                    Assim, deve-se inicialmente cadastrar, em áreas urbanizadas, a rede de macrodrenagem,  
14                    composta por córregos urbanos, canais, valas e galerias celulares ou tubulares de grande  
15                    diâmetro (superior a 1 m). Em locais em que há problemas já identificados de alagamento  
16                    (deficiência da microdrenagem) ou em áreas em que a intensa urbanização não permite  
17                    identificar o divisor de águas da bacia urbana, deve ser cadastrada a rede de microdrenagem,  
18                    composta por tubulações de diâmetros que variam de cerca de 40 a 120 cm de diâmetro.

19                    O cadastro da rede é realizado em campo por equipe de topografia, e deve conter a planta  
20                    da rede, uma planilha com as características de cada trecho, como coordenadas geográficas,  
21                    dimensão, extensão, cota de início e fim, declividade, material e condição de manutenção, além  
22                    memorial descritivo e registro fotográfico do levantamento. É importante que o município, mesmo  
23                    antes de elaborar o cadastro da rede, destine uma estrutura na prefeitura para o planejamento e  
24                    fiscalização do serviço de levantamento topográfico e manutenção do cadastro, atualizando-o a  
25                    cada serviço ou expansão da rede.

26                    A análise do funcionamento hidráulico do sistema se dá através da simulação  
27                    computacional com modelos hidrodinâmicos. A base da simulação é o cadastro realizado na  
28                    etapa anterior e os estudos hidrológicos, que fornecem as vazões de projeto em cada nó da rede.  
29                    Os modelos hidráulicos fornecem as informações de nível d'água, velocidade do fluxo e limite de  
30                    inundação, permitindo o conhecimento de quais trechos da rede de drenagem apresentam  
31                    deficiência e ocasionam alagamentos ou inundações. A identificação dos problemas da rede de  
32                    drenagem conclui a fase de diagnóstico.

1 Com base no diagnóstico, as intervenções para melhoria do sistema de drenagem  
2 municipal são propostas na forma de um plano. O plano deve relacionar as intervenções,  
3 provendo um projeto conceitual ou anteprojeto de engenharia que permita a estimativa de custos  
4 de implantação e um cronograma de implementação.

#### 5 5.2.2.2. Planos de operação e manutenção

6 O Plano de Operação e Manutenção (O&M) do sistema de drenagem pluvial é um  
7 documento de normatização de procedimentos, contemplando principalmente os aspectos  
8 técnicos de inspeções, manutenções e operação de equipamentos elétricos e hidromecânicos.

#### 9 **Manutenções**

10 O objetivo das manutenções é de atrasar, prevenir ou corrigir a deterioração das estruturas  
11 e buscar manter as instalações o mais próximo do estabelecido em projeto. O serviço de  
12 manutenção é o mais intensivo de recursos na operação do sistema, e suas ações podem ser  
13 classificadas em duas formas:

- 14 • Preventiva;
- 15 • Corretiva.

16 Manutenção preventiva pode ser entendida conforme disposto na NBR 5.462, que em seu  
17 item 2.8.7 a define como a “*Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo*  
18 *com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do*  
19 *funcionamento de um item*”. Ou seja, de forma geral, são todas as atividades relacionadas a  
20 prevenir falhas operacionais. Especificamente em drenagem urbana, manutenções preventivas  
21 têm o objetivo de evitar: 1) uma falha no sistema de drenagem caso ocorra a chuva de projeto;  
22 ou 2) uma situação de risco a pedestres e veículos. Quando os dispositivos não são submetidos  
23 a manutenção regular, aumenta a probabilidade da ocorrência das situações mencionadas,  
24 sendo necessário intervenção pós colapso (corretiva), que na maioria dos casos se torna mais  
25 dispendiosa e onerosa.

26 Dentre as atividades de manutenção se encontram as tarefas de limpeza, o que possui a  
27 característica de remover uma grande quantidade de resíduos, os quais devem ser conduzidos  
28 a uma estação de triagem para seleção e melhor direcionamento para uma destinação final  
29 correta. Pode ainda haver necessidade de supressão de vegetação, seja dentro ou nas margens  
30 do canal. Tais tarefas tem grande interface com os serviços de capina e limpeza urbana das  
31 cidades, e o Plano de O&M deve descrever os limites definidos entre as equipes, com a atribuição  
32 de cada serviço (drenagem, capina e limpeza) com relação a manutenção da drenagem urbana.

1 Manutenção corretiva, segundo a NBR 5.462, em seu item 2.8.8, é definida como  
2 “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em  
3 condições de executar uma função requerida”. No contexto da drenagem, tem o objetivo de  
4 reparar uma estrutura que notadamente não atenderia a demanda da chuva de projeto, ou já  
5 oferece risco a pedestres e veículos. Este tipo de manutenção é considerado como pior cenário,  
6 uma vez que ocorre sempre que um dispositivo já apresenta dificuldades em cumprir sua função  
7 ou apresenta risco à população. A manutenção preventiva sempre será considerada  
8 economicamente mais viável, trazendo menos inconvenientes e risco aos usuários do sistema  
9 de drenagem e do sistema viário.

10 O planejamento das ações de manutenção é precedido da realização de inspeções  
11 periódicas e sistemáticas de modo a tornar possível hierarquizar o nível de prioridade das  
12 demandas.

### 13 **Inspeções**

14 Quando as redes de drenagem apresentam obstrução no processo de condução da água  
15 ou são subdimensionadas em projeto, podem provocar a ocorrência de inundações,  
16 alagamentos, deslizamentos de terra e até danos mais amplos. Tais acontecimentos são  
17 extremamente danosos, especialmente para instalações cujos efeitos do acúmulo de chuva  
18 podem ocasionar mortes, desabamentos de terra e perdas materiais, podendo ainda gerar  
19 transporte de poluentes e a propagação de doenças. Uma forma de prevenir tais problemas são  
20 as rotinas de inspeções, que visam acompanhar a operação do sistema de drenagem ao longo  
21 de sua vida útil, registrando deficiências e planejando manutenções. As inspeções da rede de  
22 drenagem podem ser de dois tipos:

- 23 • Periódicas;
- 24 • Ocasionais.

25 As inspeções periódicas são programadas com antecedência e, como o nome sugere,  
26 possuem um intervalo de tempo definido para ocorrer, dependendo do tipo de dispositivo e objeto  
27 da análise. O Plano de O&M deve definir a periodicidade e os procedimentos de vistoria de cada  
28 dispositivo em cada região da cidade.

29 As inspeções ocasionais são características de sistemas de drenagem e devem ocorrer  
30 após eventos importantes de chuva. Em eventos de grande magnitude, é esperado que ocorram  
31 problemas de pequena monta na rede de drenagem, como obstrução por detritos, e mesmo

1 alguma avaria de maior porte, como colapso de pavimento devido à erosão regressiva em uma  
2 tubulação mal vedada, ou o deslizamento do talude de canais e reservatórios de detenção.

3 As inspeções podem ser ainda visuais ou mecanizadas. A inspeção visual da rede de  
4 drenagem possui o objetivo de identificar anomalias de origem estrutural, operacional e  
5 geotécnica, fornecendo indicadores importantes para um diagnóstico do sistema. A inspeção  
6 mecanizada possui o objetivo de avaliar situações físicas ou hidráulicas, em áreas de difícil  
7 acesso, na qual a inspeção visual torna-se inviável.

### 8 **Operação**

9 Quando o sistema de drenagem é composto por equipamentos elétricos e hidromecânicos,  
10 os procedimentos de operação de tais equipamentos também devem estar contemplados no  
11 Plano de O&M.

12 A operação de casas de bombas e comportas são as mais comuns em sistemas de  
13 drenagem urbana. No entanto, as casas de bomba são normalmente automatizadas, não  
14 necessitando de uma operação cotidiana, mas apenas de supervisão (além das atividades de  
15 inspeção e manutenção descritas anteriormente).

16 No deságue de redes de microdrenagem em cursos d'água de grande porte, sujeitos a  
17 variações expressivas de nível d'água, válvulas de retenção (*flap valves*) podem ser  
18 empregadas, dispensando operação. Casos mais complexos, em que sistemas de proteção  
19 contra cheia envolvam comportas operadas manualmente, a regra de operação deve estar  
20 descrita e os procedimentos definidos.

#### 21 5.2.2.3. *Regulação de novos empreendimentos*

22 A condição de impermeabilização do solo das cidades no cenário atual é um problema a  
23 ser tratado com medidas interventivas de melhoria do sistema de drenagem urbana. No entanto,  
24 é possível evitar que o problema se agrave no futuro por meio da regulação de novos  
25 empreendimentos.

26 Os principais impactos de novas urbanizações são:

- 27 • As áreas impermeáveis reduzem a infiltração e a recarga natural dos aquíferos.  
28 Nestas condições, o nível do lençol freático diminui e os rios urbanos reduzem seu  
29 escoamento em períodos de estiagem;
- 30 • As superfícies urbanas acumulam poluentes que se depositam em tempo seco ou  
31 são carregados da atmosfera durante as chuvas. Esta contaminação é transportada

1 para os rios pelo escoamento superficial, principalmente no início de um evento de  
2 chuva, contaminando os córregos e lagos urbanos;

3 • Devido ao aumento de velocidade do escoamento e superfícies desprotegidas,  
4 pode ocorrer um forte aumento da concentração de sedimentos nos rios urbanos e  
5 a erosão de margens;

6 • Devido ao aumento do escoamento superficial e da aceleração do escoamento, a  
7 capacidade da macrodrenagem passa a ser insuficiente, e tendem a ocorrer  
8 inundações com maior frequência.

9 Este conjunto de impactos pode ser controlado por medidas preventivas, por meio de  
10 mecanismos legais que induzam os proprietários de novos empreendimentos a desenvolverem  
11 medidas sustentáveis e não transferirem para jusante os impactos gerados pelos  
12 empreendimentos. O princípio é de que novos empreendimentos que impactem no uso do solo,  
13 como loteamentos e pátios industriais, não devam aumentar a geração de escoamento  
14 superficial com relação ao cenário atual. Na prática, o procedimento é realizado através da  
15 inclusão, no projeto de drenagem pluvial do empreendimento, de dispositivos de retenção e/ou  
16 infiltração da água da chuva excedente, oriundo da impermeabilização causada pelo próprio  
17 empreendimento.

18 A implementação de tal regulação parte de um estudo hidrológico dos parâmetros de  
19 regulação: tempo de retorno da chuva de projeto, coeficiente atual de escoamento superficial,  
20 vazão máxima permissível defluente, volume necessário para controle da vazão máxima e  
21 medidas adicionais de controle do escoamento superficial na fonte, aumentando a infiltração.  
22 Definidos os critérios técnicos para a cidade, a regulação pode ser implantada por meio da Lei  
23 Estadual nº. 12.526, de janeiro de 2017<sup>7</sup> (Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo) e/ou  
24 da Lei Complementar nº. 606, de 25 de junho de 2021<sup>8</sup> (Prefeitura do Município de Jundiaí – SP),  
25 artigo 31 e artigo 32.

26 Recomenda-se a elaboração da regulação do escoamento superficial de novos  
27 empreendimentos para **todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari**. Para tal,  
28 os municípios devem executar ou contratar um serviço de consultoria contendo:

---

<sup>7</sup> <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>

<sup>8</sup> [https://sapl.jundiai.sp.leg.br/sapl\\_documentos/norma\\_juridica/18723\\_texto\\_integral.pdf](https://sapl.jundiai.sp.leg.br/sapl_documentos/norma_juridica/18723_texto_integral.pdf)

- 1           • Estudo hidrológico para a definição dos parâmetros destacados, que permitirão  
2           definir a métrica de dimensionamento dos dispositivos de retenção hidráulica, em  
3           função da área impermeabilizada;
- 4           • Minuta da norma a ser implementada, na forma de lei ou decreto municipal;
- 5           • Capacitação dos técnicos municipais envolvidos na aprovação de projetos.

6           5.2.2.4.           *Caderno de encargos*

7           O Manual de Drenagem, também conhecido como Caderno de Encargos, é o documento  
8           técnico que orienta qualquer projeto de drenagem urbana no município, seja privado ou público.  
9           Os cadernos de encargos podem incluir os procedimentos e critérios de:

- 10           • Estudo hidrológico: equações de chuva a serem utilizadas, cálculo de escoamento  
11           superficial, vazões e hidrogramas de projeto;
- 12           • Dimensionamento hidráulico: tempos de retorno, funcionamento hidráulico, folgas  
13           e dimensões mínimas de bueiros, galerias, canais, sarjetas, bocas-de-lobo, caixas  
14           de inspeção e de ligação;
- 15           • Projeto de engenharia: álbum de desenhos com os projetos-tipo de estruturas de  
16           drenagem urbana.

17           Normalmente os cadernos de encargo de drenagem são elaborados em municípios de  
18           grande porte, cuja padronização de procedimentos de projeto é importante (PMC, 2002; PMPA,  
19           2005; PMJ, 2011; PMSP, 2012; PMBH, 2022). Na BHC, apenas Indaiatuba<sup>9</sup> possui algum tipo  
20           de documento orientativo de projetos e obras de drenagem urbana.

21           Não há necessidade de elaboração de material completo e inédito em todos os municípios  
22           da BHC. No entanto, sugere-se que todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari  
23           que não disponham de um manual consolidado elaborem um documento básico, contemplando  
24           aspectos de dimensionamento e projeto de microdrenagem, que são mais usuais, como sarjetas,  
25           bocas-de-lobo, caixas de inspeção e passagem, galerias e bueiros tubulares. Os critérios de  
26           dimensionamento podem ser referenciados de manuais existentes, como os supracitados. No  
27           entanto, a equação de chuvas intensas deve ser apropriada ao local. Recomenda-se que o  
28           município defina uma curva específica e o tempo de retorno de cada dispositivo para fins de  
29           padronização de projetos. É importante que sejam especificados os materiais e métodos

---

<sup>9</sup> Circular nº 01 de 21 de maio de 2019.

1 construtivos para fins de padronização da infraestrutura urbana do município. Por exemplo, para  
2 que as grelhas, meios-fios e tampas de caixas sejam adotados do mesmo tipo em todos os  
3 empreendimentos. Para obras especiais de macrodrenagem, como galerias celulares, canais e  
4 pontes, podem ser indicados manuais específicos para fins de procedimentos de cálculo e  
5 projeto.

6 Na conurbação da Região Metropolitana de Campinas (RMC) na BHC, que compreende  
7 os municípios de **Campinas e Vinhedo**, recomenda-se a elaboração de caderno de encargos  
8 de drenagem urbana completo, compreendendo todas as obras de micro e macrodrenagem em  
9 área urbana. Cabe aos municípios da RMC avaliarem a oportunidade de inclusão de outros  
10 municípios, além da BHC, na elaboração do caderno de encargos. De qualquer forma, faz-se a  
11 ressalva de que há muito material desenvolvido nesse sentido, que pode ser adaptado e  
12 aproveitado. É importante que, além do dimensionamento, os padrões construtivos sejam  
13 definidos, conferindo harmonia visual na infraestrutura urbana, além de otimizar a aquisição de  
14 material para reposição e facilitar os serviços de manutenção.

#### 15 5.2.2.5. *Estudo de viabilidade econômica e financeira*

16 A sustentabilidade do serviço de drenagem urbana em cada município (ou conjunto de  
17 municípios, no caso da gestão associada) depende de um estudo para definição da recuperação  
18 de custos para financiamento do sistema. Como a cobrança pelo serviço depende da área de  
19 abrangência e do potencial de arrecadação, para a elaboração do estudo de viabilidade é  
20 necessário a definição dos arranjos institucionais para regionalização do serviço, o que é de  
21 especial importância para a RMC. Uma vez que não há arranjos previstos nesse sentido, pelo  
22 porte e relevância econômica do município, recomenda-se que **Campinas** (e aqueles municípios  
23 que estejam iniciando discussão sobre concessão de serviços de saneamento) elabore tal  
24 estudo. Tal ação credenciaria o(s) município(s) para a discussão de concessão do serviço de  
25 drenagem e manejo de águas pluviais.

26 O estudo de viabilidade econômica e financeira para o serviço de drenagem urbana deve  
27 contemplar:

- 28 • Estimativa de custos dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais  
29 no município;
- 30 • Forma de cobrança e estimativa de arrecadação;
- 31 • Plano para implementação da cobrança.

## **Estimativa dos custos dos serviços de drenagem urbana**

Inicialmente, o estudo deve definir exatamente quais são os serviços, o nível de exigência e a área de abrangência da prestação. Conforme descrito no item 5.2.1.1, os serviços podem ser divididos em administrativos (administração e fiscalização) e técnicos (operação e manutenção).

As dificuldades em se obter uma estimativa adequada, por meio de uma metodologia de composição de custos unitários de prestação do serviço, são:

- Falta de informações sobre o próprio sistema existente de drenagem, dificultando a quantificação de serviços de inspeção e manutenção;
- Caráter difuso da prestação normalmente oferecida nos municípios, não permitindo estimar o custo direto com pessoal na prestação do serviço;
- Falta de um padrão de qualidade bem definido, que permitiria ajustar o valor estimado da prestação atual ao valor compatível com a prestação de um serviço adequado.

No entanto, é necessária a estimativa de custos, ainda que parametrizada e com incertezas sobre o padrão almejado, de modo a se compor um valor de taxa que será rateado, conforme definido na etapa de avaliação da arrecadação. A dificuldade da análise irá variar em cada município, dependendo do nível de informação disponível, principalmente do conhecimento sobre o sistema de drenagem municipal.

Uma forma de contornar a dificuldade na estimativa da composição de custos com base em valores unitários e quantificação dos serviços, seria a estimativa de custos com base na série histórica de despesas com o serviço de drenagem urbana. No entanto, tal metodologia ainda carrega as incertezas sobre os próprios valores de despesa registrados (dada a característica difusa dos serviços), e sobre o padrão de qualidade a ser ofertado.

## **Forma de cobrança e estimativa de arrecadação**

O principal dispositivo legal que permite a cobrança de um tributo para custear os serviços públicos de drenagem urbana é a Lei Federal nº 11.445/2007, que define em seu artigo nº 29 que "*Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, na forma estabelecida a seguir, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções: III – drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, na forma de tributos, inclusive taxas, conforme o regime de prestação do serviço ou das suas atividades*". Assim, como já definido por lei, o

1 instrumento de sustentação financeira do serviço de drenagem urbana e manejo de águas  
2 pluviais deve ser uma taxa. No entanto, a forma de cobrança de tal taxa deve ser definida em  
3 cada município, de acordo com seus mecanismos de cobrança de impostos estabelecido. É  
4 importante ressaltar, no entanto, que a proposta é de uma taxa específica para o serviço de  
5 drenagem, calculada em função dos custos estimados e dos usuários (contribuintes) do sistema,  
6 e não de um subsídio de outros serviços ou do caixa único do tesouro municipal.

7 A base de cálculo é um dos parâmetros mais importantes na definição da cobrança de um  
8 imposto ou taxa pública. No caso da drenagem urbana e manejo de águas pluviais, há um critério  
9 de suma importância a ser incorporado na base de cálculo, que é a área impermeabilizada do  
10 terreno. A norma de saneamento básico já prevê, em seu artigo nº 36, que "*A cobrança pela*  
11 *prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em*  
12 *conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos*  
13 *de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:*

14 *I – o nível de renda da população da área atendida;*

15 *II – as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas."*

16 Assim, o critério de cobrança é orientado no sentido de taxar mais quem provoca o maior  
17 impacto sobre o sistema de drenagem com seu projeto de urbanização (aumentando o  
18 escoamento superficial) e de taxar menos quem impermeabiliza menos, ou dispõe de dispositivos  
19 que atenuem o efeito de impermeabilização.

20 A quantificação dos contribuintes pode ser realizada com base no cadastro imobiliário da  
21 prefeitura municipal, estimando-se a área impermeabilizada em função das informações de taxa  
22 de ocupação e área construída nos lotes. Nos primeiros anos de funcionamento do sistema, os  
23 devidos ajustes no cômputo das áreas impermeáveis e dispositivos de retenção ou infiltração  
24 poderá ser realizado com base em campanhas de fiscalização ou autodeclaração.

25 O estudo deverá dispensar atenção ainda à diferenciação da taxa em função de questões  
26 sociais, conforme previsão legal do marco do saneamento, bem como de outras questões, como  
27 onerações em áreas protegidas de inundação por obras públicas e formas de desconto em  
28 função de dispositivos de redução de escoamento superficial.

### 29 **Plano de implementação da cobrança**

30 Um plano deve ser elaborado com o cronograma de implantação e com os critérios de  
31 cobrança ao longo da implementação do sistema completo. O valor ajustado da cobrança só

1 será possível de estimar quando o sistema estiver em funcionamento. No entanto, a entrada em  
2 operação demanda uma cobrança inicial.

3 Sugere-se que o sistema entre em funcionamento com a taxa mínima por lote, permitindo  
4 a estruturação do setor nos primeiros anos. Neste período, o valor da arrecadação não será igual  
5 ao custo global de operação e manutenção do sistema. Na ocorrência de déficit, será possível  
6 ajustar os valores em função das áreas impermeabilizadas.

7 O plano deverá propor indicadores para validação do padrão de qualidade almejado frente  
8 a arrecadação e os custos. No período de teste, poderá se validar o padrão de qualidade  
9 almejado para o sistema.

10 Na ocorrência de superávit, os valores excedentes poderiam servir como reserva para  
11 próximos anos, ou para utilização em ações de prevenção de inundação. Assim, o plano deve  
12 avaliar a criação de um fundo específico de águas pluviais, para que os recursos oriundos da  
13 cobrança da taxa de drenagem que não sejam utilizados na operação e manutenção do sistema  
14 possam ser disponibilizados para outras finalidades dentro da mesma temática, como melhorias  
15 no sistema previstas no PMD, ações de defesa civil, no atendimento a emergências em casos  
16 de inundação, e em projetos de reassentamento de áreas de risco.

17 Quanto ao valor de cobrança em função do nível de impermeabilização do terreno, este  
18 parece ser o aspecto de maior dificuldade de se aferir. Sugere-se que o plano defina um prazo  
19 para declaração de percentagem de impermeabilização de cada propriedade, período em que  
20 seria cobrada a taxa mínima de todos os lotes. Após este período, a fiscalização atuaria por  
21 amostragem. A ausência de declaração acarretaria a cobrança do valor máximo, até a  
22 regularização.

## 6. PROPOSTAS DE AÇÕES IMEDIATAS

O presente capítulo apresenta as ações que podem ser empreendidas na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari de forma imediata, para a prevenção de inundações ribeirinhas. Ressalta-se, no entanto, que dada a complexidade das análises sobre áreas de risco, cuja conformação é objeto do capítulo 7, e mesmo da governança de gestão de risco de inundação, não se vislumbra que qualquer medida venha a ser implantada antes da conclusão e devida apreciação e disseminação deste PDM. Ainda, ressalta-se que o documento previsto para hierarquizar ações a serem empreendidas na BHC para prevenção de inundações e melhorias na drenagem urbana dos municípios é o Plano de Ações (objeto do TOMO III deste PDM da BHC).

### 6.1. Recomendações de proteção, desocupação e reserva de áreas

A partir das simulações hidráulicas realizadas e descritas na etapa de estudos de Diagnóstico e Prognóstico, foi identificada a área da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari que inunda com probabilidade de ocorrência, em média, de 100 anos. A partir deste mapeamento, tornou-se possível identificar três classes de áreas da bacia em função das inundações provocadas pela cheia com TR de 100 anos, em glebas que devem:

- Ser protegidas;
- Conviver com o risco de inundação;
- Ser mantidas desocupadas, com eventuais reassentamentos, reservadas para o extravasamento do Rio Capivari.

As áreas protegidas são objeto de estudo do capítulo 7 deste relatório, em que são definidos os critérios hidrológicos e hidráulicos para proposição de medidas estruturais de proteção contra inundações, por estruturas como aterros, diques ou bermas implementados nas margens do Rio Capivari. Trata-se de áreas com ocupação consolidada, normalmente com sistema viário no gabarito municipal, lotes padrão e edificações regulares.

Observa-se que boa parte desta ocupação consolidada está situada em distância inferior as margens do rio do que aquela definida pela legislação ambiental como limite da Área de Preservação Permanente (APP). No entanto, a presente análise não tem atribuição ambiental, mas de prevenção de inundações e mesmo áreas de ocupação consolidadas em APP, caso em risco de inundação, terão proposição de medidas de proteção.

1 As áreas que devem conviver com o risco de inundação são aquelas ocupações atingidas  
2 pela cheia, em média, de 100 anos de tempo de retorno, mas que, por características de uso ou  
3 viabilidade de implementação de projetos de proteção, será atingida por cheia de maior  
4 magnitude. Trata-se, normalmente, de ocupações rurais ou de uso eventual situadas na zona de  
5 risco de inundação. Tais propriedades devem ser cadastradas e passarão a integrar um sistema  
6 de alerta de inundações.

7 As áreas que devem ser mantidas desocupadas são definidas por trechos em que o Rio  
8 Capivari extravasa naturalmente de seu leito, para que assim sirvam como bacias de  
9 amortecimento *in-line* para as cheias fluviais. Tais áreas podem ter características totalmente  
10 naturais de extravasamento, ou alguma obstrução causada por travessia viária que incremente  
11 a frequência de extravasamento.

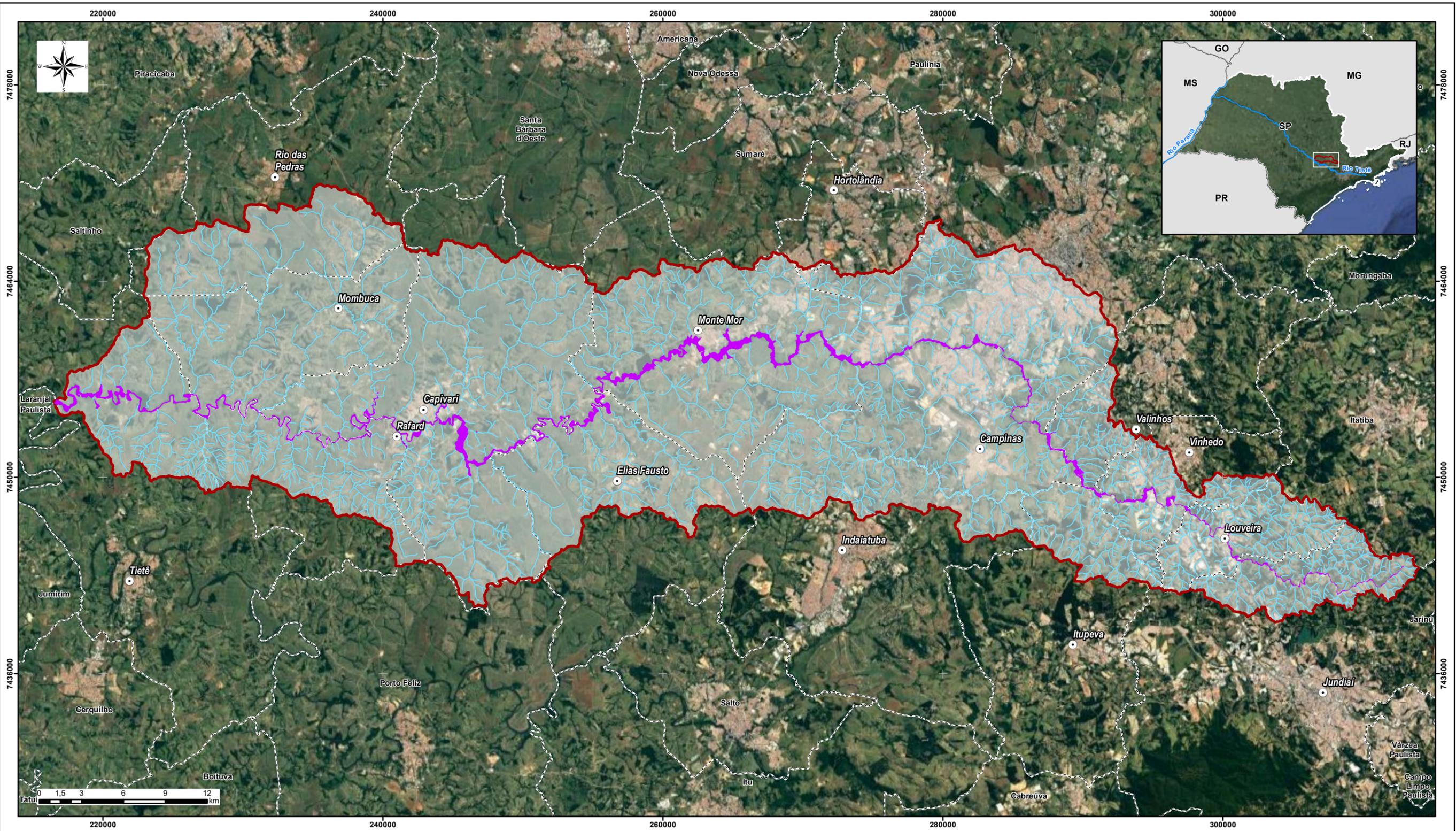
12 No entanto, independentemente das proposições estruturais de melhoria do escoamento  
13 a serem apresentadas, tais áreas já estão identificadas como potenciais regiões de  
14 extravasamento com interesse de manutenção. Nos casos em que os extravasamentos (além  
15 da área de várzea e mata desocupada) ainda gerem inundação de edificações, tais estruturas  
16 deverão ser objeto de proposição de medidas de proteção ou reassentamento.

17 O Mapa 6.1 identifica as áreas de extravasamento propostas para reserva e manutenção;  
18 o mesmo mapa supracitado é apresentado na sequência em 12 *frames*, de forma a apresentar  
19 a informação das áreas delimitadas em melhor escala para visualização. Além disso, a Tabela  
20 6.1 a seguir apresenta a divisão do quantitativo total destas áreas por município da BHC.

21 Tabela 6.1. Quantitativos, por município, das áreas destinadas ao extravasamento na BHC.

| Município    | Área de extravasamento (ha) |
|--------------|-----------------------------|
| Campinas     | 365,9                       |
| Capivari     | 615,8                       |
| Elias Fausto | 148,1                       |
| Itupeva      | 8,4                         |
| Jundiaí      | 96,6                        |
| Louveira     | 48,2                        |
| Mombuca      | 74,5                        |
| Monte Mor    | 846,5                       |
| Rafard       | 129,7                       |
| Tietê        | 355,9                       |
| Valinhos     | 79,8                        |
| Vinhedo      | 131,0                       |
| <b>Total</b> | <b>2.900,5</b>              |

22



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Hidrografia
- Bacia do Rio Capivari
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- Limite municipal

Realização



RELATÓRIO FINAL

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

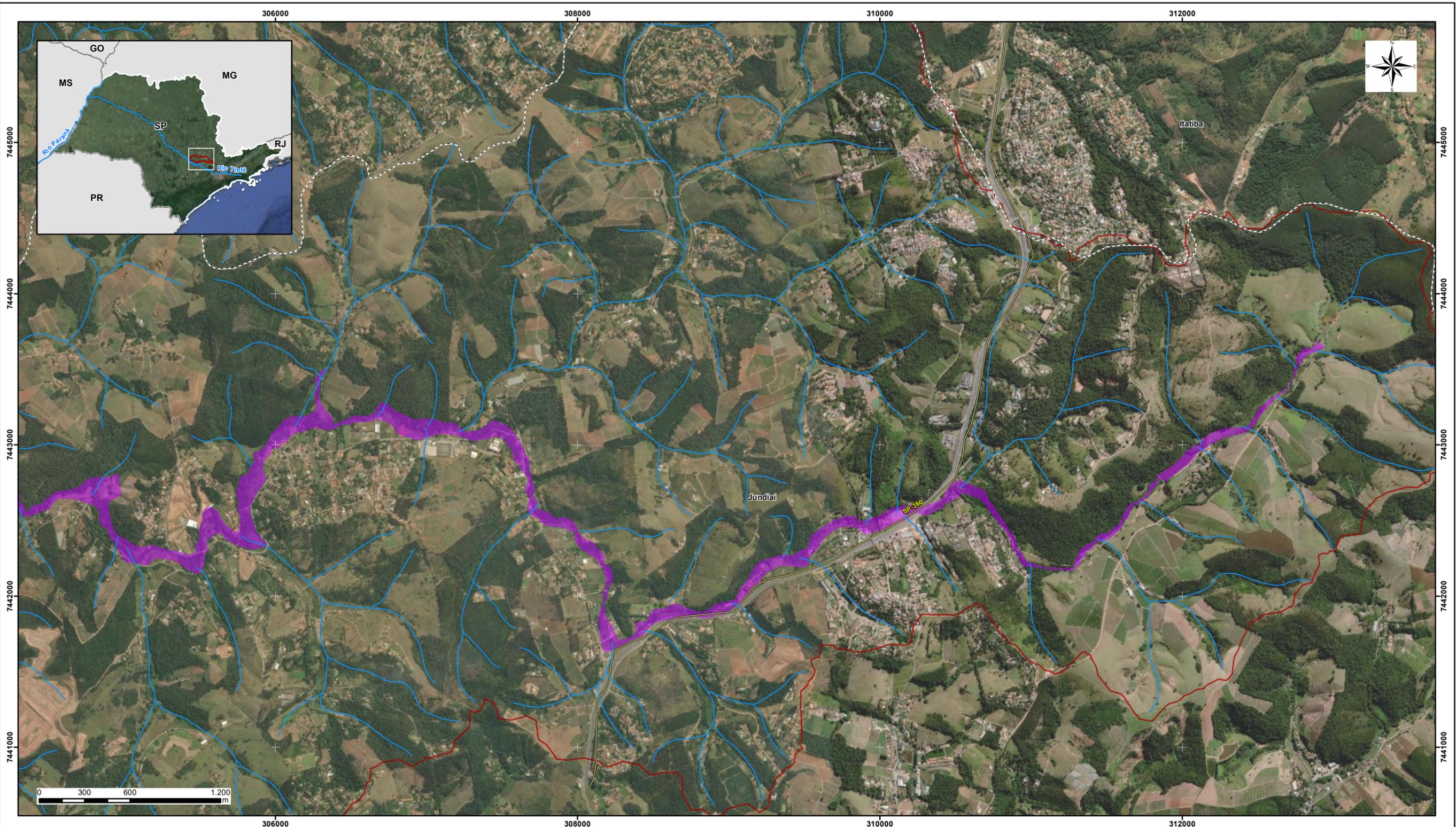
Execução



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:270.000

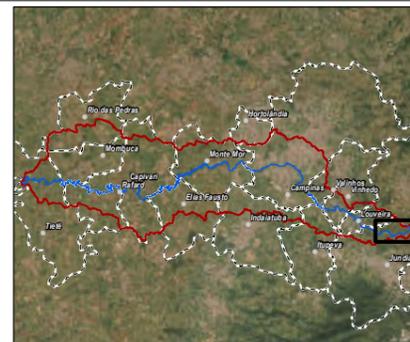
**Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Áreas destinadas: Profill, 2023

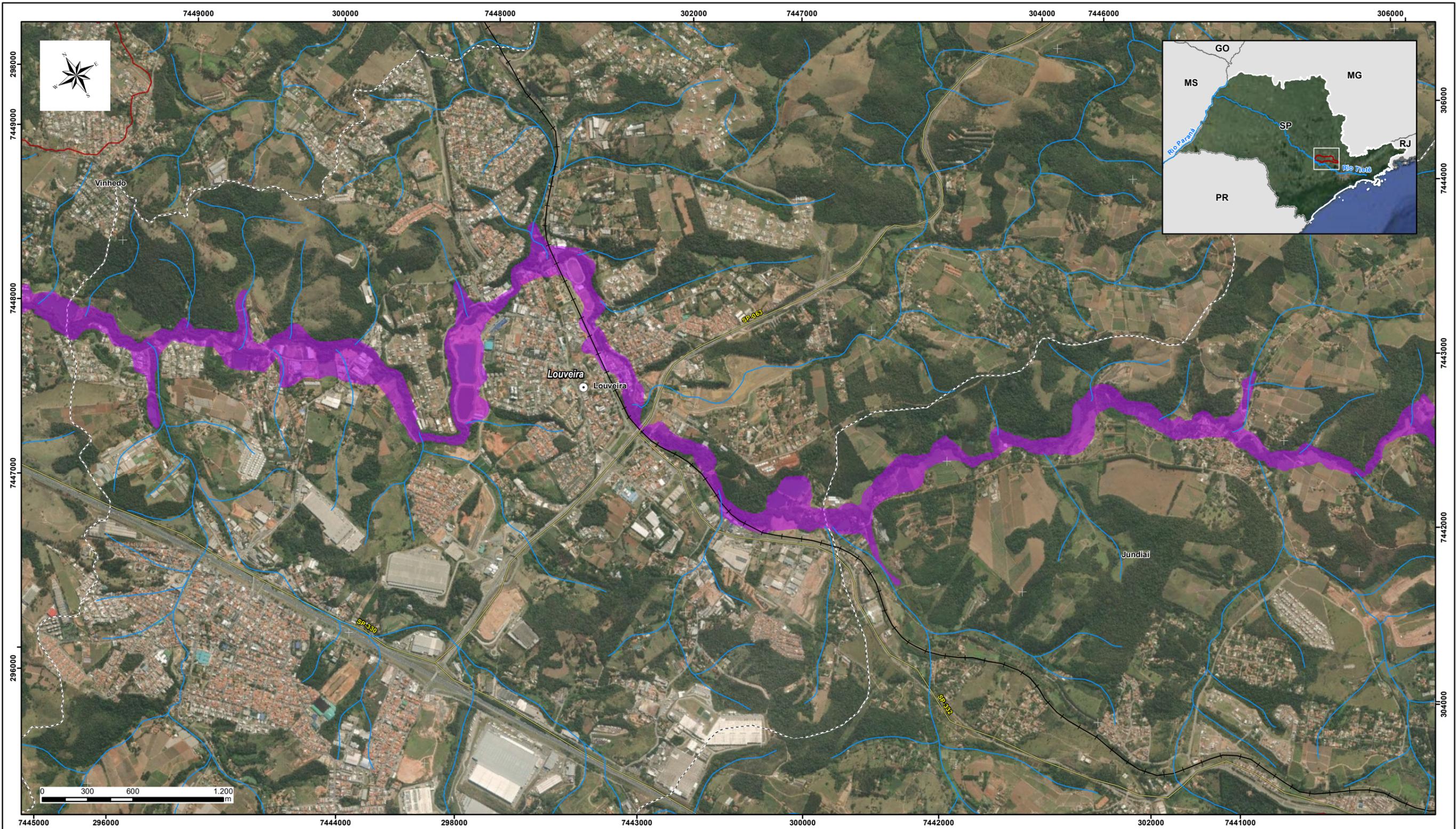


**LEGENDA**

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovias
- Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari

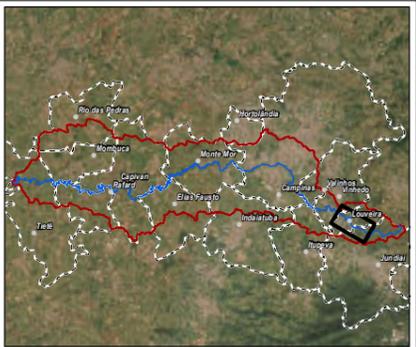


|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>                                | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 1/12).</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Áreas destinadas: Profill, 2023</li> <li>- Sistema viário: OSM, 2018.</li> </ul> |

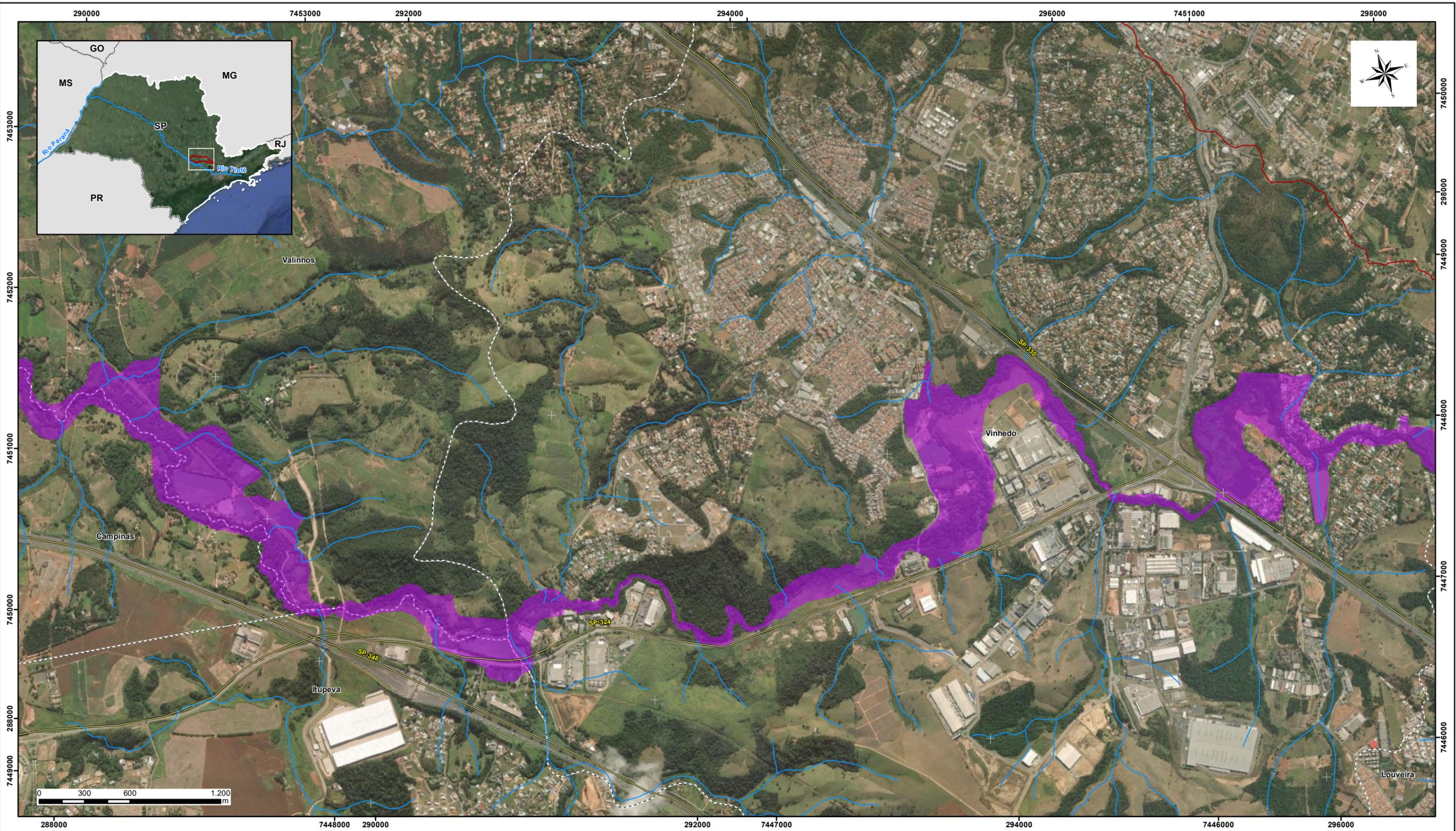


**LEGENDA**

- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- - - Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari

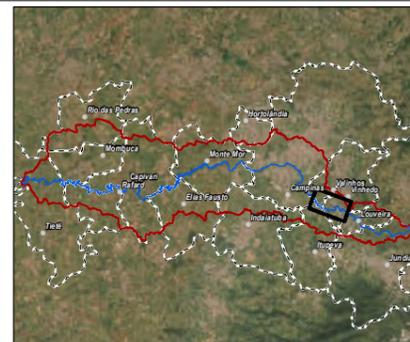


|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>                                | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 2/12).</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Áreas destinadas: Profill, 2023</li> <li>- Sistema viário: OSM, 2018.</li> </ul> |

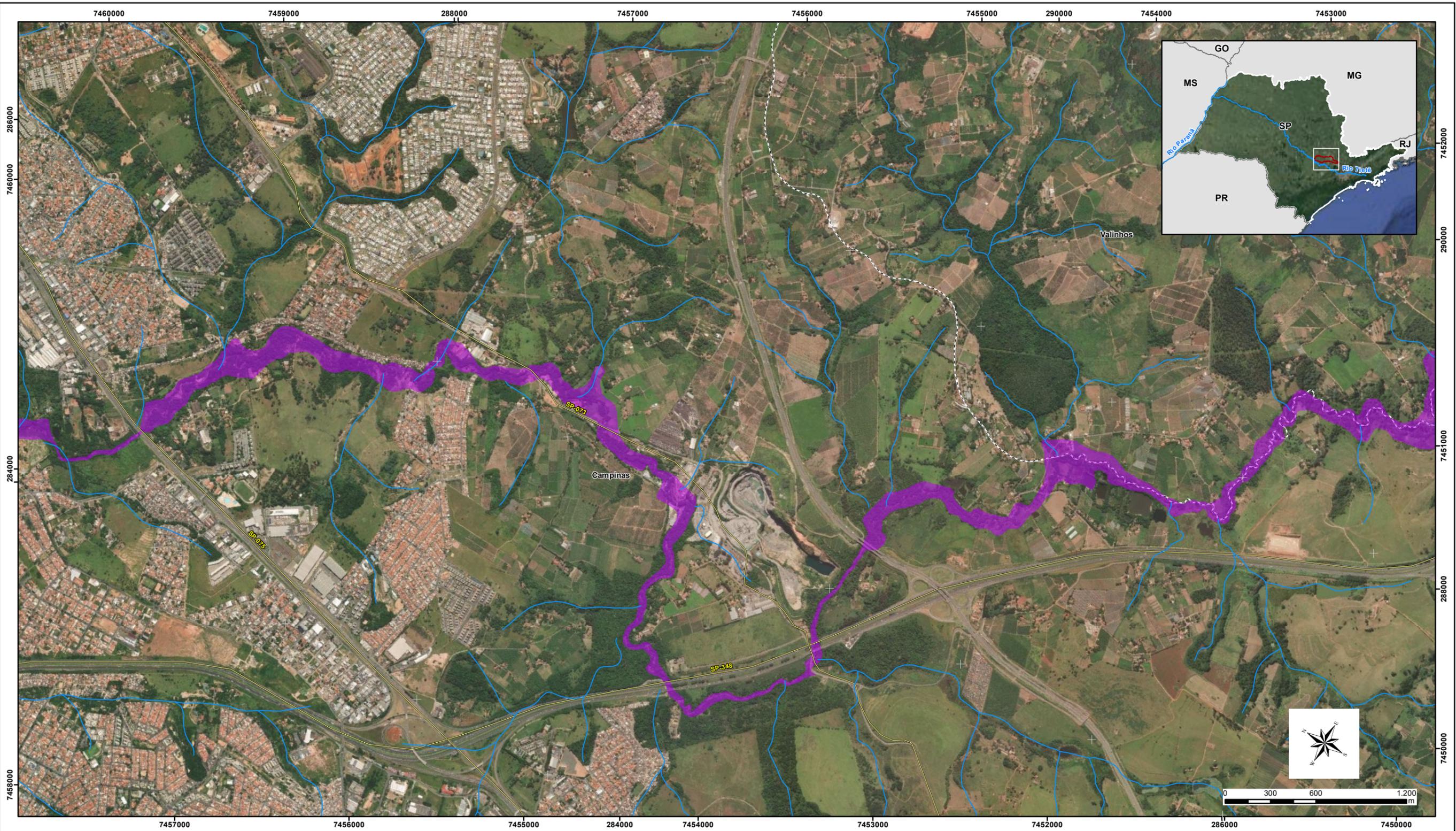


**LEGENDA**

- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- - - Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari

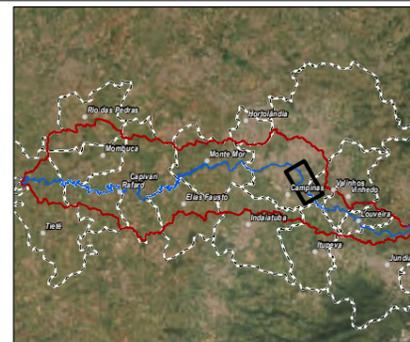


|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>                                | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 3/12).</b></p> | <p>Fonte de dados:<br/>- Sede municipal: IBGE, 2021<br/>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022<br/>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Áreas destinadas: Profill, 2023<br/>- Sistema viário: OSM, 2018.</p> |



**LEGENDA**

- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- - - Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari



|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>                                | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 4/12).</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Áreas destinadas: Profill, 2023</li> <li>- Sistema viário: OSM, 2018.</li> </ul> |



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovias
- Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari



Realização



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:25.000

RELATÓRIO FINAL

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 5/12).**

Execução

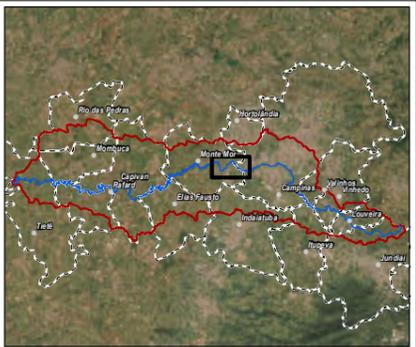


Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Áreas destinadas: Profill, 2023  
- Sistema viário: OSM, 2018.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- - - Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari



Realização  
**Agência das Bacias PCJ**  
 Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:25.000

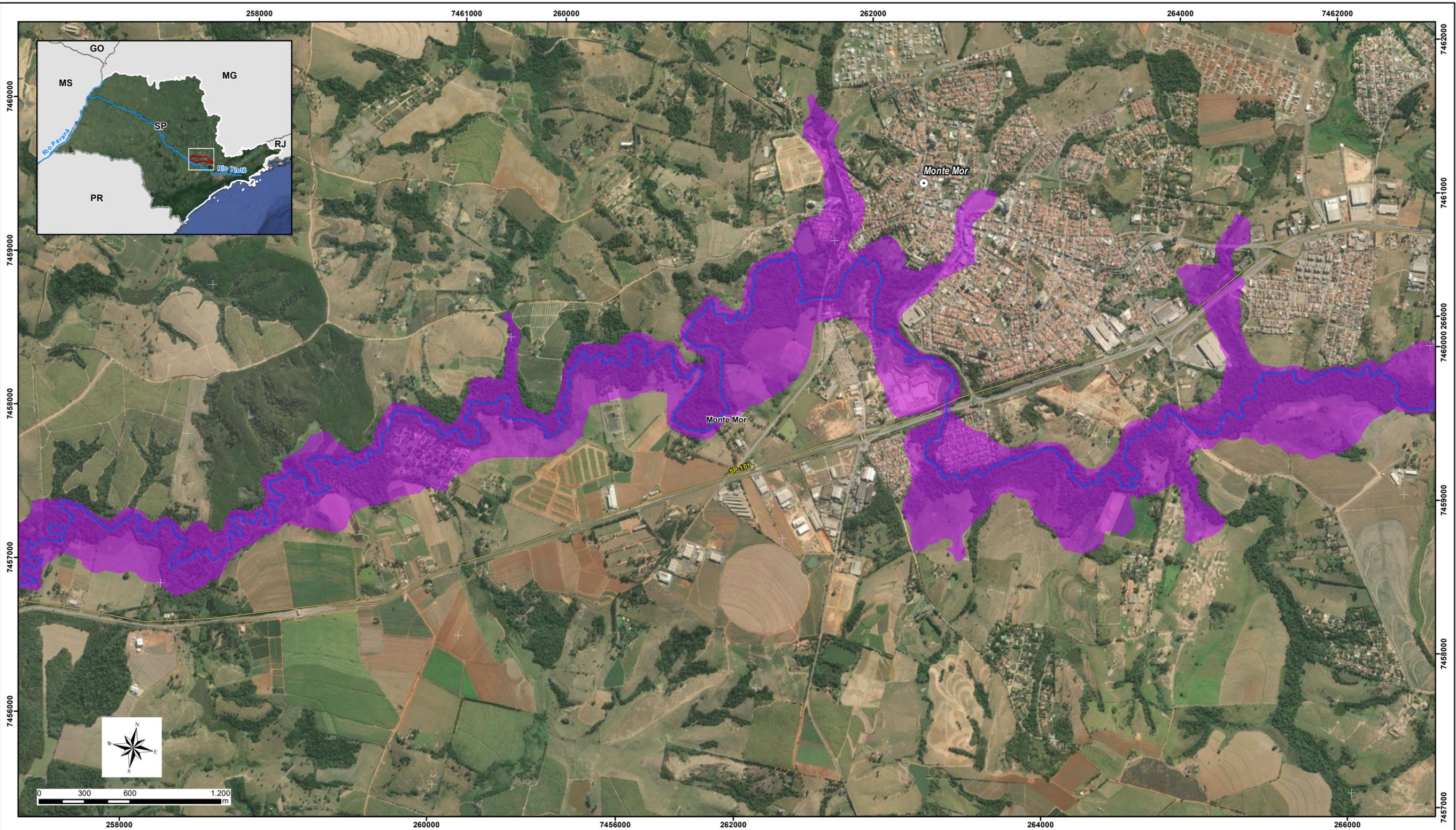
RELATÓRIO FINAL  
**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 6/12).**



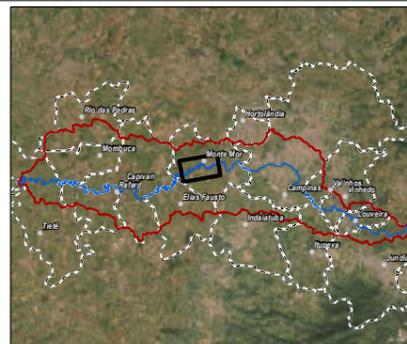
Execução

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2021  
 - Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
 - Geometria Rio Capivari: Profill, 2022  
 - Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
 - Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
 - Áreas destinadas: Profill, 2023  
 - Sistema viário: OSM, 2018.



**LEGENDA**

-  Sede municipal
-  Hidrografia
-  Rodovias
-  Ferrovias
-  Áreas de extravasamento - TR 100 anos
-  Limite municipal
-  Bacia do Rio Capivari



Realização



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:25.000

RELATÓRIO FINAL

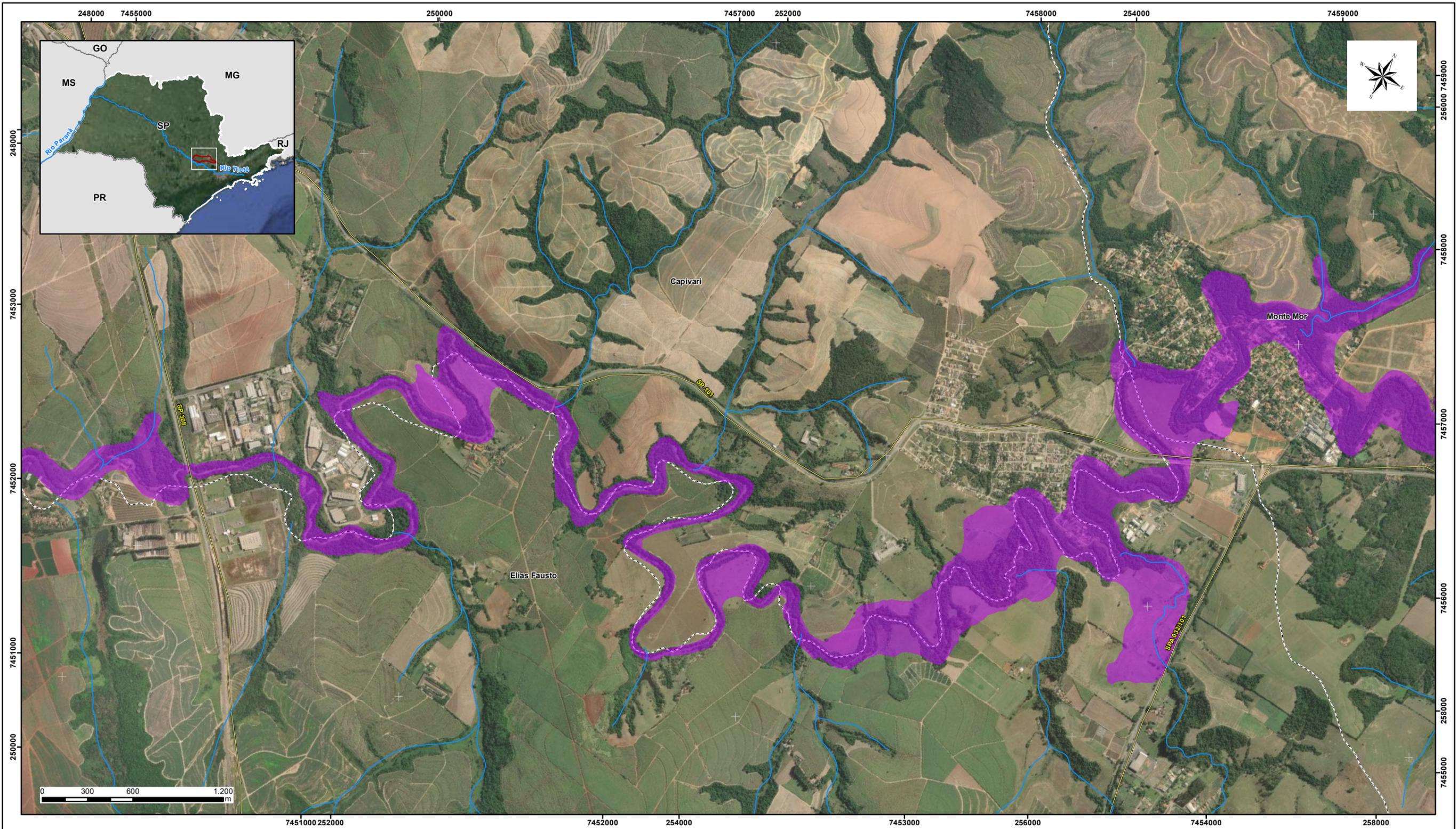
**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 7/12).**

Execução



Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Áreas destinadas: Profill, 2023  
- Sistema viário: OSM, 2018.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- - - Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari



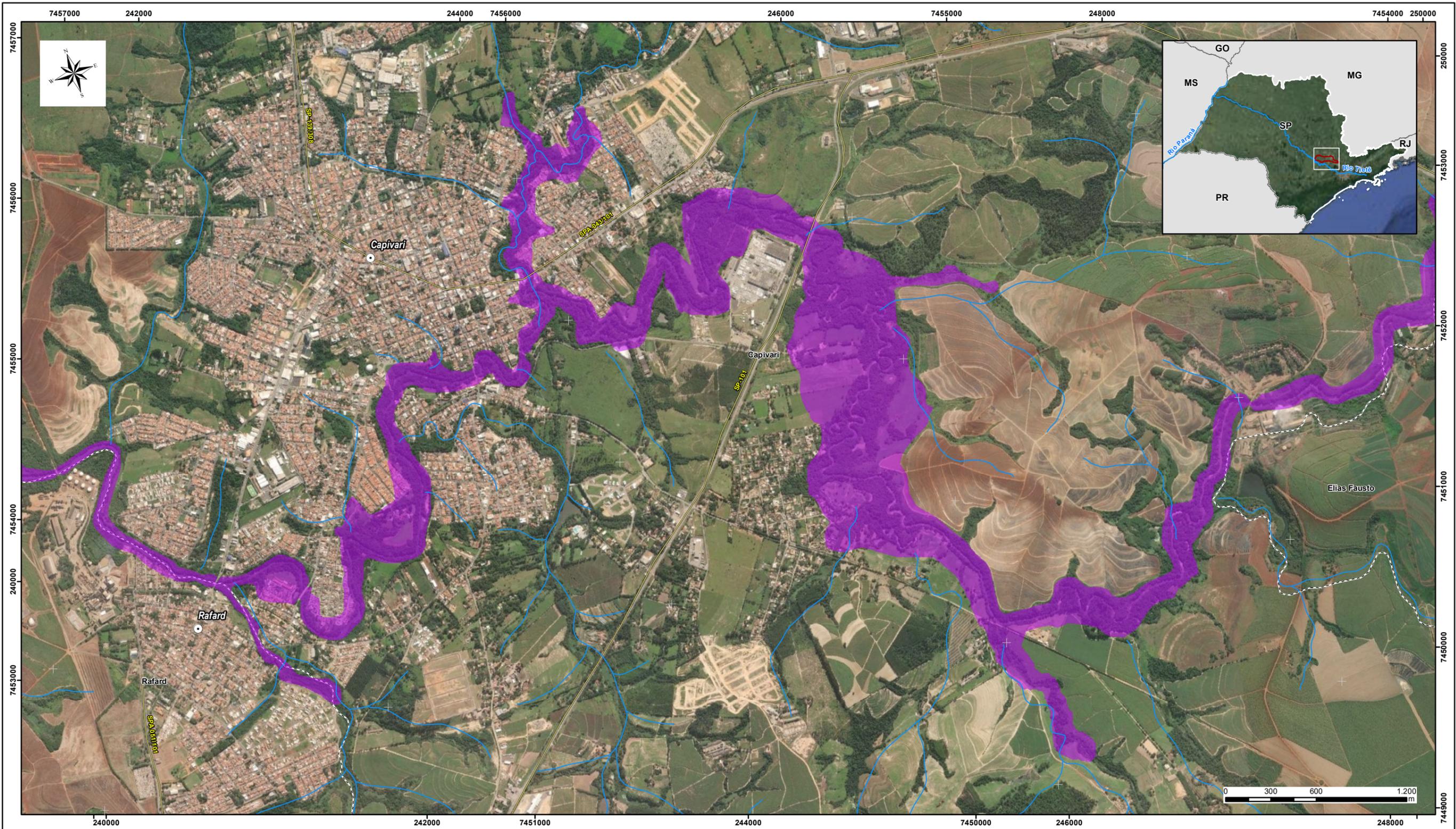
Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:25.000

RELATÓRIO FINAL  
**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 8/12).**

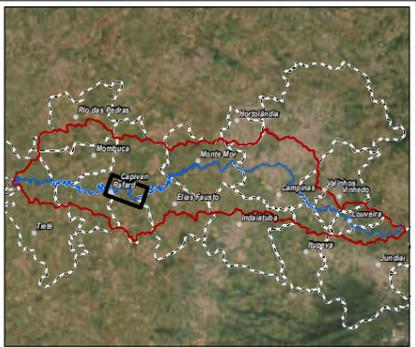


Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Áreas destinadas: Profill, 2023  
- Sistema viário: OSM, 2018.

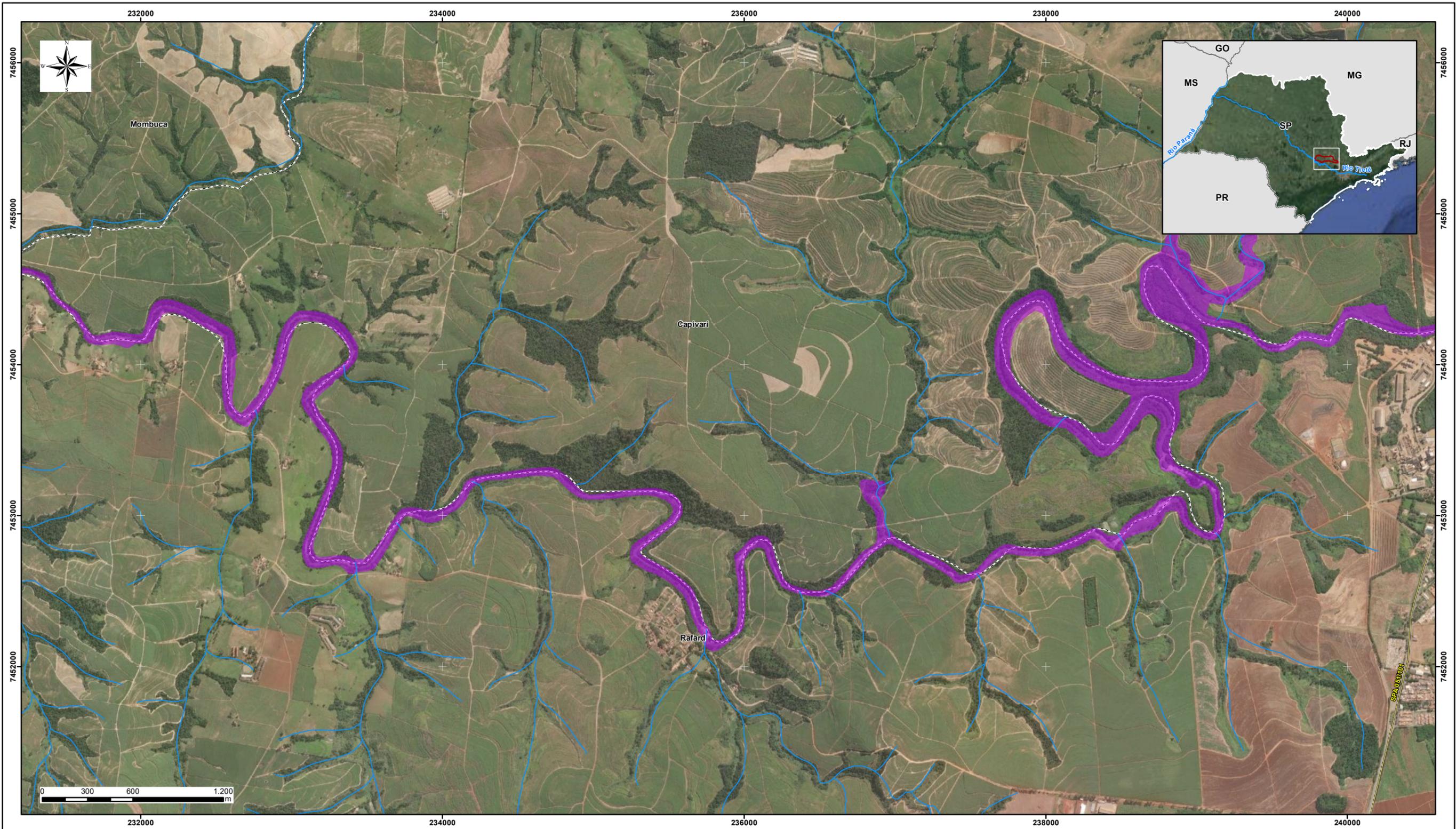


**LEGENDA**

- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- ▲ Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- - - Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari

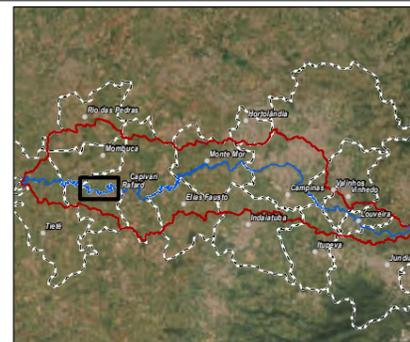


|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>                                | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 9/12).</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Áreas destinadas: Profill, 2023</li> <li>- Sistema viário: OSM, 2018.</li> </ul> |

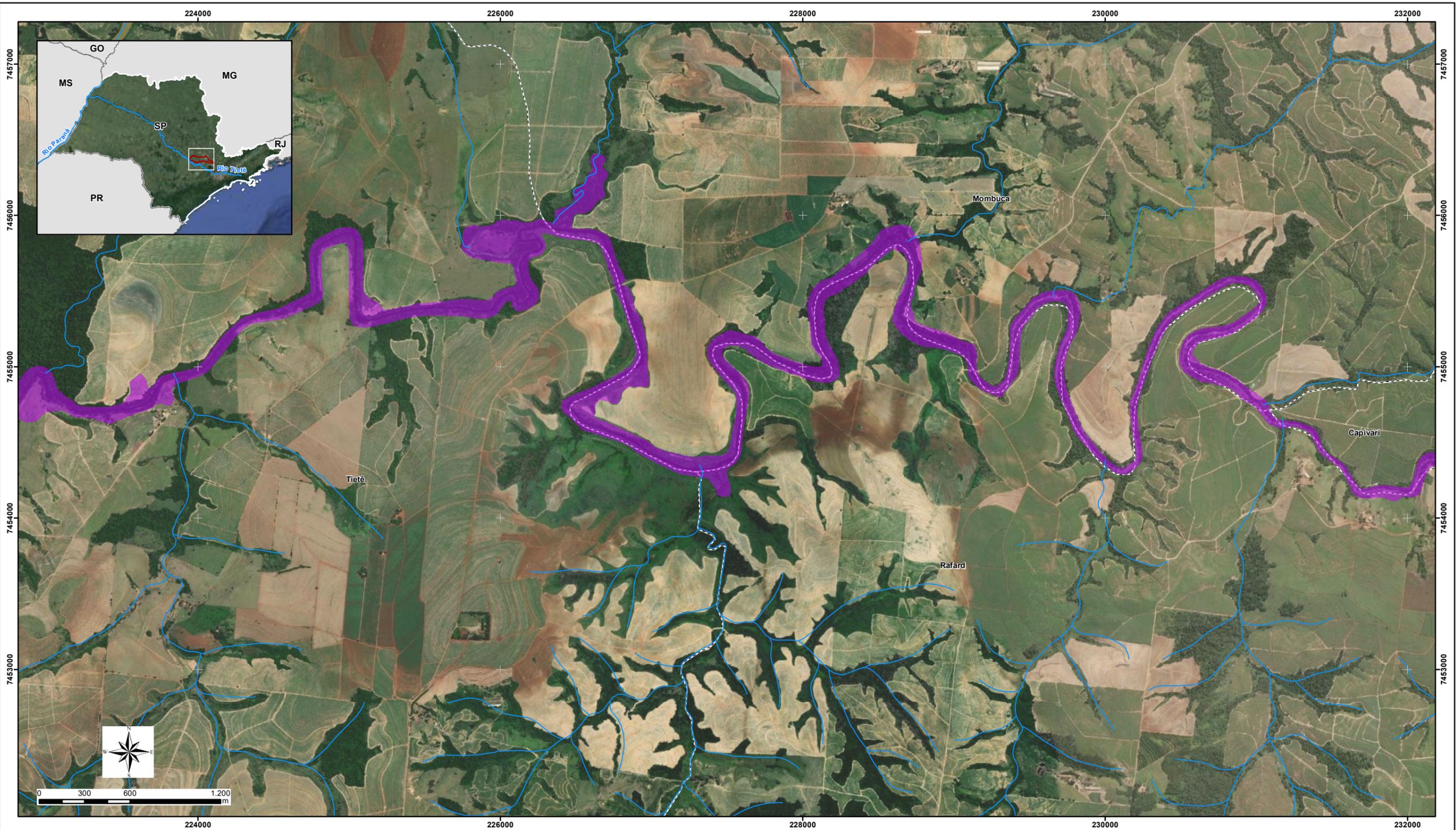


**LEGENDA**

- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- ▲ Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- - - Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari

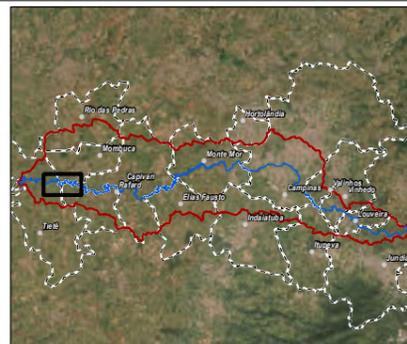


|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>                                 | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 10/12).</b></p> | <p>Fonte de dados:<br/>- Sede municipal: IBGE, 2021<br/>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022<br/>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Áreas destinadas: Profill, 2023<br/>- Sistema viário: OSM, 2018.</p> |



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovias
- Ferrovias
- Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari



Realização



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:25.000

RELATÓRIO FINAL

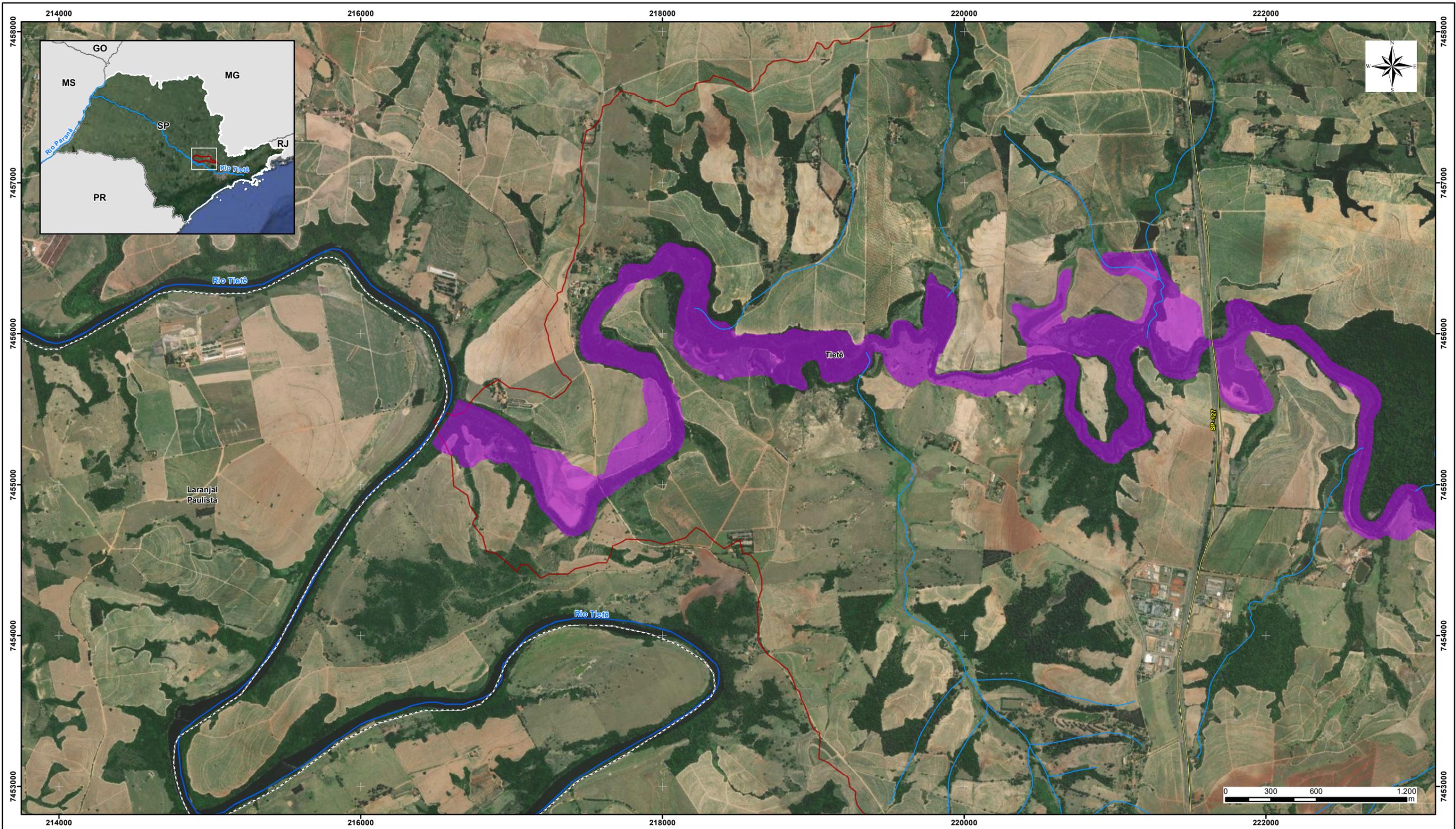
**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 11/12).**

Execução

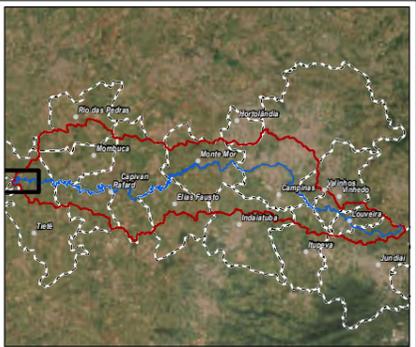


Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Áreas destinadas: Profill, 2023  
- Sistema viário: OSM, 2018.



**LEGENDA**

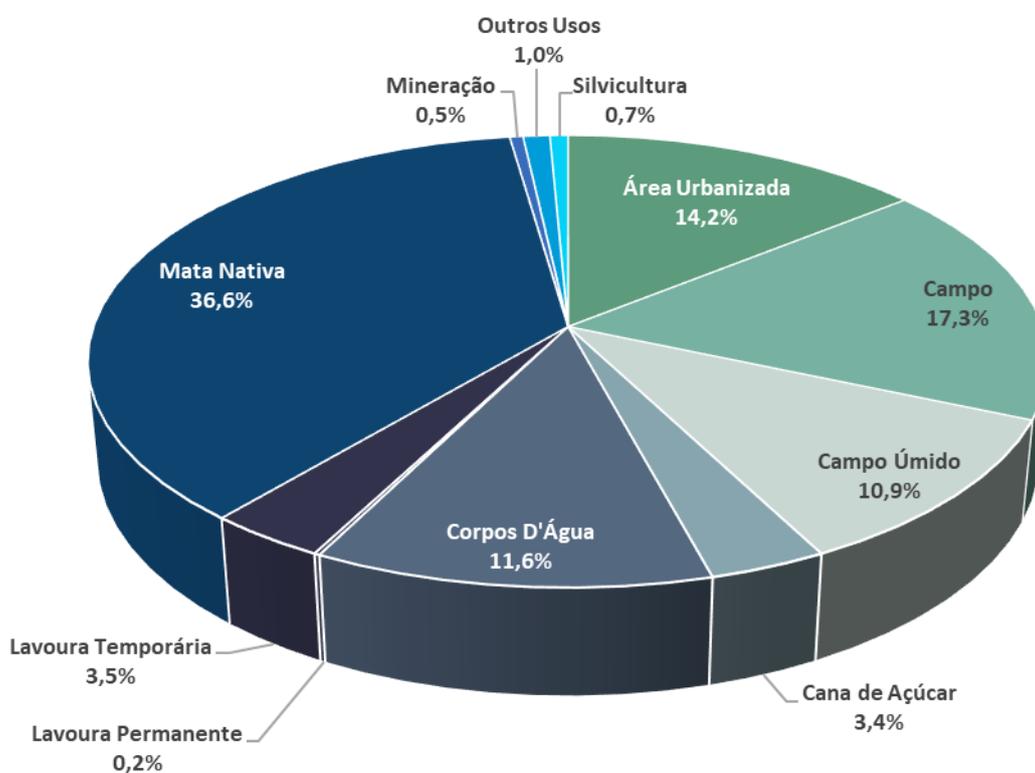
- Sede municipal
- ~ Hidrografia
- Rodovias
- + Ferrovias
- ▲ Áreas de extravasamento - TR 100 anos
- ⊞ Limite municipal
- Bacia do Rio Capivari



|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>                                 | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 6.1. Áreas destinadas a receber o extravasamento do Rio Capivari diante da ocorrência da cheia com tempo de retorno de 100 anos (folha 12/12).</b></p> | <p>Fonte de dados:<br/>- Sede municipal: IBGE, 2021<br/>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>- Geometria Rio Capivari: Profill, 2022<br/>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Áreas destinadas: Profill, 2023<br/>- Sistema viário: OSM, 2018.</p> |

1 Através da análise dos dados apresentados na Tabela 6.1, é possível observar que o  
2 município que apresenta maior área destinada a extravasamentos para contenção de  
3 inundações é Monte Mor, seguido por Capivari. Municípios como Campinas e Tietê, apesar das  
4 diferenças em termos de uso e ocupação do solo de suas áreas na BHC, apresentam valores  
5 semelhantes de áreas destinadas a extravasamento dos cursos d'água.

6 Além disso, o gráfico da Figura 6.1 a seguir apresenta a relação entre as áreas de  
7 extravasamento indicadas para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari e o uso do solo identificado  
8 na BHC.



9  
10 Figura 6.1. Áreas de extravasamento indicadas para a BHC e suas respectivas porcentagens referentes  
11 ao uso do solo da bacia.

12  
13 Através da análise da figura acima, é possível perceber que a classe de uso do solo  
14 predominante nas áreas recomendadas para extravasamento é a categoria “mata nativa”. Em  
15 seguida, aparece a classe de uso “campo”; quando somadas ambas as categorias supracitadas,  
16 o valor representa mais de 53% do total de áreas previstas para extravasamento na bacia  
17 (aproximadamente 1.500 hectares). Observa-se também que cerca de 14% das áreas indicadas  
18 estão inseridas na classe “área urbanizada”; para estes locais, reiteram-se as recomendações

1 anteriormente apresentadas no início deste item: adoção de medidas de proteção, ou  
2 convivências com as inundações, ou até mesmo desocupação destas áreas (sendo necessário  
3 com isso eventuais medidas de reassentamento).

## 4 **6.2. Medidas de utilização e manutenção de várzeas em áreas desocupadas**

5 As áreas reservadas para o extravasamento do Rio Capivari, sejam pristinas ou objeto de  
6 desocupação, necessitam de um plano de gestão que permita sua manutenção para esta  
7 finalidade, evitando futuras ocupações sem os devidos estudos de proteção contra inundações e  
8 impacto sobre a vizinhança.

9 Conforme discutido no item 4.2, é o município o principal ente encarregado da gestão do  
10 território e ordenamento do uso do solo, com atribuições de caráter operacional, regulatório e de  
11 fiscalização. Propõe-se aos municípios de Jundiaí, Louveira, Vinhedo, Campinas, Monte Mor,  
12 Capivari e Rafard a adoção das seguintes medidas para a gestão das áreas reservadas para  
13 extravasamento do Rio Capivari (apresentadas no item 6.1):

- 14 • Inscrição no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência  
15 de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos  
16 ou hidrológicos correlatos. Tal ação regulamenta o previsto na LF nº 10.257/2001,  
17 dotando o município de ainda maior autoridade para o planejamento e gestão das  
18 áreas de risco de inundações;
- 19 • Mapeamento das áreas de risco de inundações no município, com base nos mapas  
20 gerados na etapa de Prognóstico deste PDM. O mapeamento do PDM-BHC utiliza  
21 informação de topografia em escala regional. É importante que na escala local seja  
22 realizado levantamento planialtimétrico detalhado das áreas;
- 23 • Cadastro de ocupações remanescentes em área de risco. Aquelas ocupações que,  
24 pela sua característica, não forem incluídas em programas de reassentamento,  
25 devem ser cadastradas. O cadastro deve ser realizado juntamente com o  
26 levantamento planialtimétrico, caracterizando o tipo de ocupação, atividade  
27 realizada e seus ocupantes (permanentes ou ocasionais). Tal cadastro servirá  
28 como subsídio para planos de contingência, estudos de criação de parques  
29 municipais e eventuais propostas de seguro contra inundações. A situação cadastral  
30 da ocupação remanescente em área de risco deve ser verificada periodicamente;

- 1           • Fiscalização das áreas de risco. Nas campanhas de fiscalização e atualização  
2           cadastral, novas ocupações irregulares em áreas de risco de inundação devem ser  
3           notificadas. O serviço de fiscalização deverá acionar a defesa civil e órgão da  
4           prefeitura para que proceda com a desocupação da área;
- 5           • Nos municípios em que for elaborado o Zoneamento da Planície de Inundação  
6           (abordado em mais detalhe no item 5.1.1), o município deverá dotar sua equipe de  
7           aprovação de projetos para a verificação das medidas de proteção adotadas pelos  
8           projetos;
- 9           • Desenvolvimento de estudo de viabilidade de instituição de parques municipais nas  
10          áreas ribeirinhas. Os chamados parques fluviais, observada a legislação ambiental,  
11          permitem dotar as áreas ribeirinhas de infraestrutura para uso público. O uso  
12          eventual, em conjunto com um sistema de alerta, pode oferecer aos municípios  
13          opções de lazer e convívio com o rio. Ainda, tais parques podem ser uma alternativa  
14          para que o poder público de fato se aproprie do território, facilitando sua  
15          manutenção como área de extravasamento do rio, sem ocupações permanentes  
16          (legais ou não), evitando assim o aumento do risco de inundação no futuro.

17          Ressalta-se que a adoção de tais medidas, em que pese a extrema importância e  
18          pertinência para os municípios citados, é uma iniciativa das prefeituras municipais e a forma de  
19          busca por financiamento, implantação e discussão com a comunidade deve se adequar a  
20          realidade de cada municipalidade.

### 21           **6.3. Indicações de ações de ordem operacional e de manutenção**

22          Neste item são indicadas as ações convenientes a serem tomadas no que tange à  
23          operação e manutenção das estruturas que possam interferir no fluxo do Rio Capivari. O principal  
24          objetivo das recomendações é conferir uma acertada operação dos dispositivos que se  
25          encontram no rio, tais como travessias e barragens de nível, de maneira a propiciar um adequado  
26          escoamento ao fluxo de água em eventos de cheia fluvial, minimizando impactos de inundação.

#### 27           **6.3.1. Limpeza e desobstrução de travessias**

28          Uma conduta importante a ser salientada e incentivada é a de conservar o Rio Capivari  
29          limpo, de maneira que seu escoamento não seja alterado em função do acúmulo de lixo ou  
30          mesmo de vegetação, galhos e troncos de árvores, que porventura se depositam nas zonas da  
31          calha onde se desenvolvem as menores velocidades de escoamento. As obstruções

1 ocasionadas pela falta de manutenção e limpeza promovem à calha do rio uma menor  
2 capacidade de drenagem das águas que nele aportam. Associando a diminuição desta  
3 capacidade à ocorrência de grandes precipitações na bacia e, ainda, ao estrangulamento de  
4 algumas seções do rio devido ao subdimensionamento de algumas travessias – análise já  
5 apresentada no Diagnóstico e Prognóstico da BHC (TOMO I), tem-se a intensificação das  
6 proporções da mancha de inundação.

7 Desta forma, é importante garantir que as travessias (além das intervenções físicas no rio,  
8 como as providas da incorporação de pilares no leito) não interfiram no escoamento, a partir da  
9 capacidade destas em acumularem os resíduos escoados pelo Rio Capivari. Neste sentido, a  
10 partir de incursões em campo na bacia e registros fotográficos realizados, a Tabela 6.2 apresenta  
11 travessias dispostas ao longo do Rio Capivari que tendem a acumular resíduos no entorno de  
12 suas estruturas, bem como suas respectivas localizações ao longo dos municípios da BHC.

13 Tabela 6.2. Travessias dispostas ao longo do Rio Capivari que apresentam sua seção de escoamento  
14 obstruída (total ou em parte) por acúmulo de resíduos – a partir de registros obtidos nos levantamentos  
15 de campo realizados na BHC.

| Travessia | Município          |
|-----------|--------------------|
| TV-04     | Jundiaí            |
| TV-06     | Jundiaí            |
| TV-16     | Jundiaí            |
| TV-19     | Jundiaí            |
| TV-42     | Vinhedo            |
| TV-48     | Campinas/Valinhos  |
| TV-49     | Campinas/Valinhos  |
| TV-52     | Campinas           |
| TV-54     | Campinas           |
| TV-70     | Monte Mor/Campinas |
| TV-72     | Monte Mor          |
| TV-73     | Monte Mor          |
| TV-94     | Rafard/Capivari    |
| TV-96     | Rafard/Capivari    |
| TV-99     | Tietê/Mombuca      |

16  
17 As travessias supracitadas foram identificadas e apontadas no Diagnóstico e Prognóstico  
18 da macrodrenagem da BHC, e os registros fotográficos das estruturas foram realizados durante  
19 o período em que se desenvolveram os trabalhos de campo na bacia (março a junho de 2022).  
20 A Figura 6.2 ilustra algumas das travessias apresentadas na Tabela 6.2.



Fonte: adaptado de: Plano Diretor de Macrodrenagem do município de Monte Mor (2009); Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (2022).

1      Figura 6.2. Travessias localizadas nos municípios de Monte Mor (1 e 2) e Jundiaí (3 e 4), identificadas  
2      com acúmulo de resíduos/sedimentos que prejudicam o livre escoamento do Rio Capivari.  
3

4      De modo a recuperar as seções de escoamento do Rio Capivari, bem como evitar que  
5      novas obstruções evoluam ao longo do rio, propõe-se que sejam efetuadas campanhas de  
6      limpeza e desassoreamento das travessias periodicamente. Cada município poderá se  
7      responsabilizar pelo trecho do Rio Capivari que se desenvolve dentro de seus respectivos  
8      territórios e a manutenção das travessias, a qual envolve atividades de limpeza e desobstrução,  
9      que deverá ser realizada, pelo menos, com periodicidade mensal.

### 10      **6.3.2. Operação da barragem Leopoldina**

11      A barragem Leopoldina localiza-se entre os municípios de Rafard e Capivari e foi  
12      construída entre os anos de 1941 e 1944. Sua estrutura é constituída por blocos de rocha  
13      argamassada, tem altura entre 5 e 6 metros, possui 58,40 metros de comprimento e uma base  
14      com cerca de 7 metros. Além da estrutura de barramento, a barragem abrange uma escada para

1 peixes, um vertedouro de fundo (localizado no corpo principal da barragem), um canal derivativo  
2 e uma comporta, do tipo *stop log*. A barragem é do tipo soleira vertente, para que o excedente  
3 de água do Rio Capivari possa ser encaminhado para jusante.

4 Atualmente, a barragem cumpre função de reter e armazenar água nos períodos de  
5 estiagem para a Usina Raízen, dona da represa. A operação da barragem está sob  
6 responsabilidade da Cosan S.A.

7 Há muitos anos a barragem Leopoldina está inserida no contexto de inundações  
8 recorrentes que ocorrem a montante do barramento no Rio Capivari. Diante da ocorrência de  
9 grandes chuvas nas cabeceiras do rio (região do município de Jundiá), quando os volumes de  
10 água precipitada geram vazões no Rio Capivari que excedem a capacidade dos vertedouros da  
11 represa, a água acaba por galgar o corpo principal da barragem. Nestes eventos e sob estas  
12 circunstâncias, é aferido pelos municípios limítrofes à estrutura que a barragem aumenta (ou  
13 ainda causa) as inundações do Rio Capivari a montante do barramento.

14 Em virtude do exposto, foram realizadas análises acerca do nível d'água do Rio Capivari  
15 desenvolvido a partir de diferentes eventos de chuva (tempos de retorno de 10, 25 e 100 anos),  
16 sob o viés da operação da comporta da barragem Leopoldina; isto é, comportamento do nível do  
17 Rio Capivari com a comporta da barragem aberta e com a comporta fechada. Este estudo foi  
18 realizado no âmbito das análises já apresentadas neste PDM, ilustradas no TOMO I.

19 Conforme discutido, os resultados obtidos a respeito da sobre-elevação do nível d'água do  
20 Rio Capivari a montante da barragem, especificamente no Bairro Moreto, gerada pela operação  
21 da comporta fechada em relação à situação em que a comporta da barragem é aberta totalmente  
22 (diante da ocorrência de grandes precipitações) foram:

- 23 • Em eventos de tempo de retorno de 10 anos a sobre-elevação de água é de 11 cm;
- 24 • Em eventos de tempo de retorno de 25 anos a sobre-elevação de água é de 9 cm;
- 25 • Em eventos de tempo de retorno de 100 anos a sobre-elevação de água é de 5 cm;

26 É oportuno mencionar que a verificação da sobre-elevação do nível d'água do Rio Capivari  
27 gerada pela operação da barragem com sua comporta fechada também abrange a análise de  
28 dois outros locais no referido curso d'água, sendo eles: logo a montante da barragem e na ponte  
29 da SP-101.

30 Entende-se que a operação da barragem Leopoldina não é determinante para a ocorrência  
31 ou não de inundações em áreas ocupadas a montante da estrutura. No entanto, a abertura de

1 sua comporta em eventos de cheia fluvial é um dos fatores que pode reduzir (ou até mesmo  
2 mitigar) os impactos das inundações no município de Capivari.

3       Recomenda-se que a comporta da barragem Leopoldina seja operada em eventos de cheia  
4 quando o sistema estiver em nível de Atenção, observado na estação fluviométrica de Monte  
5 Mor (código 609). Tal operação contribuirá para o rebaixamento de até 11 cm no nível da cheia  
6 do Rio Capivari – na localidade do município de Capivari.

#### 7       **6.4. Correções ou adaptações de obras e projetos em curso**

8       Não foram identificadas obras em curso indicadas pelas Prefeituras municipais, ou projetos  
9 em fase de licenciamento para melhoria no sistema de macrodrenagem do Rio Capivari. Apenas  
10 recomendações e análises de diagnóstico foram observadas em planos municipais de  
11 saneamento e drenagem, conforme apresentado Diagnóstico de Macrodrenagem, no âmbito  
12 deste PDM.

13       Entretanto, tem-se conhecimento, a partir de informações recebidas por membros do  
14 Grupo Técnico de Acompanhamento (GTA) deste PDM, de que há no município de Vinhedo uma  
15 ação já iniciada de desassoreamento do Rio Capivari (acontecendo nas proximidades do  
16 Condomínio São Joaquim); outra ação de mesmo tipo já se encontra licenciada no município,  
17 mas ainda não executada. A Figura 6.3 e Figura 6.4 a seguir ilustram alguns registros da medida  
18 supracitada. Sobre as intervenções citadas, não foram recebidos dados oficiais pelo executivo  
19 municipal de Vinhedo acerca da situação atual de execução das obras, e seus respectivos *status*.

20       Independente disso, ressalta-se a recomendação de que qualquer intervenção em cursos  
21 d'água (como por exemplo retirada de material da calha, modificações no leito, canalizações,  
22 dragagem e desassoreamento, entre outras), deve ser projetada, licenciada e outorgada junto  
23 aos órgãos competentes, nos termos da legislação vigente sobre o tema.



1  
2  
3

Figura 6.3. Registos fotográficos de intervenção no Rio Capivari no município de Vinhedo, próximo ao condomínio São Joaquim, segundo relato de morador do município (parte 1).



1  
2  
3  
Figura 6.4. Registos fotográficos de intervenção no Rio Capivari no município de Vinhedo, próximo ao condomínio São Joaquim, segundo relato de morador do município (parte 2).

## 1 7. PROPOSIÇÃO DE INTERVENÇÕES DE MACRODRENAGEM

2 A proposição de intervenções estruturais (obras) no sistema de macrodrenagem da Bacia  
3 Hidrográfica do Rio Capivari tem como finalidade dirimir e até mitigar os impactos de cheias  
4 fluviais diagnosticados para a bacia. As intervenções podem ter diferentes características:

- 5 • Melhoria da capacidade de condução do sistema;
- 6 • Medidas de redução de volumes afluentes e vazões de pico;
- 7 • Obras de proteção;
- 8 • Reassentamento e/ou convivência com as cheias.

9 Inicialmente, o presente capítulo introduz o assunto em questão por meio da apresentação  
10 dos critérios considerados, das premissas adotadas e da estrutura estabelecida para a execução  
11 das análises de intervenções. Em um segundo momento, o capítulo aborda o estudo  
12 propriamente dito, propondo as intervenções ao longo do Rio Capivari de modo a evitar a  
13 inundação de qualquer edificação ou infraestrutura para a cheia de projeto. Para tanto, o Rio  
14 Capivari foi dividido em 30 trechos, os quais seguem a divisão das 30 sub-bacias já apresentadas  
15 neste PDM. Neste sentido, cada trecho é mencionado em função das proposições de  
16 intervenções.

17 Ainda, são apresentadas as estimativas de custos das intervenções propostas para o Rio  
18 Capivari. Nesta etapa as alternativas propostas em um mesmo trecho são confrontadas em  
19 termos de custos, permitindo uma análise de quais devem ser levadas adiante nas etapas  
20 posteriores de projeto.

21 Por fim, são mencionadas proposições de ações complementares no meio urbano e no  
22 meio rural, de caráter extensivo, de modo a atuarem em concomitância com as medidas  
23 estruturais e localizadas propostas, contribuindo com o adequado funcionamento do sistema de  
24 macrodrenagem na BHC.

### 25 7.1. Abordagem metodológica

26 Este item apresenta os critérios e premissas adotados para as análises de proposição de  
27 intervenções no Rio Capivari, também chamadas de medidas estruturais, bem como as etapas  
28 realizadas na proposição de alternativas.

1           **7.1.1. Critérios e premissas**

2           As intervenções para melhoria da macrodrenagem (medidas estruturais) do Rio Capivari  
3 foram baseadas no cenário de prognóstico, estruturado no TOMO I do presente estudo. Os itens  
4 a seguir apresentam os critérios e premissas adotados.

5                   7.1.1.1.           *Tempo de retorno da cheia de projeto e de risco de inundação*

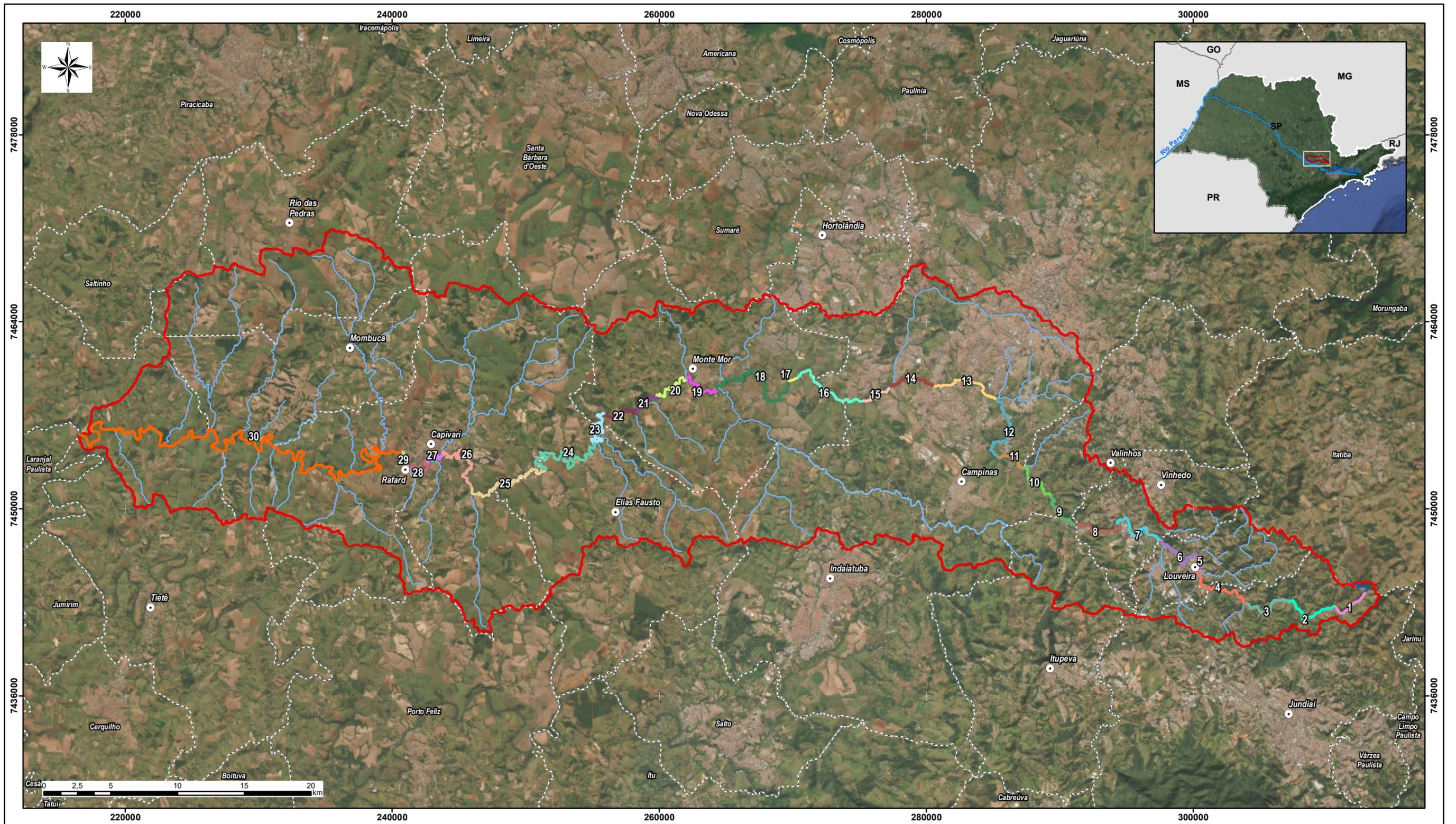
6           Foram definidas duas condições de funcionamento do Rio Capivari em função do tempo  
7 de retorno da cheia, sendo elas:

- 8           • Dimensionamento: nesta condição a macrodrenagem deve apresentar  
9 funcionamento pleno, isto é, não ocorrerá inundação de edificações ou  
10 infraestruturas importantes (vias asfaltadas).
- 11          • Verificação: condição utilizada para verificação de segurança dos sistemas de  
12 proteção por diques. Ainda, nesta condição admitiu-se a existência de áreas  
13 ocupadas com risco de inundação, as quais serão objeto de medidas  
14 complementares.

15          Os tempos de retorno definidos para as duas condições de funcionamento são:

- 16          • Dimensionamento (cheia de projeto):
  - 17                  ○ 10 anos: funcionamento pleno desde a nascente até o final do Trecho 14,  
18 no município de Campinas, na confluência do Córrego Piçarrão;
  - 19                  ○ 25 anos: funcionamento pleno desde a confluência do Córrego Piçarrão  
20 (início do Trecho 15) até o deságue no Rio Tietê;
- 21          • Verificação:
  - 22                  ○ 100 anos: verificação de áreas de risco além da faixa alagada, na condição  
23 de funcionamento pleno, e definição da altura de diques de proteção.

24          Assim, em função do porte do rio, a cheia de projeto tem dois tempos de recorrência  
25 distintos: 10 anos até o Trecho 14 do Rio Capivari, e 25 anos daí a jusante, até a foz. A verificação  
26 é realizada para todos os trechos para a cheia de 100 anos de tempo de retorno, que servirá  
27 como base para definir a zona de risco de inundação, além das áreas protegidas, bem como  
28 servir para a verificação de segurança de diques. O Mapa 7.1 apresenta a divisão de trechos, a  
29 partir dos quais o Rio Capivari foi discretizado para a apresentação das seções que sofrem  
30 intervenções, e os municípios da BHC.



**LEGENDA**

|                         |                                |             |             |             |             |
|-------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ○ Sede municipal        | <b>Trechos do Rio Capivari</b> | — Trecho 6  | — Trecho 13 | — Trecho 20 | — Trecho 27 |
| — Hidrografia           | — Trecho 1                     | — Trecho 7  | — Trecho 14 | — Trecho 21 | — Trecho 28 |
| ○ Bacia do Rio Capivari | — Trecho 2                     | — Trecho 8  | — Trecho 15 | — Trecho 22 | — Trecho 29 |
| — Limite municipal      | — Trecho 3                     | — Trecho 9  | — Trecho 16 | — Trecho 23 | — Trecho 30 |
|                         | — Trecho 4                     | — Trecho 10 | — Trecho 17 | — Trecho 24 |             |
|                         | — Trecho 5                     | — Trecho 11 | — Trecho 18 | — Trecho 25 |             |
|                         |                                | — Trecho 12 | — Trecho 19 | — Trecho 26 |             |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p> | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>  |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:280.000</p>   | <p><b>Mapa 7.1. Discretização do Rio Capivari em trechos para a análise de medidas estruturais contra inundações</b></p>          | <p>Fonte de dados:<br/>- Sede municipal: IBGE, 2021<br/>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Trechos: Profill, 2023.</p> |

1                                    7.1.1.2.                    *Proteção por diques e muros*

2                    A premissa básica é que, na cheia de projeto, nenhuma edificação seja atingida, sendo  
3 que as propostas de proteção por diques e outros tipos de intervenção devam beneficiar a  
4 coletividade e não uma dada propriedade, bem como garantir o adequado ordenamento urbano,  
5 eliminando situações de risco. Assim, foram propostas medidas de proteção em bairros e em  
6 aglomerados de edificações para a cheia de projeto, visando eliminar o risco de inundação nessa  
7 situação.

8                    Foram previstos dois diferentes tipos de diques: diques construídos em terra e diques  
9 construídos em concreto, os quais foram diferenciados, principalmente, em função da  
10 disponibilidade de espaço que cada local dispunha para receber tal implementação de  
11 segurança. Em um segundo plano, foram considerados aspectos paisagísticos de cada local  
12 para a tomada de decisão quanto ao tipo de estrutura, como aproveitamento de obras lineares  
13 (estradas), usufruindo de muros já existentes.

14                    No entanto, ao longo das análises, foram verificadas algumas situações específicas de  
15 difícil solução técnica e que contrariam o interesse comum na implantação de obras de proteção.  
16 Desta forma, foram previstos casos de desapropriação ou convivência com as cheias.

17                                    7.1.1.3.                    *Dimensionamento de diques*

18                    Para fins de estudo de alternativas, foi definido um critério de dimensionamento dos diques  
19 de proteção. Ainda que a cheia de projeto seja de 10 e 25 anos (dependendo do trecho do rio),  
20 a definição da cota de coroamento média do dique é determinada pela cheia de 100 anos de  
21 tempo de retorno, acrescida de folga. No caso de diques de terra, a folga deve ser de 1 metro.  
22 Para fins de estimativa de volume e custos, considerou-se uma seção-tipo com crista de 2  
23 metros, e taludes com inclinação 1:2 (V:H). Para diques de concreto, a folga admitida foi de 30  
24 cm.

25                    Ressalta-se que tais valores foram adotados para o estudo de planejamento e estimativa  
26 de custos, e não se trata de uma orientação para projetos específicos de proteção. Em projeto  
27 futuros, advindos ou não do presente PDM, a borda livre e a cota de coroamento do dique devem  
28 ser objeto de estudo específico, a ser realizado na etapa de projeto básico de engenharia.

1                    7.1.1.4.                    *Reassentamento e convivência com a cheia*

2                    A proposição de reassentamento observou a seguinte premissa: nenhuma edificação com  
3 finalidade de moradia permanente pode ser atingida pela cheia de projeto. Conforme será  
4 descrito no item 7.2.2, as ocupações residenciais regulares foram objeto de proteção por diques,  
5 com exceção daquelas muito próximas ao rio (normalmente em áreas de APP), isoladas ou em  
6 pequenos aglomerados. Nestes casos, o reassentamento é recomendado.

7                    Ainda, as ocupações irregulares na mancha de inundação da cheia de projeto foram  
8 classificadas como áreas de reassentamento. Tais locais foram observados nas imagens de  
9 satélite como ocupação desordenada (sistema viário fora do padrão) e/ou muito próximas ao rio  
10 (dentro de áreas de APP), em situação de grande vulnerabilidade, sem saneamento adequado,  
11 sujeitas a inundações de grande velocidade e, geralmente, em construções precárias. Desta  
12 forma, aproveita-se a oportunidade de redução de risco de inundação para fins de regularização  
13 fundiária.

14                    A convivência com as cheias para as vazões de projeto adotadas é uma situação de  
15 exceção, que foi minimizada ao máximo, sob a premissa de que nenhum prejuízo deva ocorrer  
16 para a cheia de projeto. No entanto, algumas situações particulares foram abordadas desta  
17 forma, em função da dificuldade técnica de sugerir uma proteção estrutural contra inundação e  
18 da característica da ocupação.

19                    Conforme descrito no item anterior, para ocupações residenciais não se admitiu a  
20 possibilidade de convivência com a cheia de projeto. Entretanto, tal possibilidade foi considerada  
21 para estruturas de esportes e lazer, como casas de festa, lagos para pesca e pistas de equitação,  
22 bem como para instalações rurais e/ou industriais isoladas, como pavilhões e pátios. Para estas  
23 situações não está eliminada a necessidade de proteção, mas a solução deve ser analisada caso  
24 a caso pelo proprietário, uma vez que o(s) proprietário(s) julgue que os prejuízos advindos de  
25 inundação possam superar os custos com as medidas de proteção.

26                    7.1.1.5.                    *Canalização e desassoreamento*

27                    A canalização de trechos de rio em concreto foi considerada como uma alternativa apenas  
28 em trechos de rio já confinados pelo desenvolvimento urbano (ou por estradas) e sem a presença  
29 de mata ciliar. Ou seja, não foi considerada como viável a proposição de canais de concreto em  
30 trechos com mata ciliar densa. Nestes locais, a solução foi direcionada para proteções por  
31 diques, reassentamento ou, em alguns casos que havia indicação em estudos anteriores, para  
32 dragagens, visando a uma menor intervenção em Áreas de Proteção Permanente.

1 Ainda, a canalização com seção em terra, de modo a regularizar trechos do rio, foi  
2 considerada como alternativa em locais em que a calha retificada pudesse trazer considerável  
3 rebaixamento da linha d'água. Seria uma alternativa menos invasiva e integrada ao ambiente em  
4 zonas de APP com vegetação ciliar, quando comparada a obras de canalização em concreto.

5 Quanto ao desassoreamento, a proposição de uma seção-tipo, normalmente trapezoidal,  
6 é similar à da canalização de seções em terra. No entanto, na canalização há uma escavação  
7 de boa parte da seção, de fato alterando o porte da calha do curso d'água e homogeneizando  
8 toda a seção do rio que recebe a intervenção, ocasionando cortes e aterros.

9 No desassoreamento, a premissa é de que a seção-tipo proposta deve configurar apenas  
10 uma retificação da calha nos trechos obstruídos, o que, na geometria do modelo hidráulico,  
11 proporciona cortes moderados. Na prática, o procedimento equivale a retirada de material  
12 sedimentado, retificando-se o fundo do rio e ocasionando o retaludamento da calha, com ajustes  
13 na declividade e emparelhamento das margens, utilizando o material cortado para conformar  
14 bermas de proteção. Desse modo, o desassoreamento garante uma seção mínima para todo um  
15 determinado trecho de rio, sendo que as seções naturais superiores à seção planejada são  
16 mantidas naturais.

#### 17 7.1.1.6. Readequação de travessias

18 Como já apresentado no diagnóstico da BHC, através do TOMO I, a readequação de uma  
19 travessia (transposição de talvegue) foi considerada necessária quando esta implicava em  
20 aumento da inundação em áreas ocupadas no entorno. No entanto, nesta etapa supracitada dos  
21 estudos, as travessias foram testadas uma a uma para verificação de impactos de inundação na  
22 vizinhança, e assim, considerando as possíveis sinergias (efeito de remanso) entre elas. Ainda,  
23 ao invés de uma representação idealizada de melhoria no modelo hidráulico, suprimindo a  
24 estrutura, foram testadas possíveis melhorias em cada uma das travessias, na forma de  
25 alternativas de projeto.

26 Foram considerados os seguintes critérios para as alternativas de projeto de readequação  
27 das travessias:

- 28 • Bueiro cuja vazão seria adequada a pontilhões (área de drenagem > 20 km<sup>2</sup>) são  
29 previstos como novos pontilhões;
- 30 • Quando a travessia ocasiona o estreitamento da calha, o primeiro passo é aumentar  
31 o vão com novo pontilhão, ou vão de ponte;

- 1 • Todos os pontilhões novos são propostos inicialmente com viga padrão de 20  
2 metros de extensão, e vão livre para passagem da cheia de 14 m;
- 3 • Caso o pontilhão de 20 metros seja insuficiente, é testado pontilhão de 30 metros  
4 (com vão de 24 m);
- 5 • Nas pontes, quando necessário ampliação do vão, são propostos módulos entre  
6 pilares de mesma extensão dos existentes;
- 7 • A seção ampliada sob pontilhões é considerada para fins de estimativa de custos  
8 como canalização (pedra ou concreto). Para pontes, considera-se como dragagem;
- 9 • Não devem ser ampliadas seções transversais além da seção média do trecho de  
10 rio natural;
- 11 • Caso a ampliação da seção não seja suficiente, é testada a elevação do greide em  
12 até 1 metro, mantendo a extensão padrão do pontilhão (ou já existente da ponte);
- 13 • Elevações do greide acima de 1 m implicam em aumento da extensão da ponte ou  
14 transformação de pontilhão em ponte.

15 Foi mantida a premissa já indicada no Diagnóstico e Prognóstico – de que o objetivo da  
16 adequação é a resolução da inundação da vizinhança para a cheia de projeto, e não a segurança  
17 ou dimensionamento da via (que é responsabilidade da concessionária do trecho). Assim, alguns  
18 problemas de inundação podem ser dirimidos apenas reduzindo o remanso causado pelas  
19 estruturas, mesmo que as travessias continuem sendo galgadas ou atingidas pela cheia de  
20 projeto. Este tipo de situação é comum em vias urbanas e acessos rurais, cabendo a avaliação  
21 de adequação para fins de segurança ao proprietário.

### 22 **7.1.2. Etapas de análise**

23 A análise realizada contemplou toda a extensão do Rio Capivari, utilizando como base  
24 Sistemas de Informação Geográfica e a interface do modelo hidráulico HEC-RAS, o *RAS Mapper*.  
25 A análise de melhorias através de medidas estruturais segue o procedimento:

- 26 • Análise de obstruções localizadas nas travessias;
- 27 • Teste de proteções localizadas;
- 28 • Análise de medidas alternativas;
- 29 • Verificação do sistema;

- Estimativa de custos e seleção de alternativas.

Os itens a seguir descrevem as análises de cada etapa, em que as intervenções foram identificadas e quantificadas para fins de estimativa de custos.

#### 7.1.2.1. *Obstruções localizadas nas travessias*

No tocante a travessias viárias, a primeira análise realizada consistiu em identificar os bueiros, pontes e pontilhões dispostos ao longo do Rio Capivari que acarretam aumento de inundação a terceiros, em função da redução da seção livre do rio para escoamento. Conforme já mencionado, a restrição ao escoamento que ocasiona aumento de inundação foi considerada para 10 anos de tempo de retorno até a seção de afluência do Córrego Piçarrão (em Campinas), e 25 anos deste ponto a jusante, até a foz do Rio Capivari.

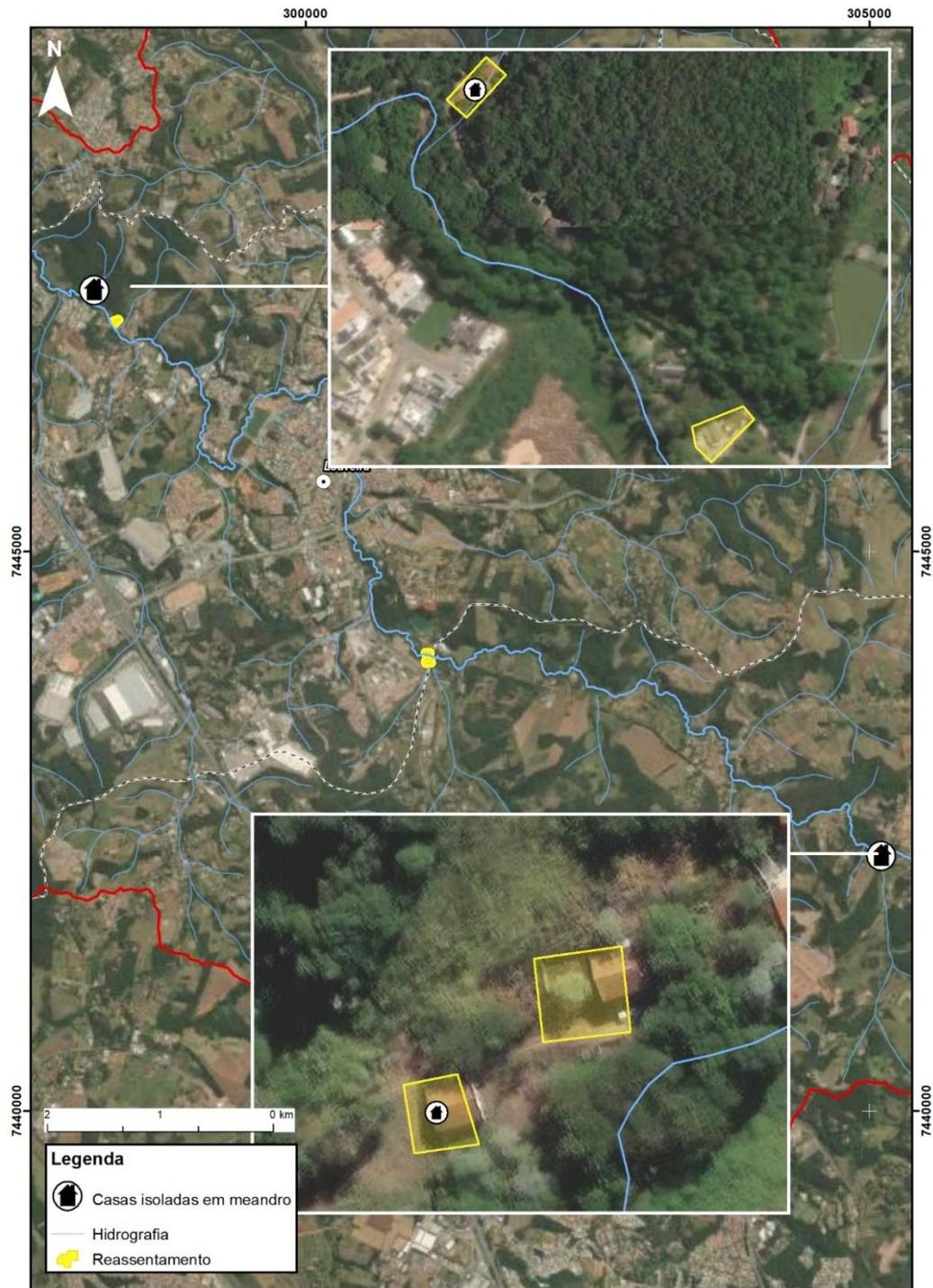
Para identificar o aumento da mancha de inundação ocasionado pela presença das travessias para os três diferentes eventos de precipitação simulados, fez-se uso do modelo hidráulico elaborado no *software* HEC-RAS, onde foram realizadas simulações para o cenário de prognóstico, considerando as travessias existentes e eliminando-se da geometria do modelo apenas aquelas em que se verificou impacto a montante, ocasionando aumento de inundação a terceiros. Tal análise foi realizada em planta, com base na comparação dos limites de inundação dos dois cenários de geometria: com as estruturas disposta tal como se encontram atualmente, e a simulação gerada a partir da representação da calha Rio Capivari – desconsiderando as travessias selecionadas.

As travessias foram analisadas novamente uma a uma, verificando-se o funcionamento hidráulico do Rio Capivari sem sua interferência, em conjunto com outras medidas estruturais, como a proteção de locais atingidos por inundações e melhorias na capacidade de escoamento do canal entre as travessias. Foi realizada uma análise detalhada da alternativa de projeto em cada travessia, de acordo com os critérios descritos no item 7.1.1.6.

#### 7.1.2.2. *Proteções localizadas*

Com base no cenário inicial de intervenções, com as melhorias nas travessias viárias, foi feita uma análise preliminar de locais inundáveis ao longo do Rio Capivari. Para isto, o procedimento realizado consistiu em percorrer o rio de montante para jusante, de modo a identificar através de imagens de satélite as edificações e vias inundadas, para os tempos de retorno de projeto. Tais feições foram, inicialmente, classificadas a partir do tipo de estrutura que as particularidades de cada local exigem para que as edificações sejam protegidas (diques de terra ou muro), ou, ainda, classificando-as como passíveis de realocação.

1 Sobre a última classificação, após uma análise integrada de todos os casos identificados,  
2 os locais passíveis de realocação foram reanalisados e, por fim, classificados como elegíveis a  
3 medidas de reassentamento ou convivência com a cheia, conforme os critérios apresentados no  
4 item 7.1.1.4. A Figura 7.1 ilustra alguns dos casos típicos supracitados.



5  
6

Figura 7.1. Casos típicos de edificações registradas como realocação (PROFILL, 2023).

1 Ressalta-se que as áreas de realocação podem ter definições diversas em  
2 desdobramentos futuros, considerando a implementação do PDM-BHC. Ainda, é possível que  
3 edificações situadas em áreas rurais possam vir a conviver com inundações, até mesmo com  
4 aquelas geradas pelo tempo de retorno considerado no dimensionamento. Também é possível  
5 que áreas de interesse social aqui categorizadas como recomendadas à realocação possam ser  
6 objeto de processo de regularização fundiária, e venham a ser protegidos pelo poder público.

7 Para além, a realização de um levantamento topográfico cadastral local poderá vir a  
8 verificar que a situação de inundação de alguma edificação registrada como reassentamento ou  
9 convivência com a cheia é distinta daquela obtida com base na análise regional realizada no  
10 âmbito deste PDM. Assim, as definições tomadas nesta etapa de estudo servem de base para  
11 que se tenha uma primeira estimativa dos possíveis impactos (e impactados) por inundações do  
12 Rio Capivari.

13 Uma vez identificadas as áreas de proteção, as informações levantadas foram transferidas  
14 para o modelo hidráulico, representadas na forma de diques. Nesta etapa, as cotas máximas dos  
15 diques foram definidas com folga (alguns metros) com relação aos níveis de cheia do evento de  
16 tempo de retorno de 100 anos, de modo a se garantir que as sobre-elevações causadas pelas  
17 intervenções não superariam a cota de alguma das estruturas. Na etapa final de simulação as  
18 cotas foram adequadamente definidas, de acordo com o critério descrito no item 7.1.1.3.  
19 Convencionou-se denominar este cenário de geometria do Rio Capivari, o qual abrange as  
20 melhorias nas travessias, as proteções localizadas (diques) e um trecho de canalização em  
21 concreto (descrito a seguir no item 7.1.2.3), de Cenário Base de intervenções.

### 22 7.1.2.3. Ações alternativas

23 Em paralelo à simulação referente as proteções localizadas, foram testadas alternativas de  
24 rebaixamento da linha d'água, como representação de dragagens, canalizações, detenção  
25 hidráulica e abertura de comportas na Barragem Leopoldina. Tais medidas estruturais  
26 compuseram cenários alternativos ao panorama de apenas proteger as edificações em área de  
27 risco de inundação na cheia de projeto através de diques.

28 A definição da inclusão ou não de tais alternativas no arranjo final é objeto da análise de  
29 custos, conforme descrito no item 7.1.2.5. Foram testados:

- 30 • *Dragagem do Rio Capivari* nas imediações do município de Capivari: a intervenção  
31 se dá do final do trecho 26 ao início do trecho 28, e é consistida por escavar o Rio  
32 Capivari ao longo da cidade de Capivari. Tal obra é prevista por Licença Ambiental,

1           fornecida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), para que  
2           a Prefeitura Municipal Capivari realize o desassoreamento no trecho mencionado  
3           do rio.

- 4           • *Dragagem do Rio Capivari* nas imediações do município de Monte Mor: a  
5           intervenção tem início no meio do trecho 18 e finaliza no início do trecho 20, e é  
6           consistida por escavar o Rio Capivari ao longo de toda a cidade de Monte Mor. Tal  
7           obra é prevista pelo Plano de Macrodrenagem de Monte Mor (2009);
- 8           • *Canalização em concreto* realizada no Rio Capivari, no trecho 5, com extensão de  
9           637 metros: neste trecho, dada a característica longilínea da ocupação afetada pela  
10          inundação e a pré-existência de um canal construído, optou-se por não testar  
11          diques de proteção, definindo-se como solução o canal. Desta forma, tal  
12          intervenção foi incluída no Cenário Base – juntamente com as melhorias de  
13          travessias e obras de proteção;
- 14          • *Canalização (retificação da calha sem revestimento)*: realizada no Rio Capivari, no  
15          trecho 7, com extensão de 886 metros;
- 16          • *Barragem para detenção de cheias* no Rio Capivari-Mirim: a barragem seria  
17          instalada no município de Monte Mor, próximo ao trecho 18, e teria como principal  
18          objetivo atender a demanda por água prevista pelo Plano das Bacias PCJ e pela  
19          SABESP. No presente estudo, analisou-se a capacidade de armazenamento da  
20          futura barragem frente a ocorrência de um evento com tempo de retorno médio de  
21          25 anos, de maneira que, para a situação em que a futura barragem seja capaz de  
22          amortecer esta cheia simulada, diminuir-se-ia a quantidade de água aportada ao  
23          Rio Capivari o que, por sua vez, poderia acarretar na diminuição da mancha de  
24          inundação no referido curso d'água;
- 25          • Cenários de intervenções de *abertura de comportas* na Barragem Leopoldina.

26           Os locais e dimensões de tais intervenções serão apresentados no item 7.2, com os  
27           resultados previstos sobre a lâmina d'água da cheia do Rio Capivari. Do ponto de vista  
28           metodológico, cabe destacar que a representação das medidas estruturais supracitadas,  
29           inseridas no modelo hidráulico (com exceção da barragem de detenção hidráulica), requerem  
30           alterações na geometria do sistema. Portanto, a alteração referente a calha do rio é realizada  
31           modificando as seções existentes, oriundas dos levantamentos de campo, para um formato  
32           convencional, como retangular ou trapezoidal.

1                                    7.1.2.4.                    *Verificação do sistema*

2                    Nesta etapa são verificadas as alturas dos diques em função do nível d'água em cada  
3 trecho do Rio Capivari. Para tal, cada uma das estruturas é definida, em função do espaço  
4 disponível e da altura média, em obra de concreto ou de aterro. Conforme mencionado no item  
5 7.1.1.3, os diques foram verificados para 100 anos de tempo de retorno, considerando uma folga  
6 (borda livre) de 1 m para estruturas em terra, e de 30 cm para muros de concreto.

7                    Nos trechos de rio em que há outras medidas estruturais alternativas, são compostos dois  
8 cenários de projeto. O primeiro, um cenário em que são previstas apenas as obras de proteção;  
9 já no cenário alternativo são introduzidas as demais medidas estruturais, descritas no item  
10 7.1.2.3, o que reduz a altura média dos diques em função de propiciarem o rebaixamento da  
11 linha d'água na cheia de projeto.

12                                    7.1.2.5.                    *Estimativa de custos e seleção de alternativas*

13                    Nesta etapa é realizada a estimativa de custo das alternativas, em cada trecho do Rio  
14 Capivari, e também por município. Os custos são calculados com base em um procedimento  
15 parametrizado, em que indicadores de custos unitários são gerados com base em valores  
16 oriundos de projetos e obras similares. Tais indicadores relacionam custos de implantação a  
17 métricas simples – como volume de aterro ou altura do muro – e possíveis de se obter na etapa  
18 atual de planejamento, em que não se dispõe de informações topográficas e de geotecnia para  
19 o desenvolvimento de projetos detalhados.

20                    Nos trechos com mais de um cenário de alternativas de projeto, considerando que os  
21 benefícios do cenário base e do cenário alternativo são iguais, a quantificação dos custos permite  
22 a indicação de qual alternativa deve ser adotada. O procedimento de composição dos  
23 indicadores, bem como o cálculo de custos de cada alternativa, está apresentado no item 7.3.

## 7.2. Alternativas de intervenções estruturais

Com base nos critérios e premissas definidos no item 7.1.1 e seguindo o procedimento descrito no item 7.1.2, este item apresenta as análises realizadas a partir das medidas estruturais elaboradas para cada trecho do Rio Capivari, por tipo de intervenção:

- Adequação de travessias;
- Diques de proteção;
- Melhoramentos na calha do rio;
- Detenção hidráulica;
- Reassentamento; e
- Convivência com as cheias de projeto.

A partir dos dados de saída do modelo HEC-RAS e após o pós-processamento das informações em SIG, foram mapeadas ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari todas as alternativas de medidas estruturais estudadas, e os novos limites de inundação da cheia de projeto. Este item discute todas as alternativas estruturais cuja implementação no Rio Capivari foi analisada, e as apresenta dividindo-as por tipo e por trecho do rio. Os trechos 1, 17 e 30 não tiveram intervenções previstas.

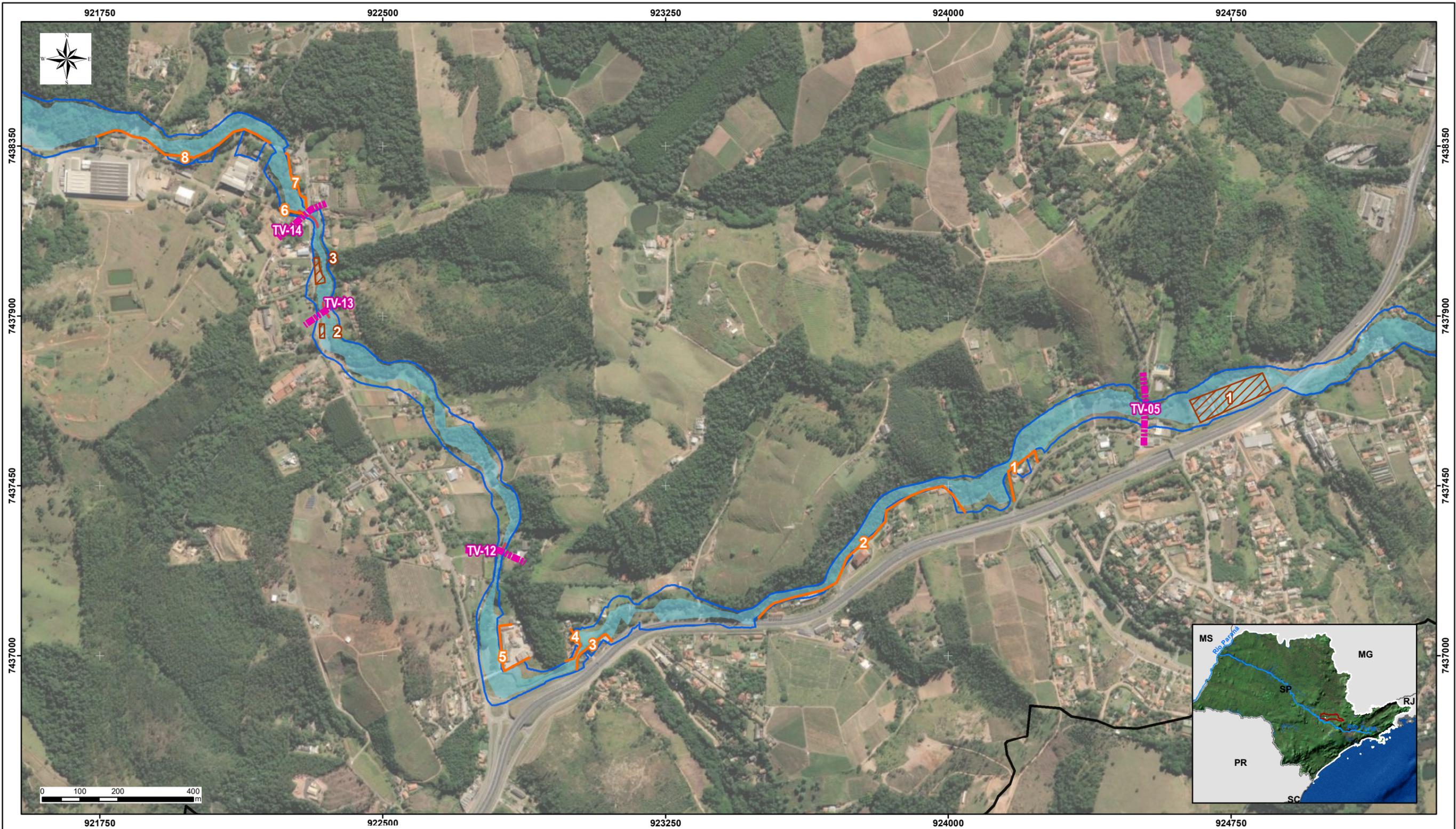
O Mapa 7.2 apresenta a localização das intervenções em cada trecho de rio e município, e os limites de inundação considerando a execução das obras. Os mapas também apresentam aquelas alternativas que foram estudadas, contudo, não foram recomendadas na etapa de análise de custos (a ser apresentada no item 7.3.2). O Mapa 7.2 encontra-se subdividido em 30 *frames*, um para cada trecho do Rio Capivari, de forma a proporcionar uma melhor escala para a visualização das informações.

Os resultados das simulações das intervenções na forma de perfis longitudinais podem ser observados no ANEXO I – para o cenário de alternativas recomendadas. Os perfis gerados no modelo HEC-RAS apresentam o fundo do canal do rio (talvegue), as linhas d'água com a vazão de projeto (10 ou 25 anos de tempo de retorno) e de limite da área de risco de inundação (100 anos de tempo de retorno), além da posição das travessias viárias do Rio Capivari.



| LEGENDA |  |  |
|---------|--|--|
|         | Sede municipal   |  |
|         | Travessias com intervenções estruturais                        |  |
|         | Dique e Muro   |  |
|         | Canalização - Seção retangular                                 |  |
|         | Canalização - Seção trapezoidal                                |  |
|         | Dragagem   |  |
|         | Hidrografia  |  |
|         | Convivência com inundação                                      |  |
|         | Desapropriação e Reassentamento                                |  |
|         | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |  |
|         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |  |
|         | Bacia do Rio Capivari  |  |
|         | Limite municipal   |  |

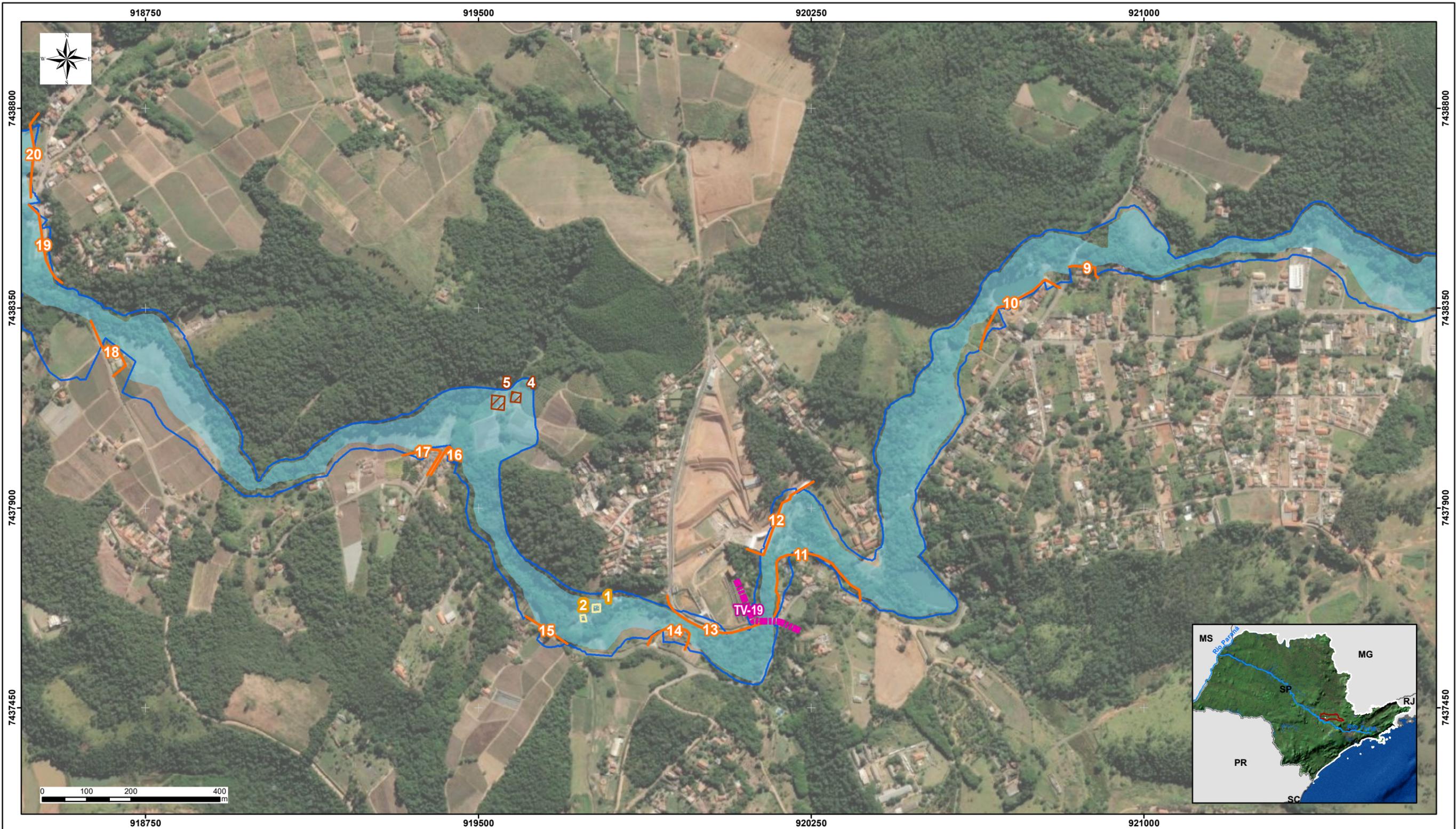
|  |   |
|--|---|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>  | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>  |
| <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>  |   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:8.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 1)</b></p> |
| <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profil, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profil, 2023.</li> </ul> |   |



**LEGENDA**

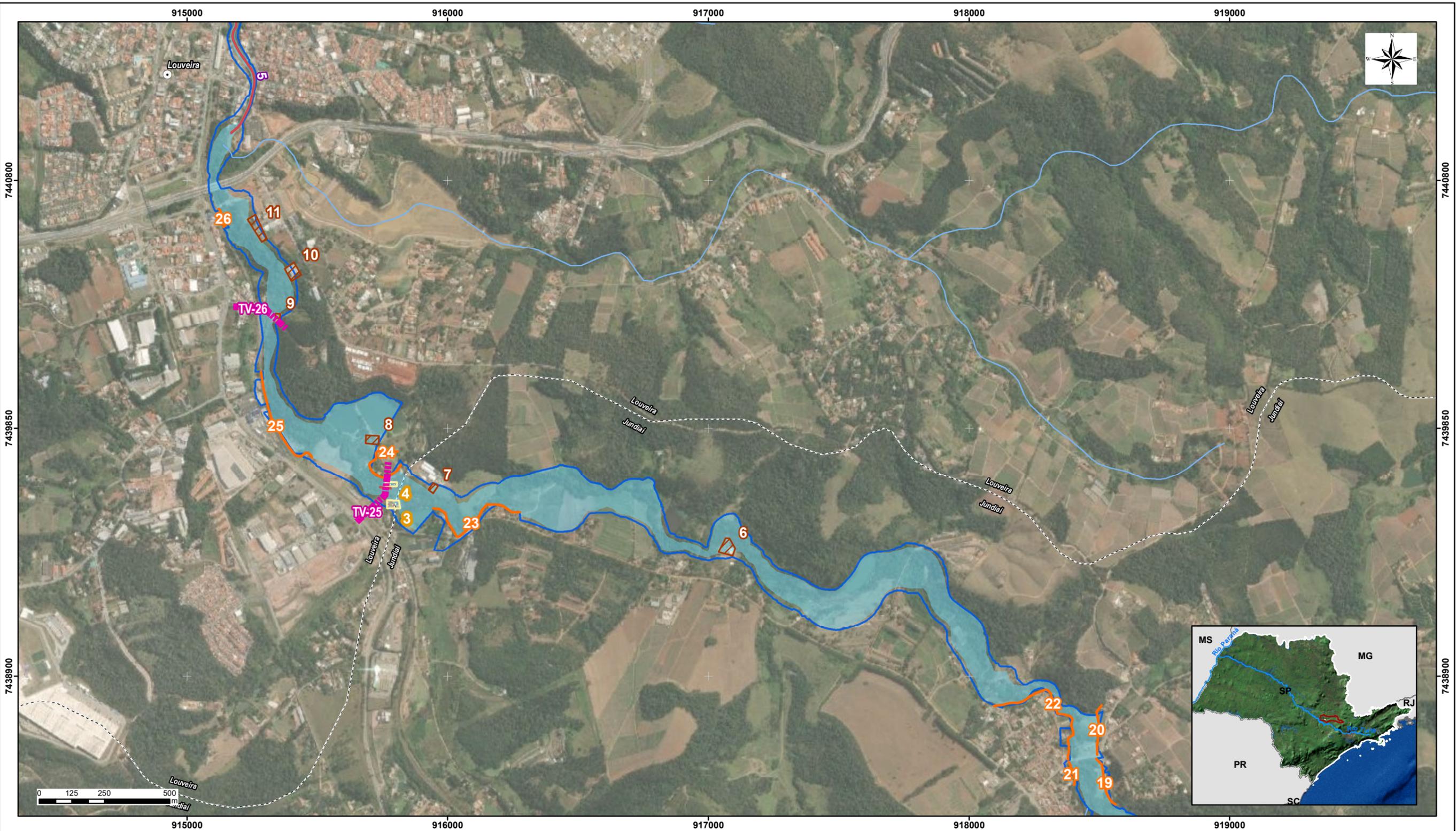
- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊞ Bacia do Rio Capivari |
| ▬ Travessias com intervenções estruturais | ▭ Convivência com inundação                                      | ⊞ Limite municipal      |
| — Dique e Muro                            | ▭ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| — Canalização - Seção retangular          | ⊞ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| — Canalização - Seção trapezoidal         | ⊞ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| --- Dragagem                              |  |                         |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>             | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:10.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 2)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



| LEGENDA |  |  |
|---------|--|--|
|         | Sede municipal   |  |
|         | Travessias com intervenções estruturais                        |  |
|         | Dique e Muro   |  |
|         | Canalização - Seção retangular                                 |  |
|         | Canalização - Seção trapezoidal                                |  |
|         | Dragagem   |  |
|         | Hidrografia  |  |
|         | Convivência com inundações                                     |  |
|         | Desapropriação e Reassentamento                                |  |
|         | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |  |
|         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |  |
|         | Bacia do Rio Capivari  |  |
|         | Limite municipal   |  |

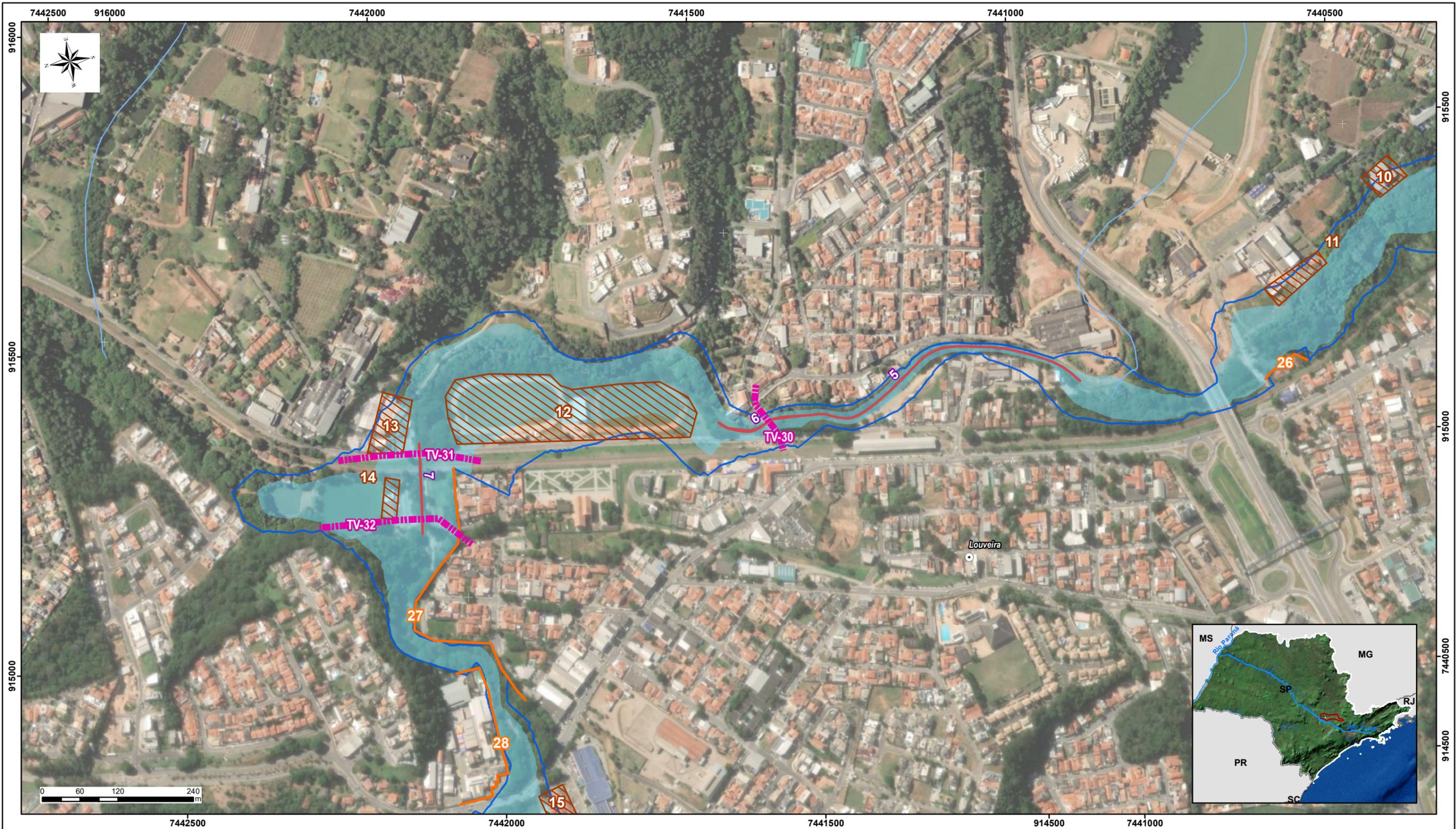
|  |   |
|--|---|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>  | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>  |
| <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>  |   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:8.500</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 3)</b></p> |
| <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |   |



**LEGENDA**

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊞ Bacia do Rio Capivari |
| ▭ Travessias com intervenções estruturais | ⊞ Convivência com inundação                                      | ⊞ Limite municipal      |
| — Dique e Muro                            | ⊞ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| — Canalização - Seção retangular          | ⊞ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| — Canalização - Seção trapezoidal         | ⊞ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| --- Dragagem                              |  |                         |

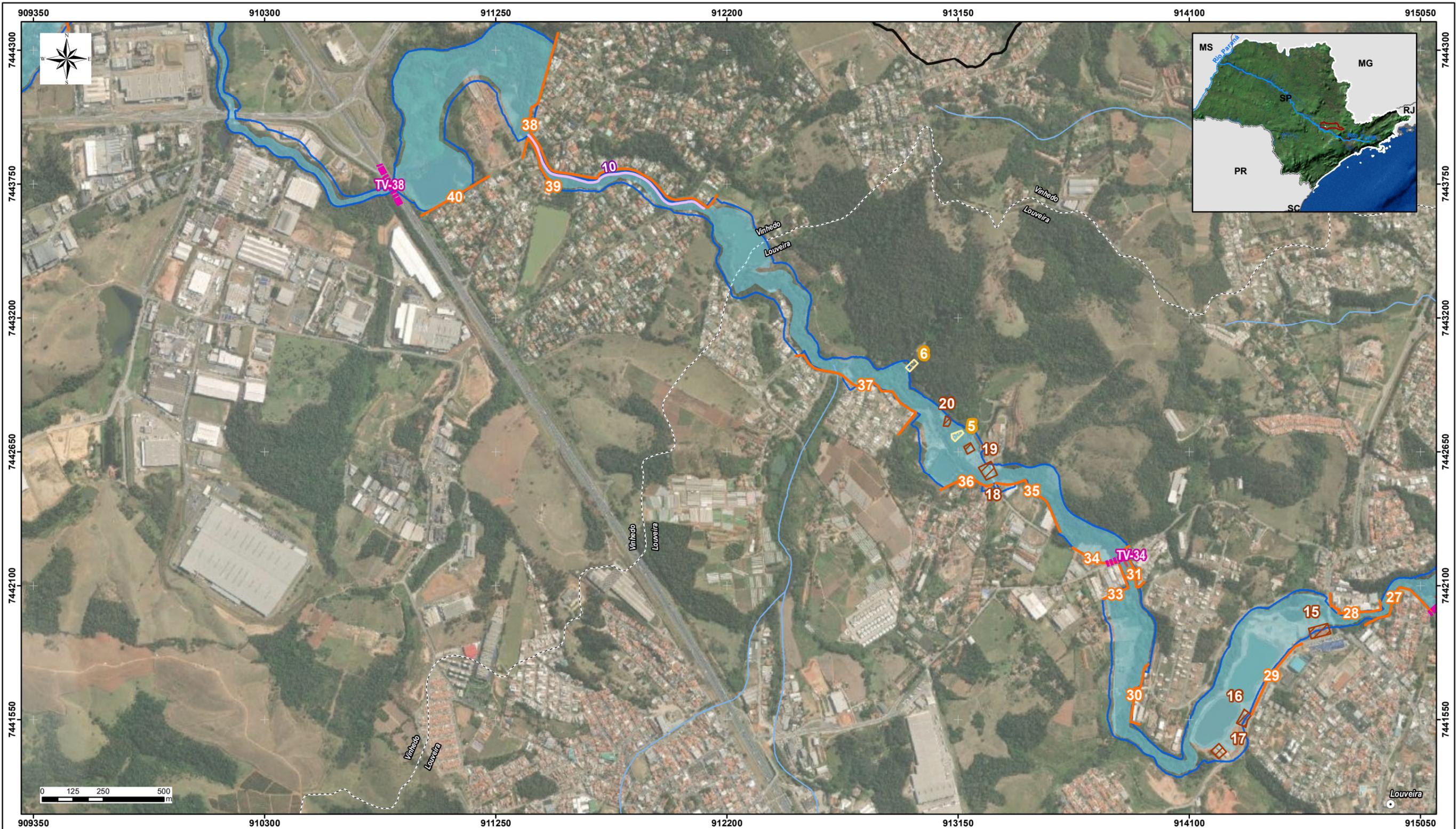
|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>             | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:14.500</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 4)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

- Sede municipal
- ▬ Hidrografia
- ▬ Bacia do Rio Capivari
- ▬ Travessias com intervenções estruturais
- ▬ Convivência com inundação
- ▬ Limite municipal
- ▬ Dique e Muro
- ▬ Desapropriação e Reassentamento
- ▬ Canalização - Seção retangular
- ▬ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais
- ▬ Canalização - Seção trapezoidal
- ▬ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto
- ▬ Dragagem

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>             | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:6.000</p>   | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 5)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| Sede municipal                          | Hidrografia  | Bacia do Rio Capivari |
| Travessias com intervenções estruturais | Convivência com inundação                                      | Limite municipal      |
| Dique e Muro                            | Desapropriação e Reassentamento                                |                       |
| Canalização - Seção retangular          | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                       |
| Canalização - Seção trapezoidal         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                       |
| Dragagem                                |  |                       |

Realização: Agência das Bacias PCJ

Execução: PROFILL

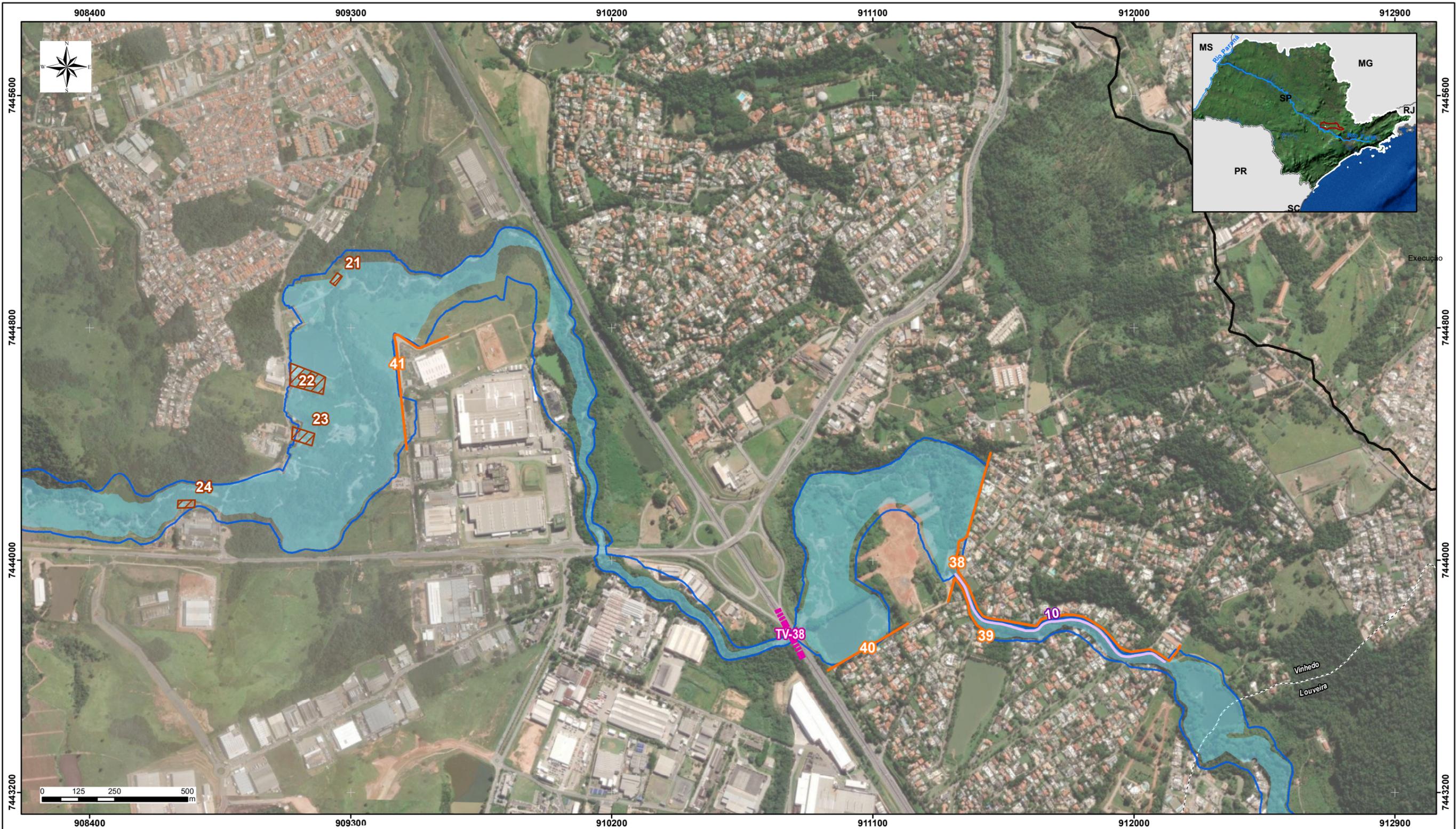
RELATÓRIO FINAL

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:15.500

**Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 6)**

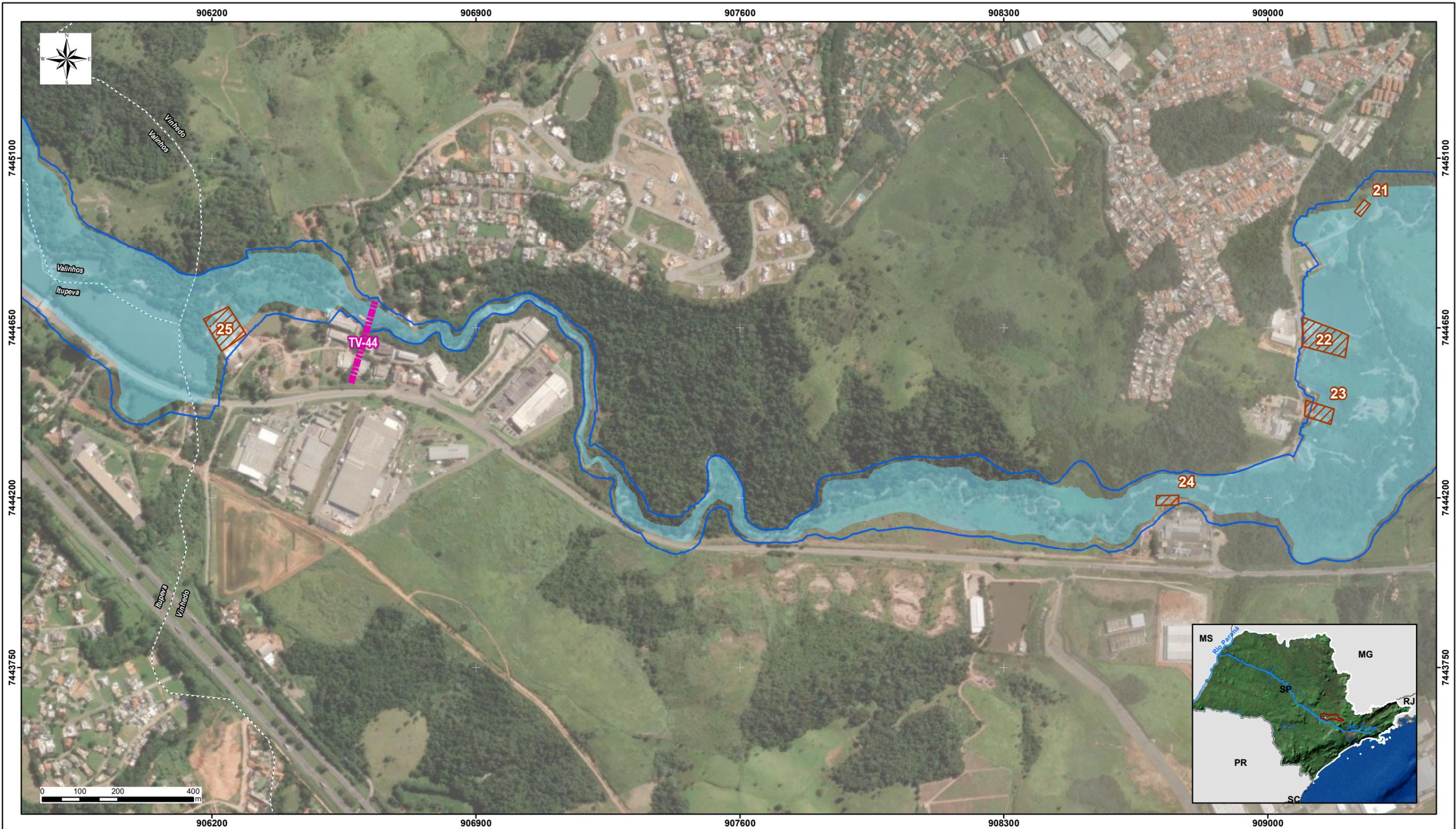
Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Medidas estruturais: Profill, 2023  
- Manchas de inundação: Profill, 2023



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Travessias com intervenções estruturais
- Dique e Muro
- Canalização - Seção retangular
- Canalização - Seção trapezoidal
- Dragagem
- Hidrografia
- ▨ Convivência com inundaç o
- ▨ Desapropria o e Reassentamento
- Mancha de Inunda o TR 100 anos - Com Interven es Estruturais
- Mancha de Inunda o no Cen rio de Projeto
- Bacia do Rio Capivari
- Limite municipal

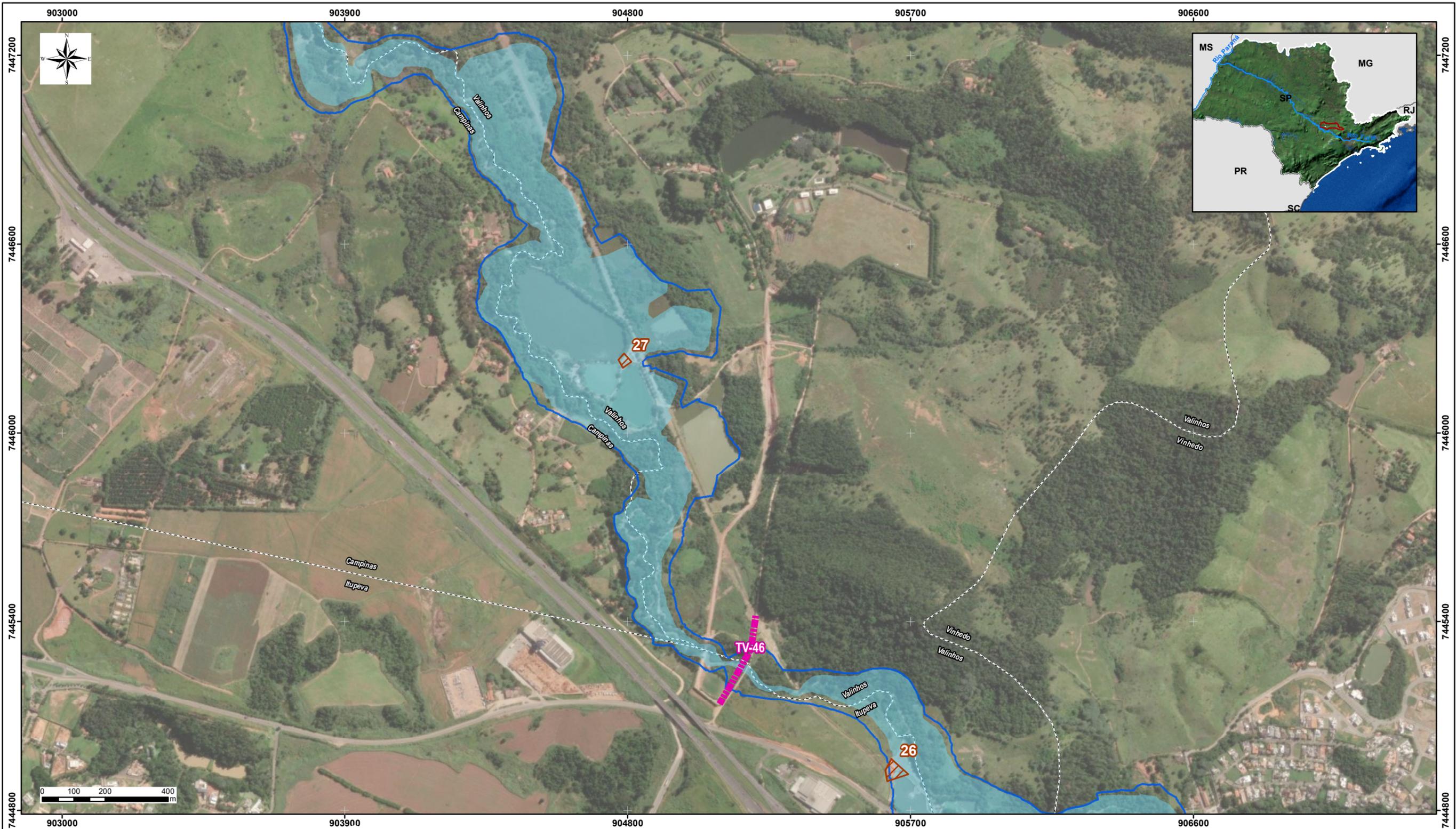
|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>Realiza o</p>  <p>Ag ncia das Bacias PCJ</p> | <p>RELAT RIO FINAL</p> <p><b>ELABORA O DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGR FICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>             |  <p>PROFILL</p>  |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:13.000</p>   | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inunda o considerando estas obras (Trecho 7)</b></p> | <p>Fonte de dados:<br/>- Sede municipal: IBGE, 2021<br/>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Medidas estruturais: Profill, 2023<br/>- Manchas de inunda o: Profill, 2023</p> |



**LEGENDA**

- |   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| ○ Sede municipal                        | Hidrografia  | Bacia do Rio Capivari |
| Travessias com intervenções estruturais | Convivência com inundação                                      | Limite municipal      |
| Dique e Muro                            | Desapropriação e Reassentamento                                |                       |
| Canalização - Seção retangular          | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                       |
| Canalização - Seção trapezoidal         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                       |
| Dragagem                                |  |                       |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>  | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>             | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:10.000</p> | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 8)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

- |   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| ○ Sede municipal                        | Hidrografia  | Bacia do Rio Capivari |
| Travessias com intervenções estruturais | Convivência com inundação                                      | Limite municipal      |
| Dique e Muro                            | Desapropriação e Reassentamento                                |                       |
| Canalização - Seção retangular          | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                       |
| Canalização - Seção trapezoidal         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                       |
| Dragagem                                |  |                       |

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>   |  | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>  |  |
| <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>   |  |   |  |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:12.000</p>  |  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 9)</b></p> |  |
| <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023</li> </ul> |  |   |  |



**LEGENDA**

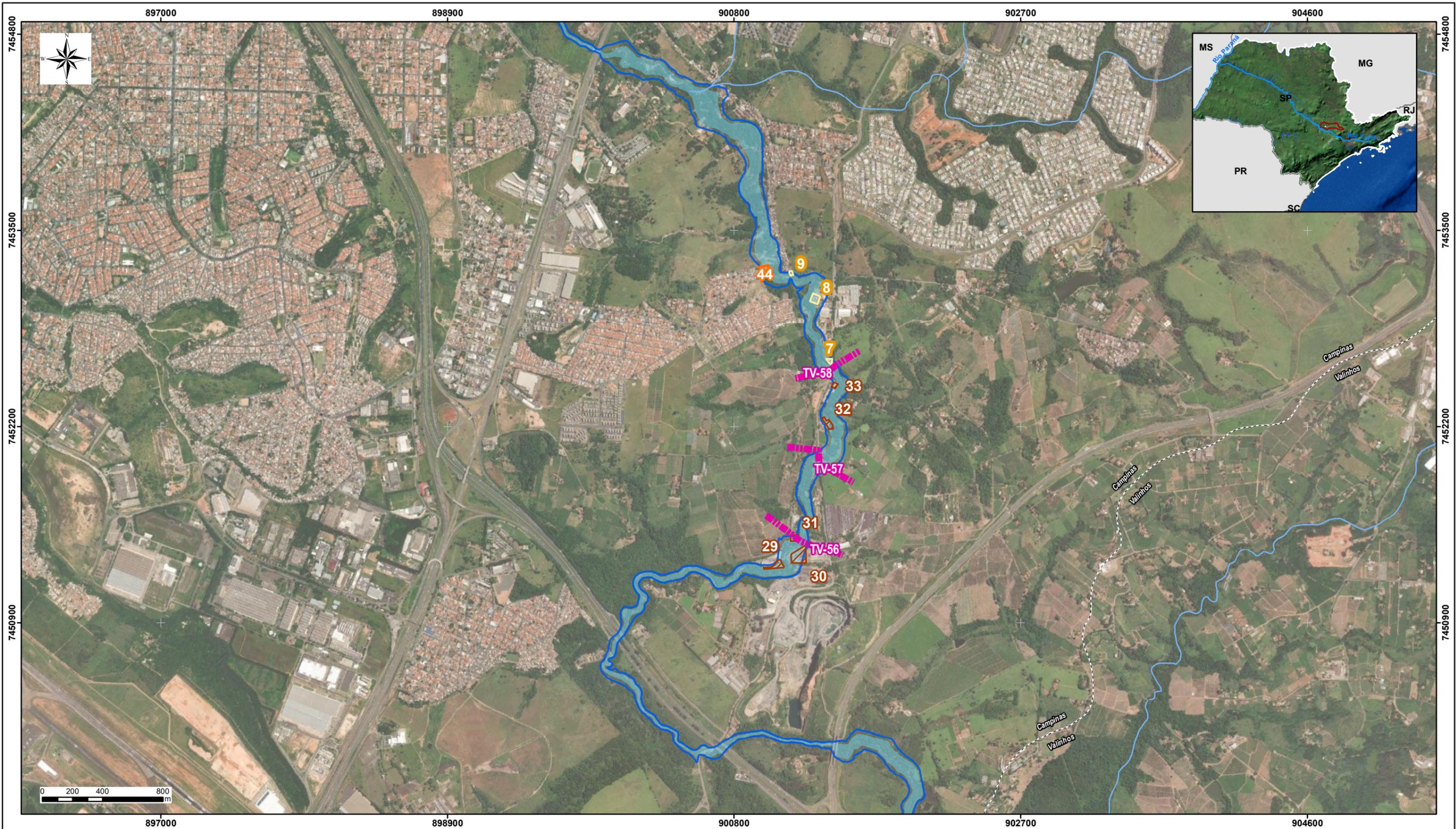
|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| ○ Sede municipal                        | Hidrografia  | Bacia do Rio Capivari |
| Travessias com intervenções estruturais | Convivência com inundação                                      | Limite municipal      |
| Dique e Muro                            | Desapropriação e Reassentamento                                |                       |
| Canalização - Seção retangular          | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                       |
| Canalização - Seção trapezoidal         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                       |
| Dragagem                                |  |                       |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:6.000</p>   | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 10)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



| LEGENDA |  |  |
|---------|--|--|
|         | Sede municipal   |  |
|         | Travessias com intervenções estruturais                        |  |
|         | Dique e Muro   |  |
|         | Canalização - Seção retangular                                 |  |
|         | Canalização - Seção trapezoidal                                |  |
|         | Dragagem   |  |
|         | Hidrografia  |  |
|         | Convivência com inundação                                      |  |
|         | Desapropriação e Reassentamento                                |  |
|         | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |  |
|         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |  |
|         | Bacia do Rio Capivari  |  |
|         | Limite municipal   |  |

|  |  |
|--|--|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>  | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>   |
| <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>  |  |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:6.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 11)</b></p> |
| <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |  |



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Travessias com intervenções estruturais
- Dique e Muro
- Canalização - Seção retangular
- Canalização - Seção trapezoidal
- Dragagem
- ~ Hidrografia
- ▣ Convivência com inundação
- ▣ Desapropriação e Reassentamento
- ~ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais
- ~ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto
- ⊕ Bacia do Rio Capivari
- ⊖ Limite municipal

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:25.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 12)</b></p> | <p>Fonte de dados:<br/>- Sede municipal: IBGE, 2021<br/>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Medidas estruturais: Profill, 2023<br/>- Manchas de inundação: Profill, 2023</p> |



| LEGENDA |  |  |
|---------|--|--|
|         | Sede municipal   |  |
|         | Travessias com intervenções estruturais                        |  |
|         | Dique e Muro   |  |
|         | Canalização - Seção retangular                                 |  |
|         | Canalização - Seção trapezoidal                                |  |
|         | Dragagem   |  |
|         | Hidrografia  |  |
|         | Convivência com inundação                                      |  |
|         | Desapropriação e Reassentamento                                |  |
|         | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |  |
|         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |  |
|         | Bacia do Rio Capivari  |  |
|         | Limite municipal   |  |

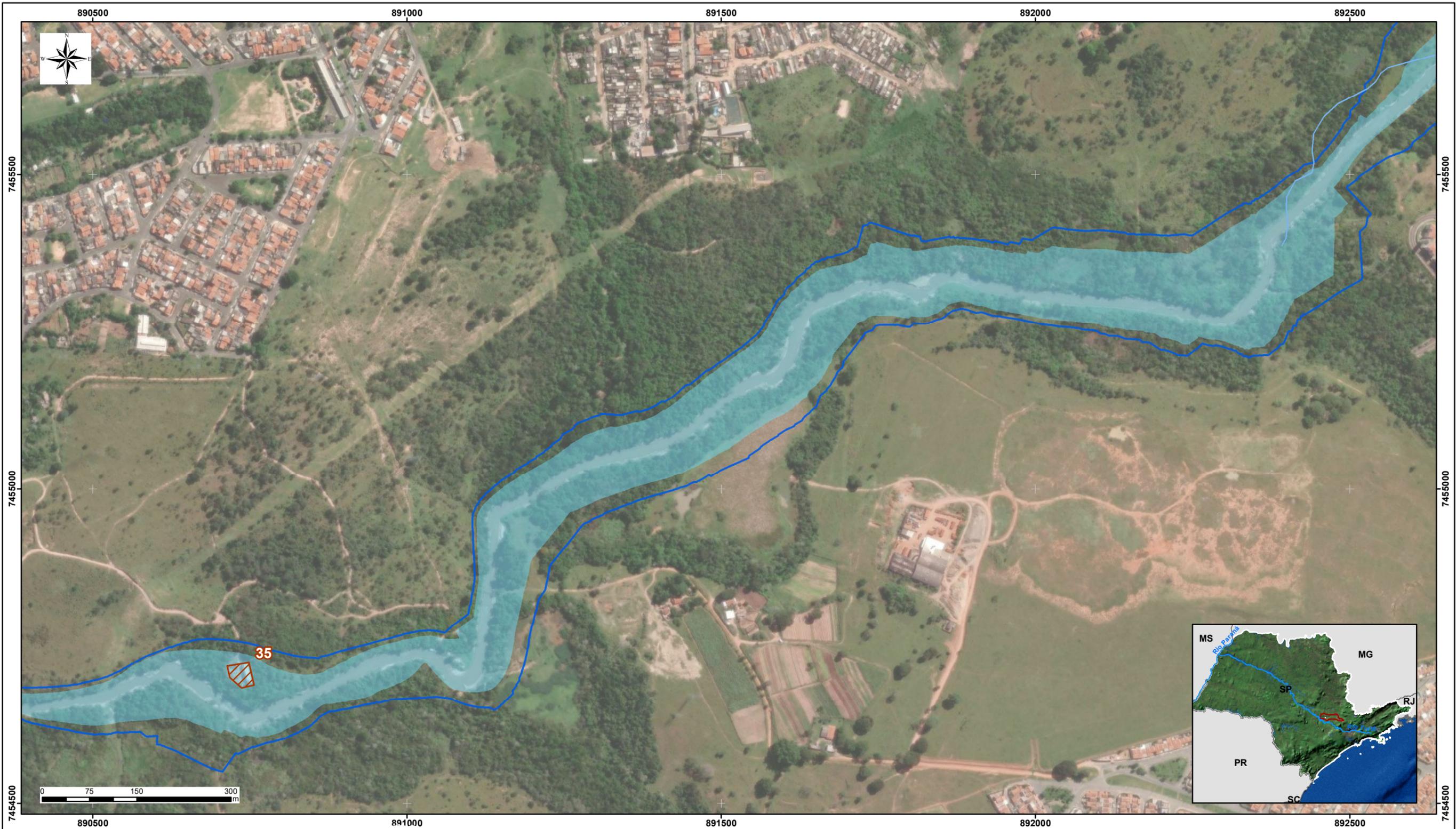
|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:14.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 13)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| ○ Sede municipal                        | Hidrografia  | Bacia do Rio Capivari |
| Travessias com intervenções estruturais | Convivência com inundações                                     | Limite municipal      |
| Dique e Muro                            | Desapropriação e Reassentamento                                |                       |
| Canalização - Seção retangular          | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                       |
| Canalização - Seção trapezoidal         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                       |
| Dragagem                                |  |                       |

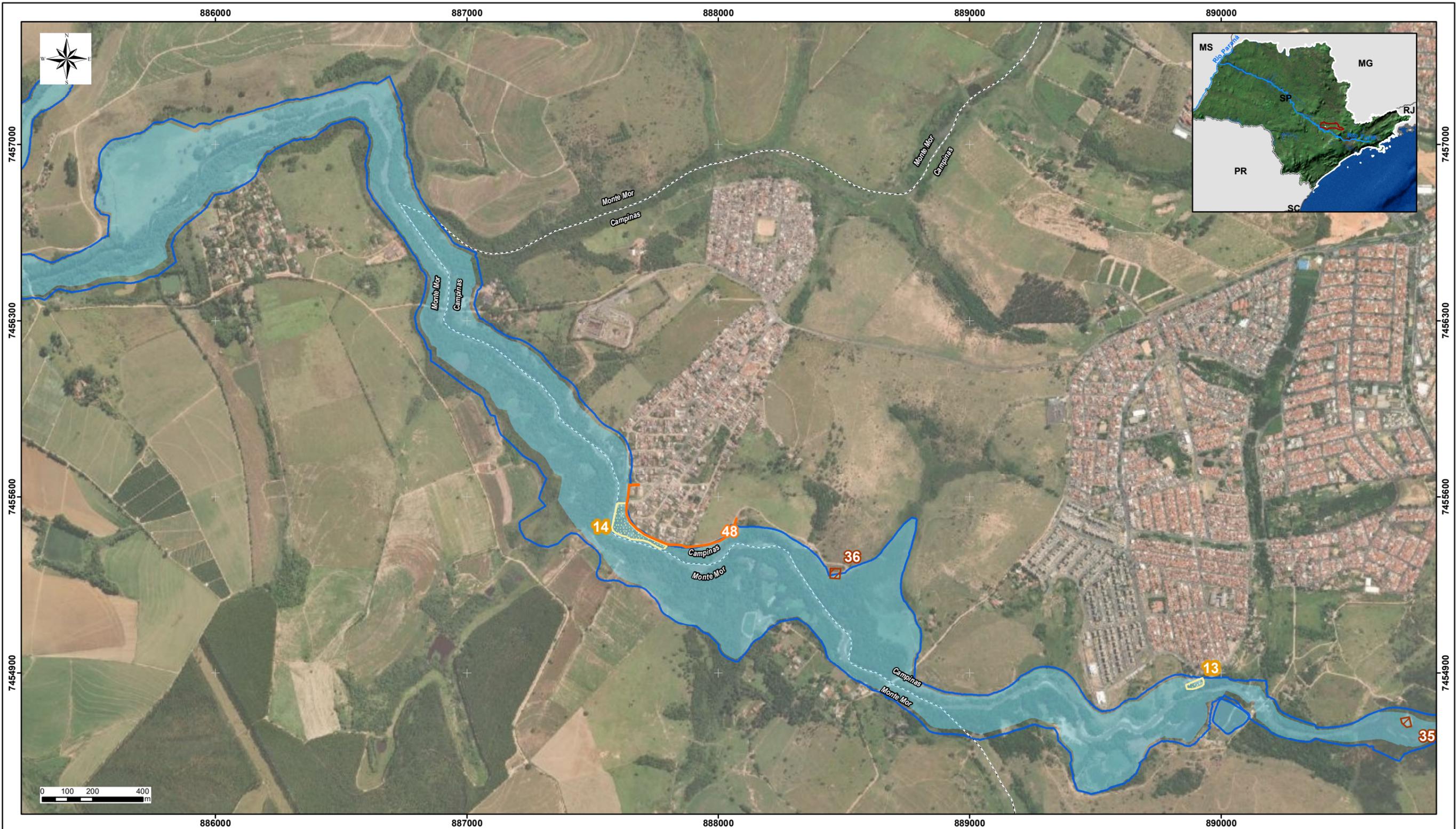
|   |  |
|---|--|
| Realização  | Execução   |
| Agência das Bacias PCJ  |  |
| <b>RELATÓRIO FINAL</b>  |  |
| <b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b> |  |
| Sistema de Coordenadas UTM<br>Datum SIRGAS2000<br>Zona 23S<br>Escala: 1:10.000                      | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 14)</b></p> <p>Fonte de dados:<br/>         - Sede municipal: IBGE, 2021<br/>         - Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>         - Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>         - Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>         - Medidas estruturais: Profill, 2023<br/>         - Manchas de inundação: Profill, 2023.</p> |



**LEGENDA**

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊕ Bacia do Rio Capivari |
| ▬ Travessias com intervenções estruturais | ▭ Convivência com inundações                                     | ⊖ Limite municipal      |
| ▬ Dique e Muro                            | ▭ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| ▬ Canalização - Seção retangular          | ⊕ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| ▬ Canalização - Seção trapezoidal         | ⊕ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| ▬ Dragagem                                |  |                         |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:6.000</p>   | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 15)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊞ Bacia do Rio Capivari |
| █ Travessias com intervenções estruturais | ⊞ Convivência com inundação                                      | ⊞ Limite municipal      |
| — Dique e Muro                            | ⊞ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| — Canalização - Seção retangular          | ⊞ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| — Canalização - Seção trapezoidal         | ⊞ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| --- Dragagem                              |  |                         |

Realização: **PCJ** Agência das Bacias PCJ

Execução: **PROFILL**

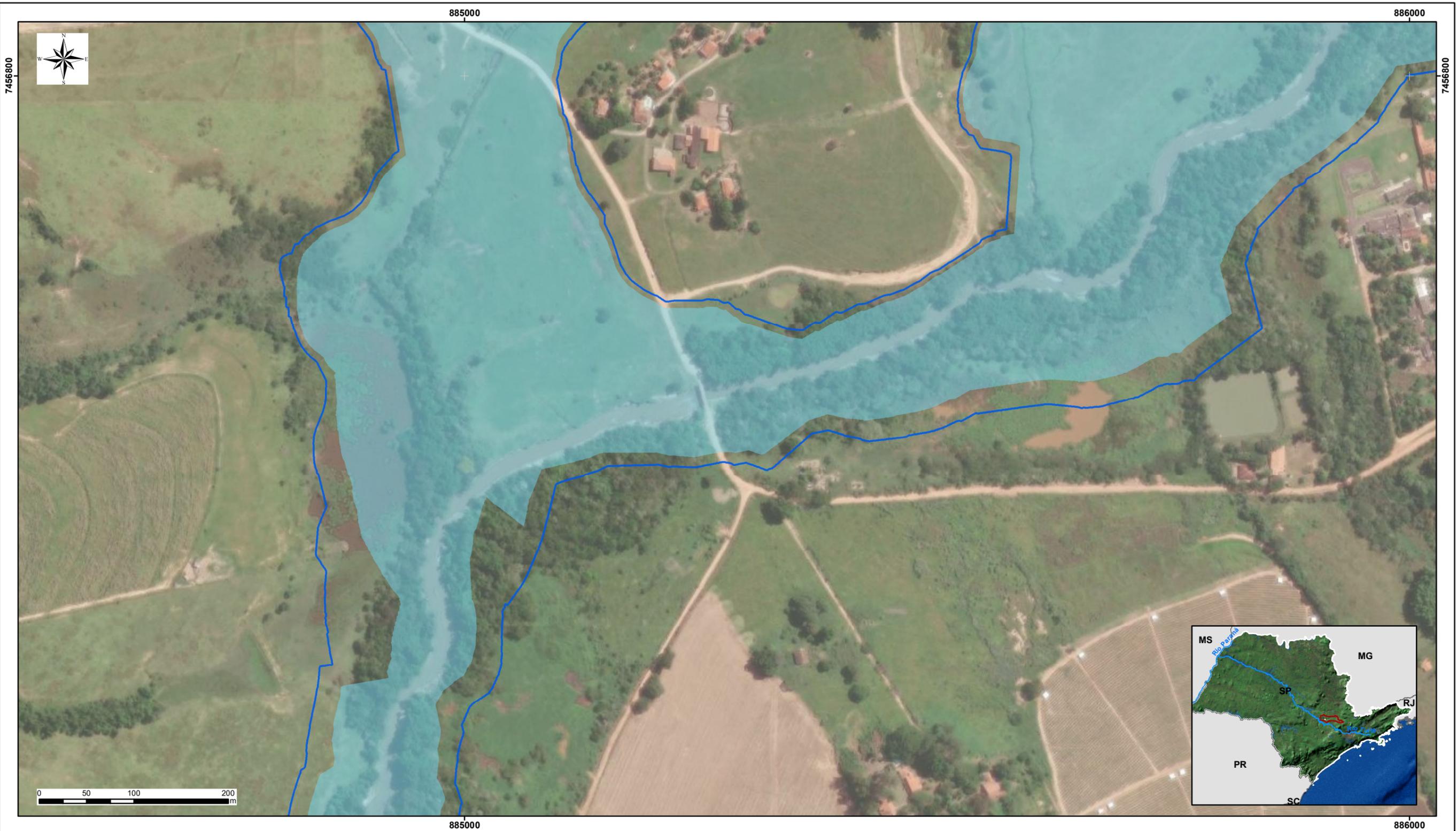
RELATÓRIO FINAL

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 16)**

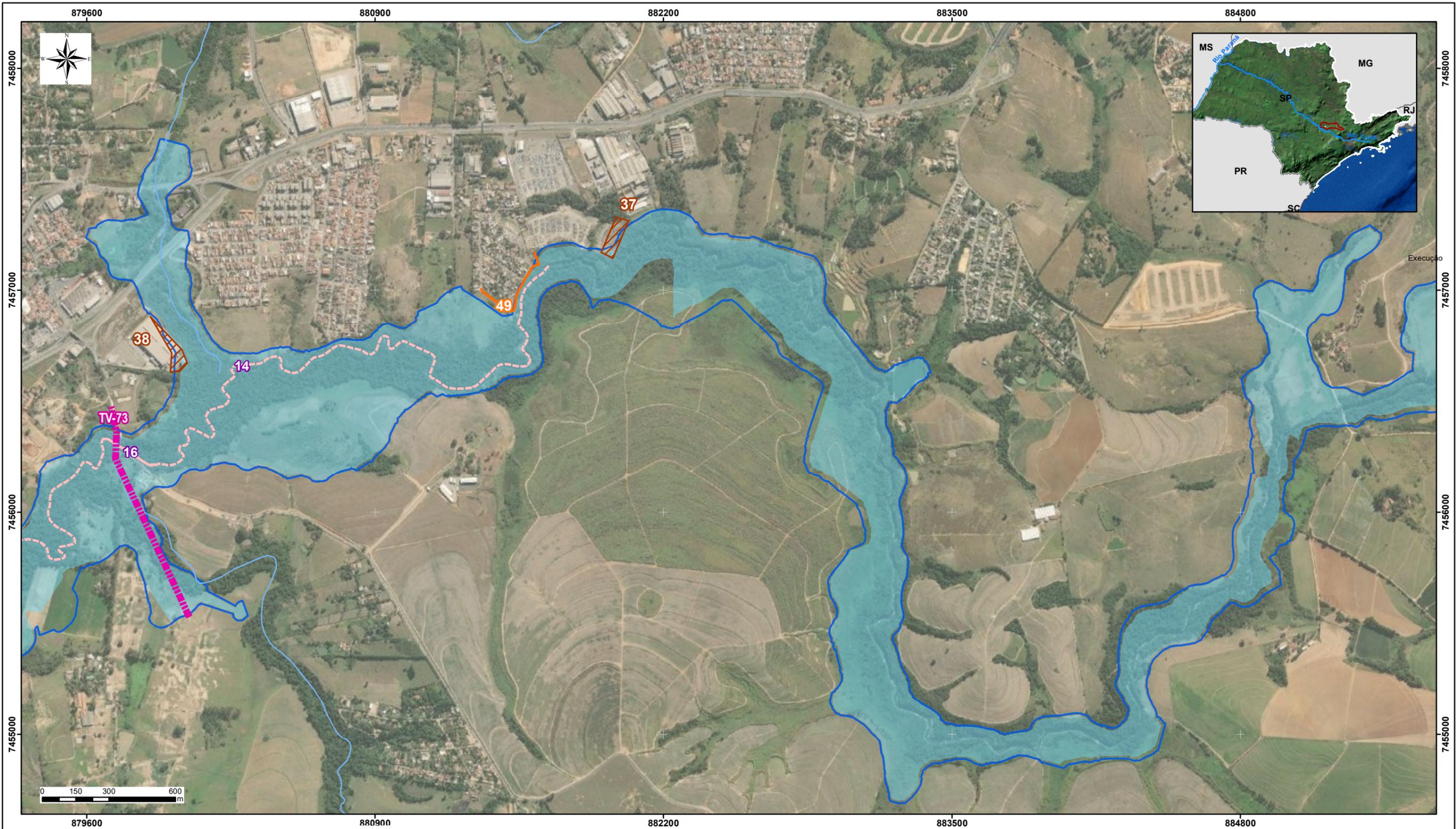
Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:15.000

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Medidas estruturais: Profill, 2023  
- Manchas de inundação: Profill, 2023.



| LEGENDA |   |  |
|---------|---|--|
|         | Sede municipal                          |  |
|         | Travessias com intervenções estruturais |  |
|         | Dique e Muro                            |  |
|         | Canalização - Seção retangular          |  |
|         | Canalização - Seção trapezoidal         |  |
|         | Dragagem                                |  |
|         |   |  |
|         |   |  |

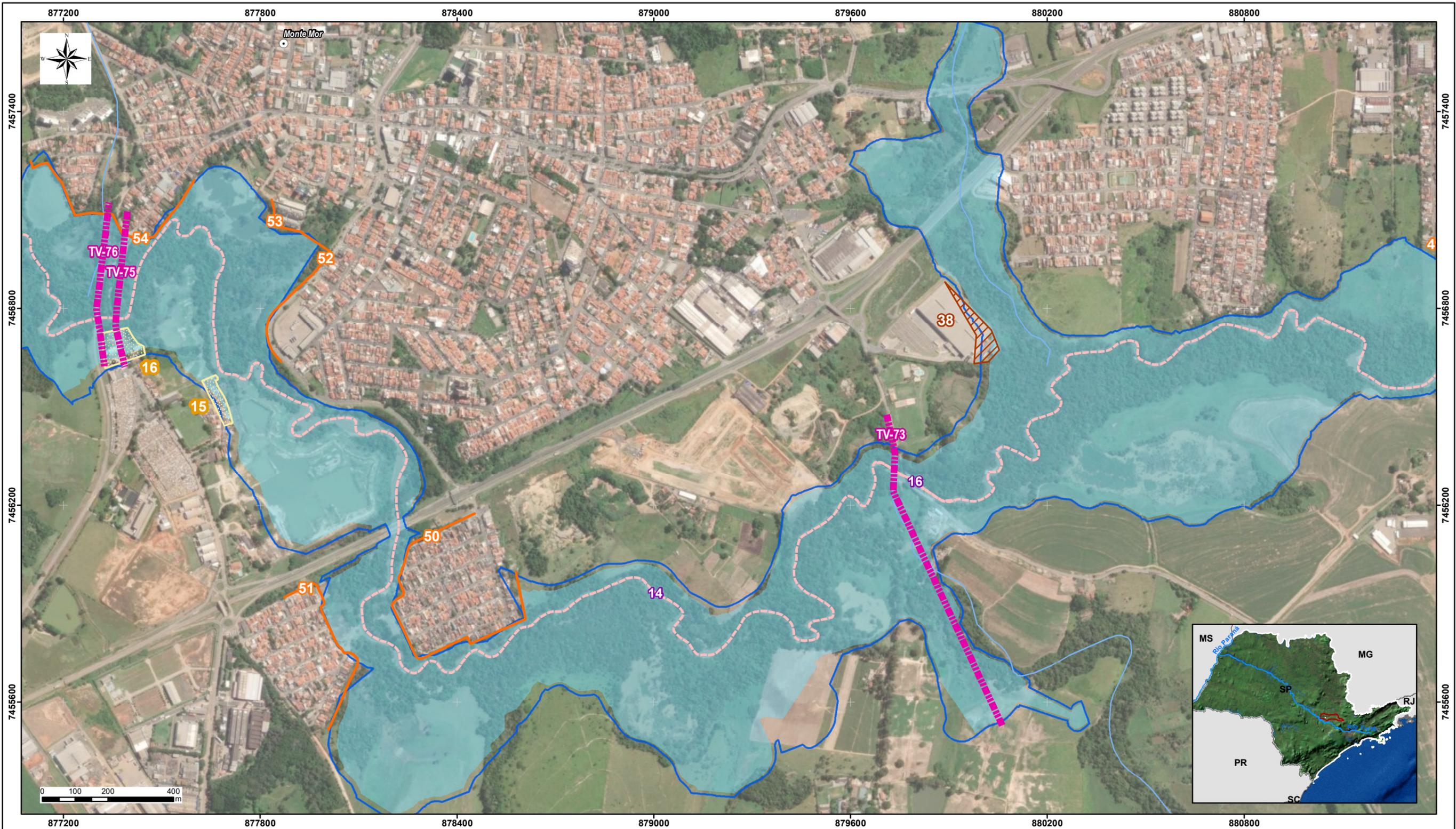
|  |  |
|--|--|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>  | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>   |
| <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>  |  |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:4.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 17)</b></p> |
| <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |  |



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Travessias com intervenções estruturais
- Dique e Muro
- Canalização - Seção retangular
- Canalização - Seção trapezoidal
- Dragagem
- ~ Hidrografia
- ▨ Convivência com inundações
- ▨ Desapropriação e Reassentamento
- ☁ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais
- ☁ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto
- ⊞ Bacia do Rio Capivari
- ⋯ Limite municipal

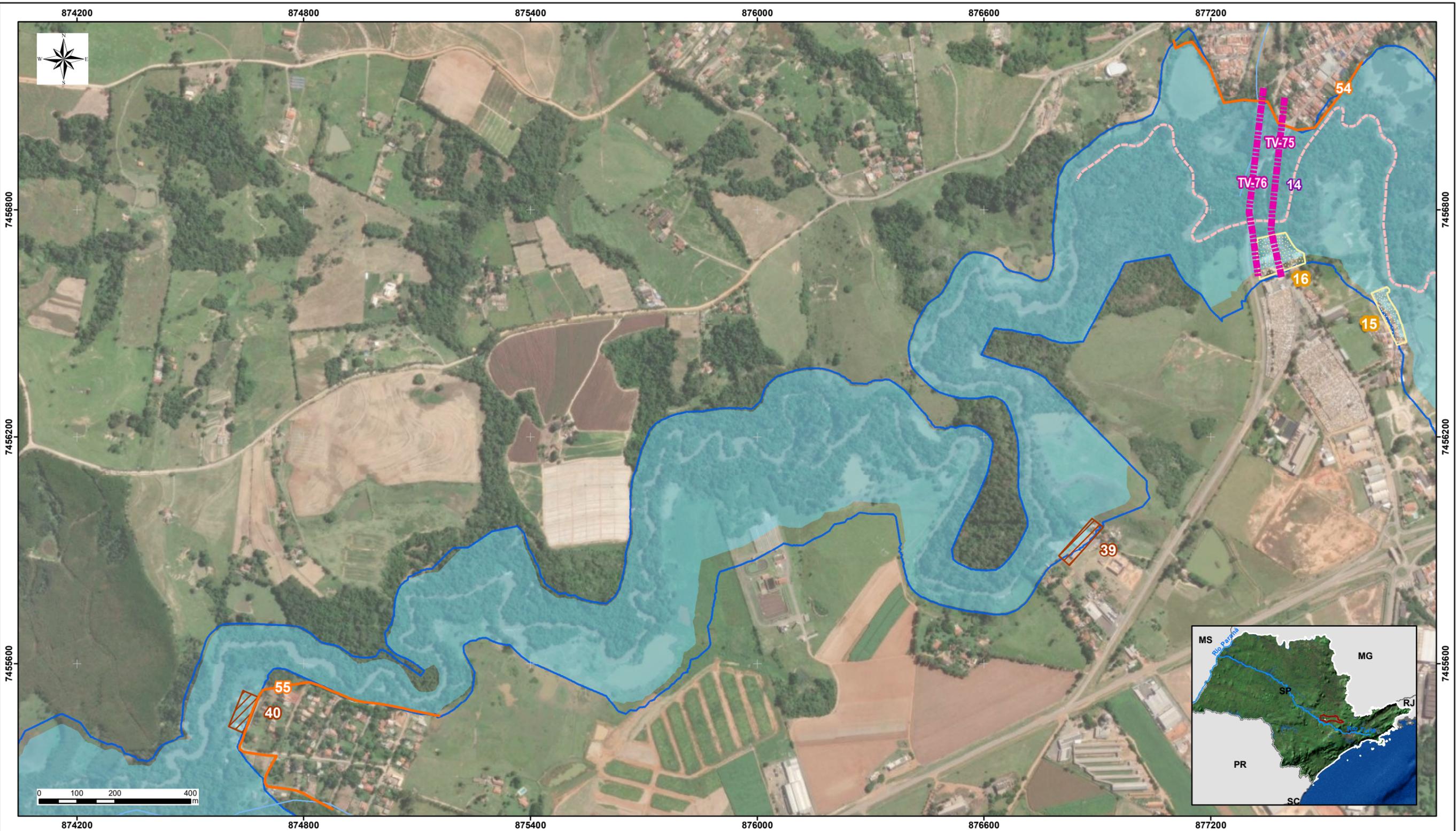
|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              |  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:17.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 18)</b></p> | <p>Fonte de dados:<br/>- Sede municipal: IBGE, 2021<br/>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>- Medidas estruturais: Profill, 2023<br/>- Manchas de inundação: Profill, 2023</p> |



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Travessias com intervenções estruturais
- Dique e Muro
- Canalização - Seção retangular
- Canalização - Seção trapezoidal
- Dragagem
- Hidrografia
- ▨ Convivência com inundação
- ▨ Desapropriação e Reassentamento
- Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais
- Mancha de Inundação no Cenário de Projeto
- Bacia do Rio Capivari
- Limite municipal

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:11.500</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 19)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                            | ~ Hidrografia  | ⊕ Bacia do Rio Capivari |
| --- Travessias com intervenções estruturais | ⊠ Convivência com inundação                                      | - - - Limite municipal  |
| — Dique e Muro                              | ⊞ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| — Canalização - Seção retangular            | ⊡ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| — Canalização - Seção trapezoidal           | ⊣ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| - - - Dragagem                              |  |                         |

Realização Execução

**RELATÓRIO FINAL**

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**



**Agência das Bacias PCJ**

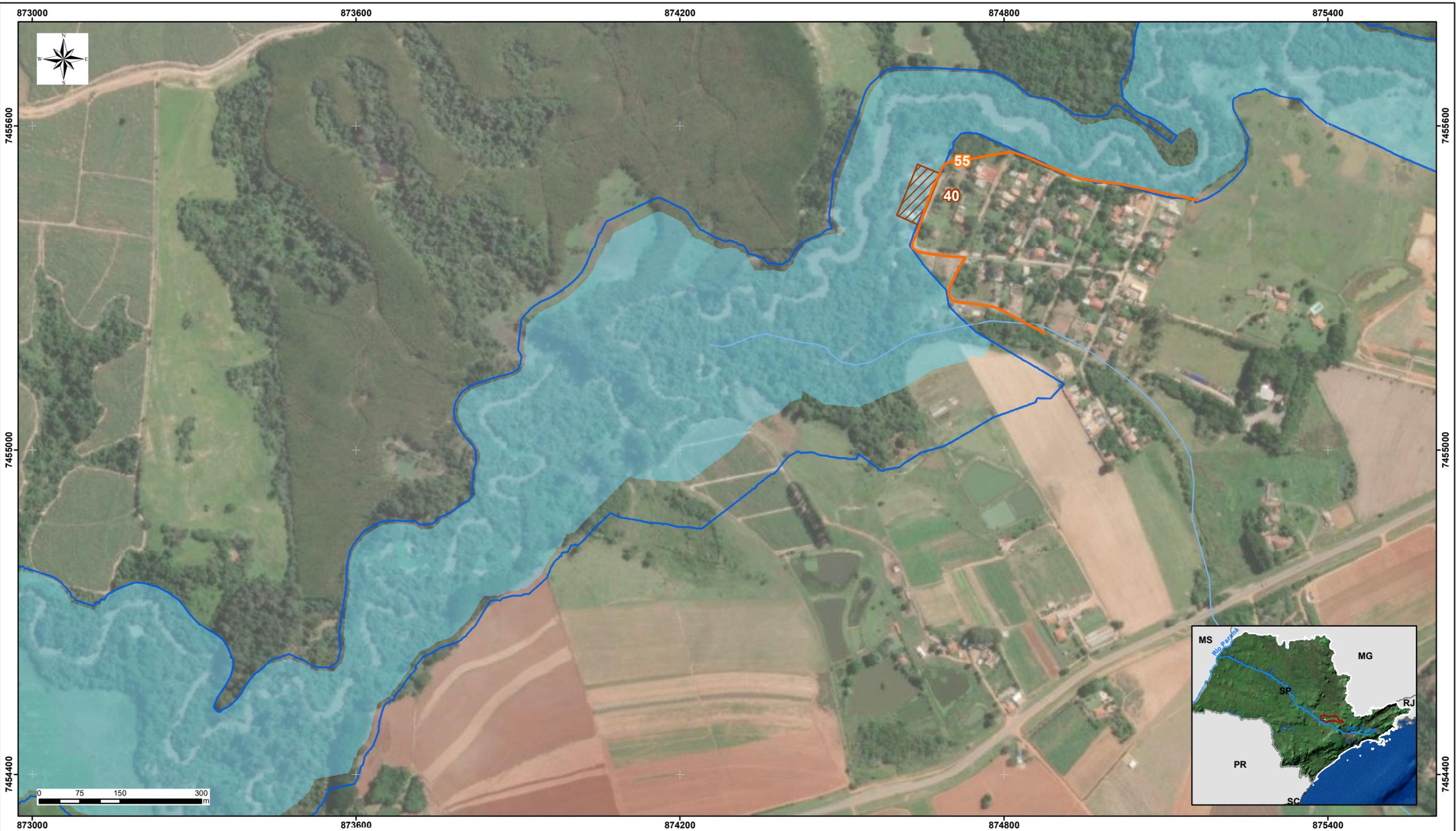
**Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 20)**



**PROFILL**

Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:10.000

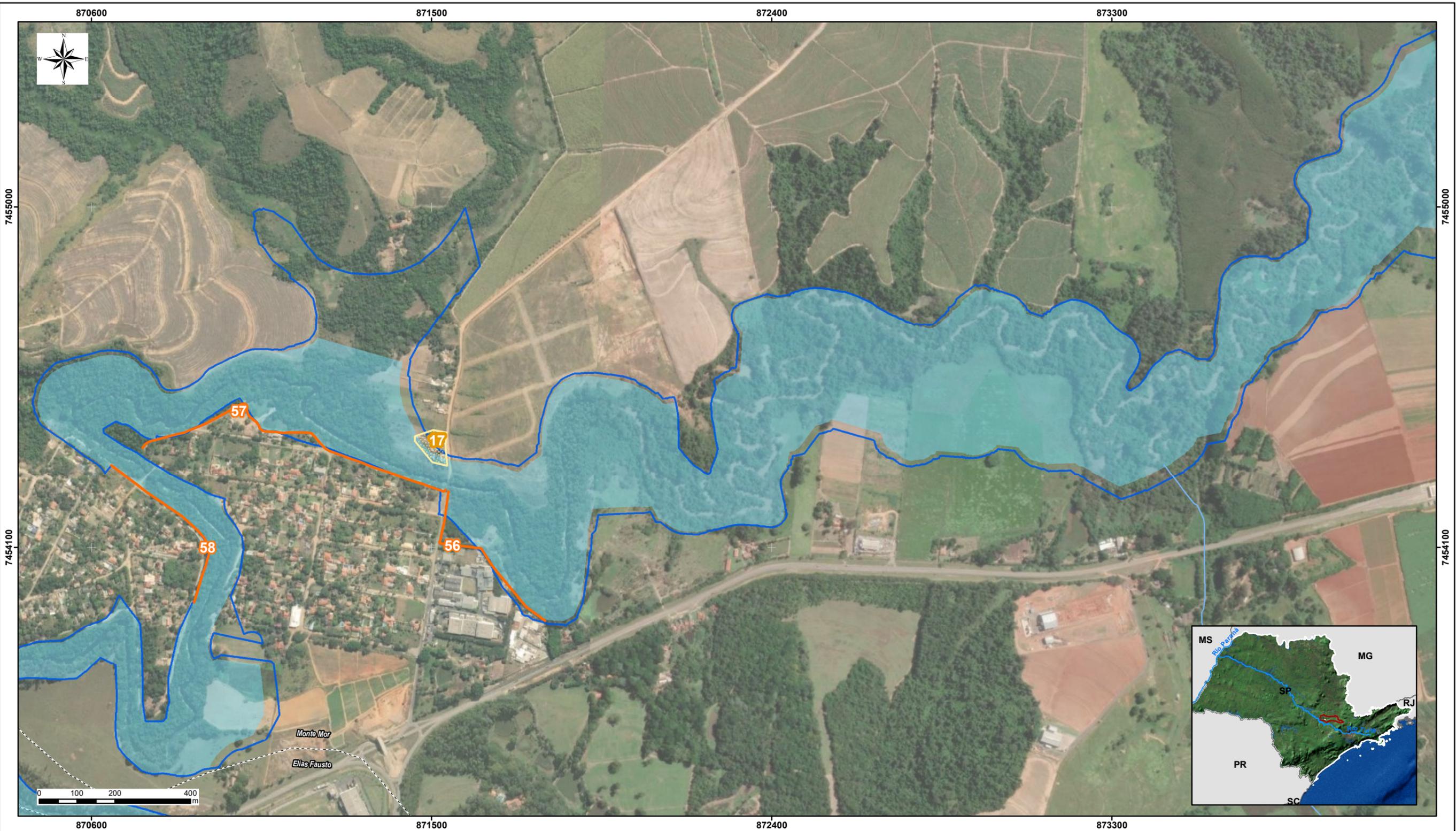
Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Medidas estruturais: Profill, 2023  
- Manchas de inundação: Profill, 2023.



**LEGENDA**

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊕ Bacia do Rio Capivari |
| ▬ Travessias com intervenções estruturais | ▭ Convivência com inundação                                      | ⊖ Limite municipal      |
| ▬ Dique e Muro                            | ▭ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| ▬ Canalização - Seção retangular          | ⊕ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| ▬ Canalização - Seção trapezoidal         | ⊕ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| ▬ Dragagem                                |  |                         |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:7.000</p>   | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 21)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



| LEGENDA |  |  |
|---------|--|--|
|         | Sede municipal   |  |
|         | Travessias com intervenções estruturais                        |  |
|         | Dique e Muro   |  |
|         | Canalização - Seção retangular                                 |  |
|         | Canalização - Seção trapezoidal                                |  |
|         | Dragagem   |  |
|         | Hidrografia  |  |
|         | Convivência com inundações                                     |  |
|         | Desapropriação e Reassentamento                                |  |
|         | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |  |
|         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |  |
|         | Limite municipal   |  |
|         | Bacia do Rio Capivari  |  |



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:10.000

REALIZAÇÃO

RELATÓRIO FINAL

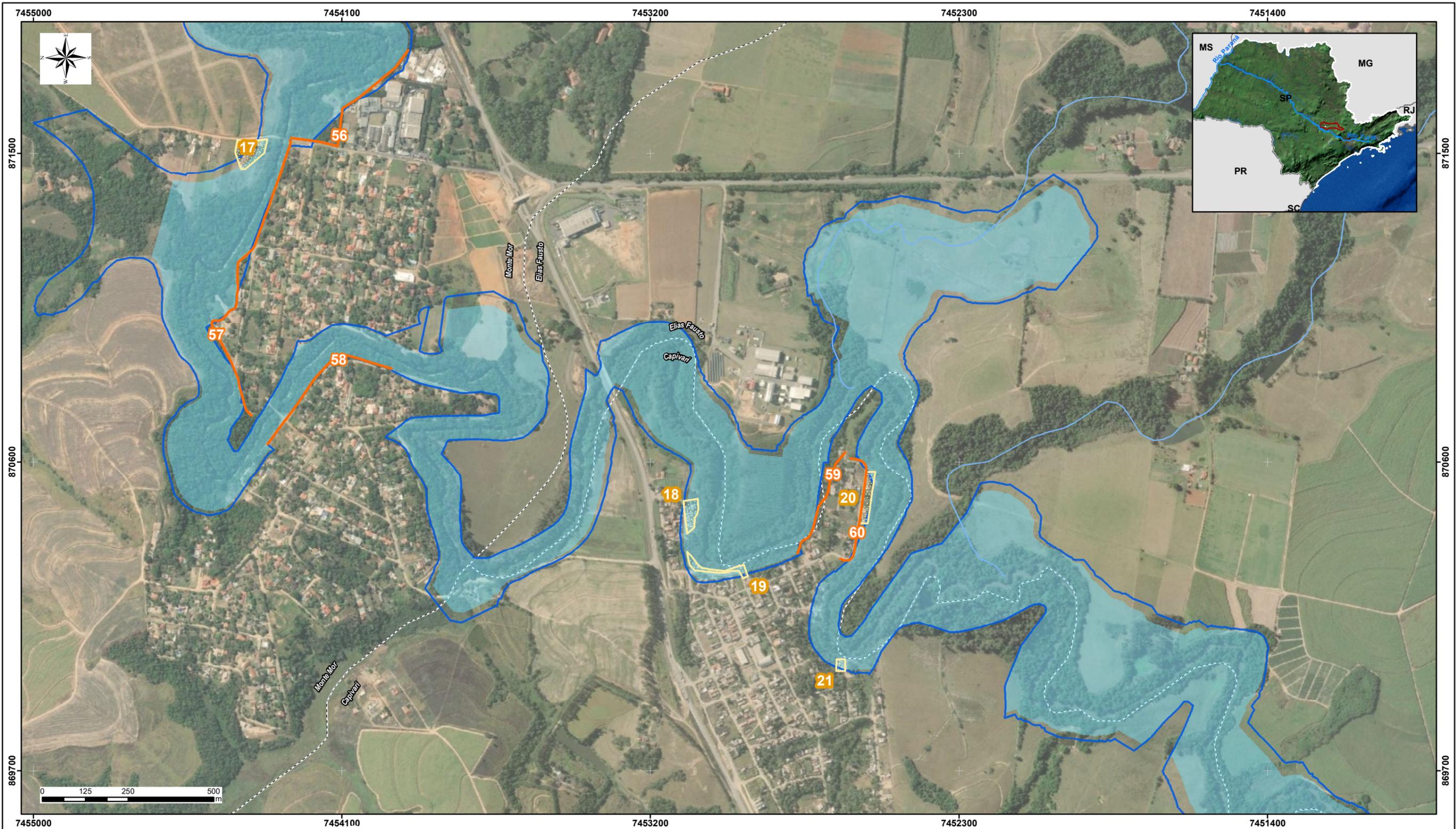
**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 22)**

Execução

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Medidas estruturais: Profill, 2023  
- Manchas de inundação: Profill, 2023.

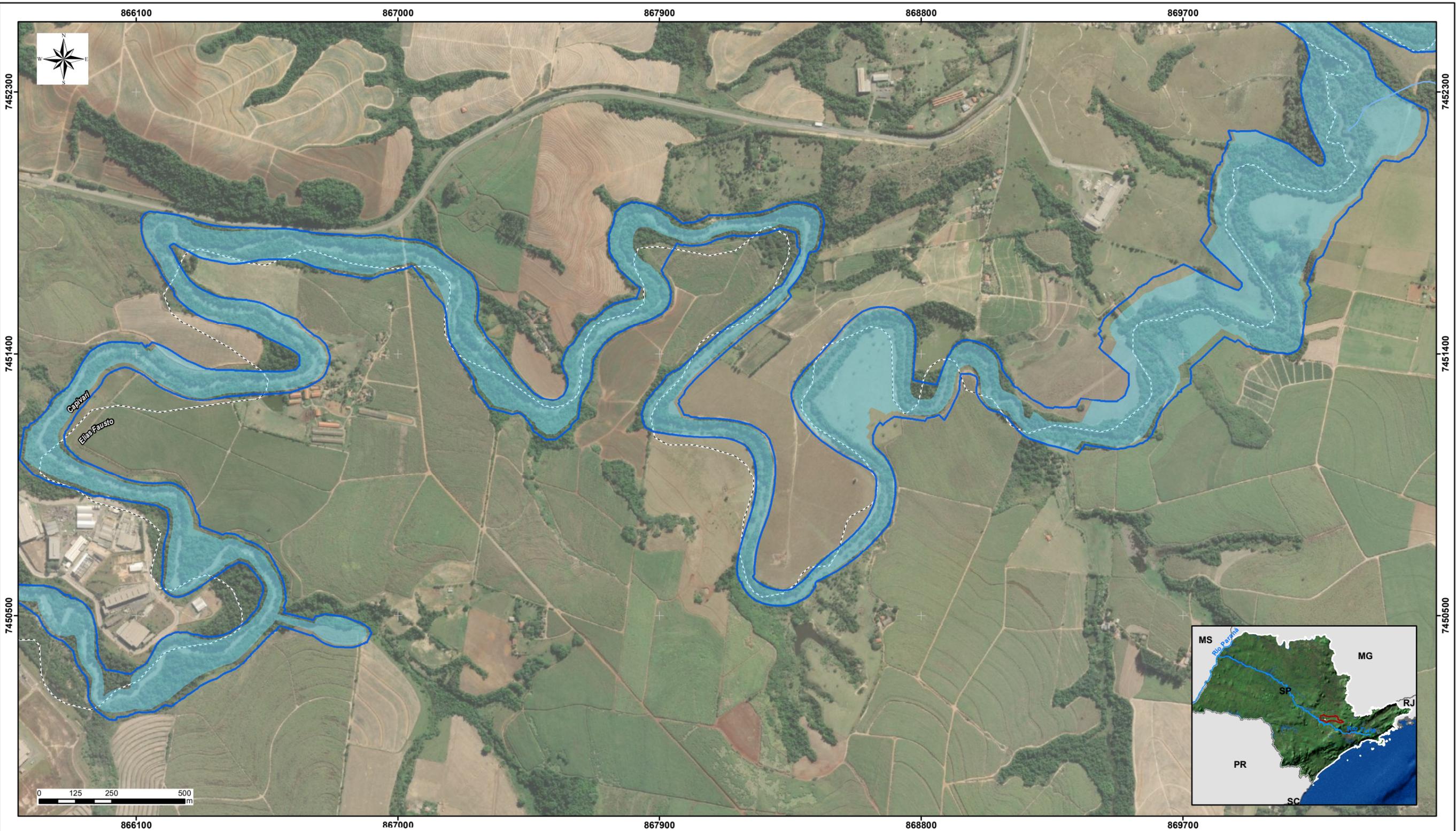




**LEGENDA**

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊕ Bacia do Rio Capivari |
| █ Travessias com intervenções estruturais | ▨ Convivência com inundação                                      | ⊖ Limite municipal      |
| — Dique e Muro                            | ▩ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| — Canalização - Seção retangular          | ⊕ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| — Canalização - Seção trapezoidal         | ⊕ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| --- Dragagem                              |  |                         |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:11.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 23)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



| LEGENDA |   |  |  |
|---------|---|--|--|
|         | Sede municipal                          |  | Bacia do Rio Capivari  |
|         | Travessias com intervenções estruturais |  | Limite municipal   |
|         | Dique e Muro                            |  | Hidrografia  |
|         | Canalização - Seção retangular          |  | Convivência com inundação                                      |
|         | Canalização - Seção trapezoidal         |  | Desapropriação e Reassentamento                                |
|         | Dragagem                                |  | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |
|         |   |  | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:13.000

REALIZAÇÃO

RELATÓRIO FINAL

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**

**Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 24)**

Execução

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Medidas estruturais: Profil, 2023  
- Manchas de inundação: Profil, 2023.

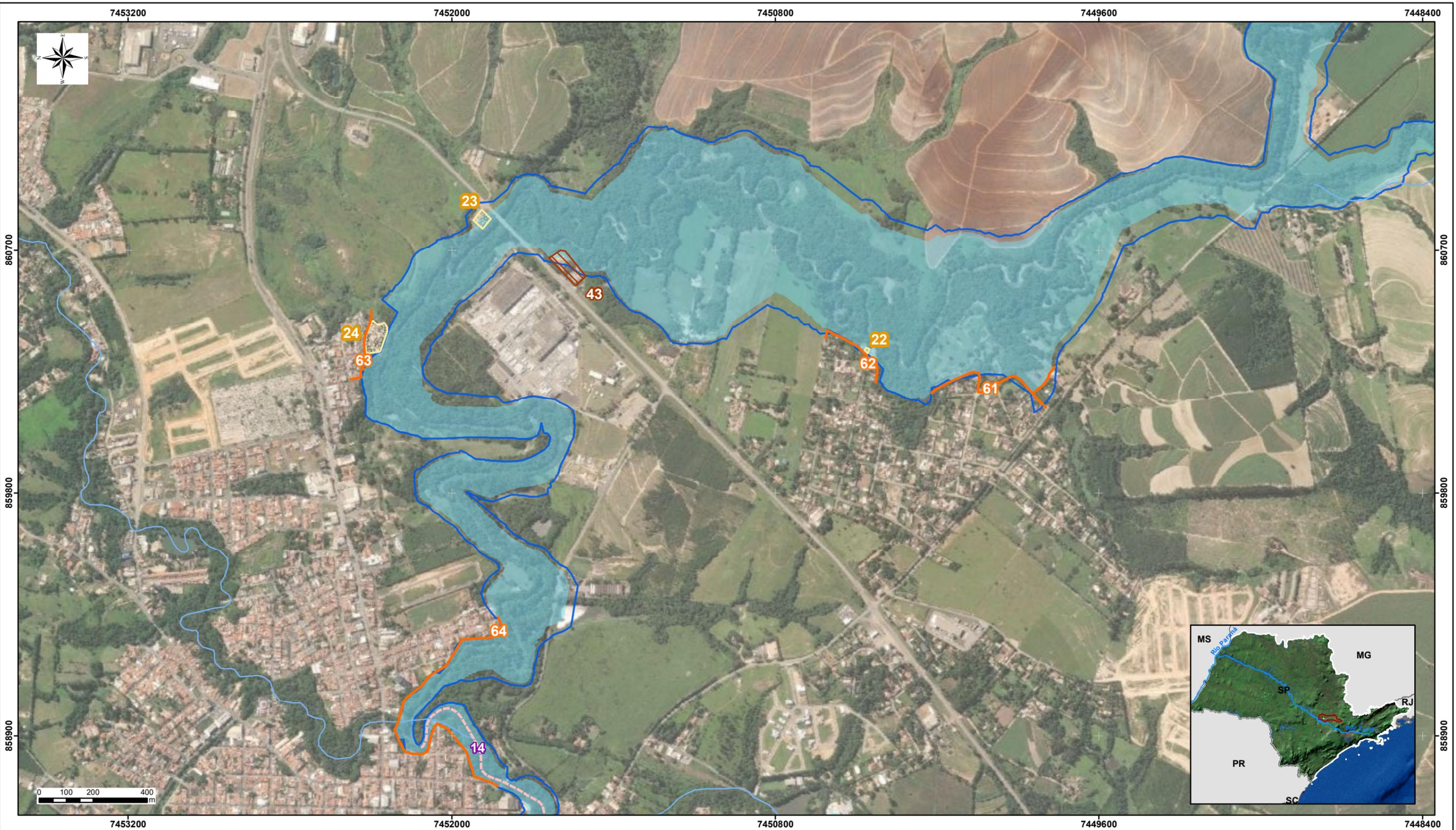




**LEGENDA**

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊞ Bacia do Rio Capivari |
| ▬ Travessias com intervenções estruturais | ▨ Convivência com inundação                                      | ⋯ Limite municipal      |
| ▬ Dique e Muro                            | 🏠 Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| ▬ Canalização - Seção retangular          | 🌊 Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| ▬ Canalização - Seção trapezoidal         | 🌊 Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| ▬ Dragagem                                |  |                         |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:17.000</p>  | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 25)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊞ Bacia do Rio Capivari |
| ▬ Travessias com intervenções estruturais | ▬ Convivência com inundação                                      | ⊞ Limite municipal      |
| ▬ Dique e Muro                            | ▬ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| ▬ Canalização - Seção retangular          | ▬ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| ▬ Canalização - Seção trapezoidal         | ▬ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| ▬ Dragagem                                |  |                         |

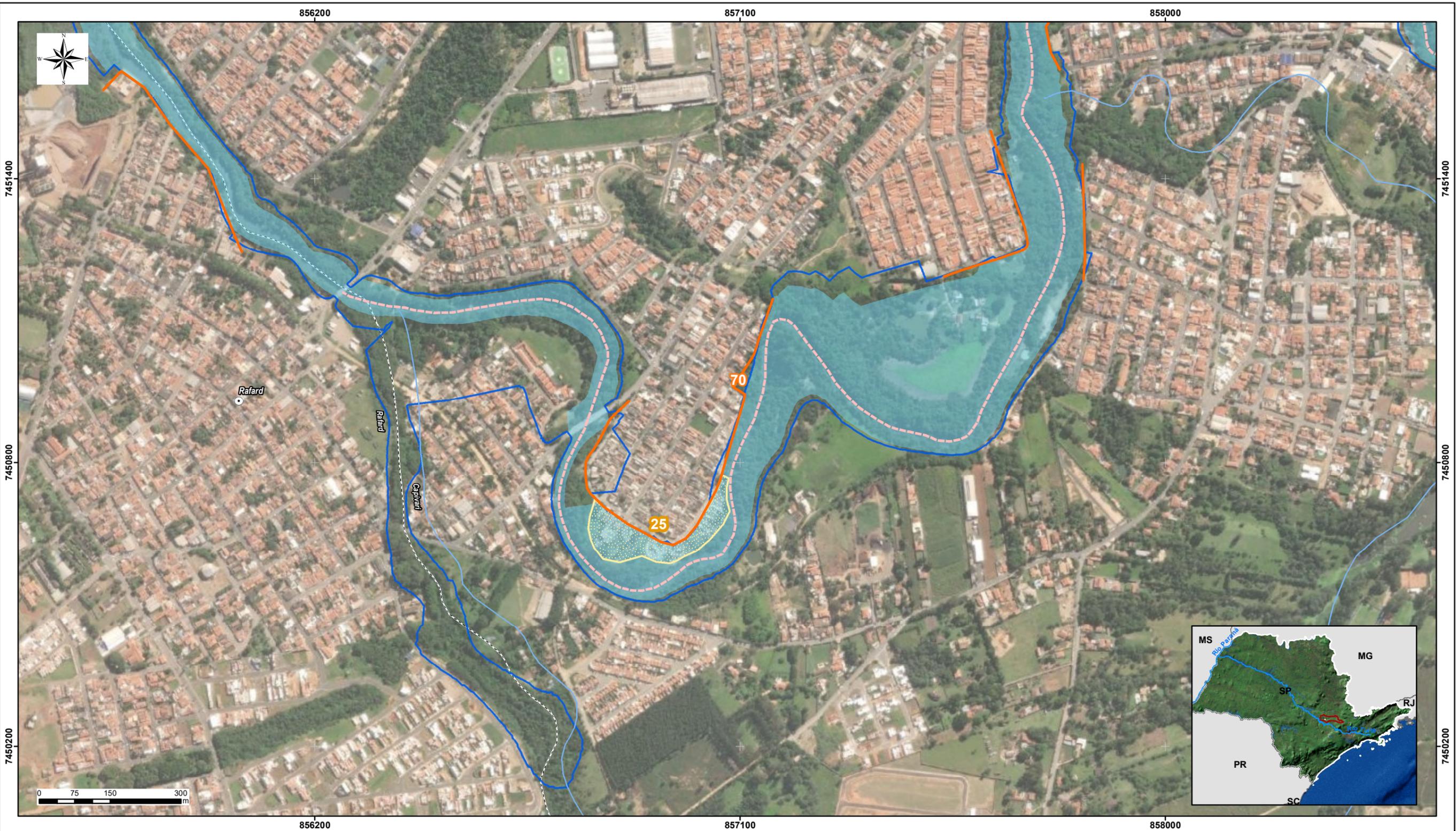
|   |  |
|---|--|
| Realização  | Execução   |
|   |  |
| <b>RELATÓRIO FINAL</b>  |  |
| <b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b> |  |
| Sistema de Coordenadas UTM<br>Datum SIRGAS2000<br>Zona 23S<br>Escala: 1:14.000                      | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 26)</b></p> <p>Fonte de dados:<br/>         - Sede municipal: IBGE, 2021<br/>         - Limite municipal/estadual: IBGE, 2021<br/>         - Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013<br/>         - Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013<br/>         - Medidas estruturais: Profill, 2023<br/>         - Manchas de inundação: Profill, 2023.</p> |



**LEGENDA**

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊕ Bacia do Rio Capivari |
| █ Travessias com intervenções estruturais | ▣ Convivência com inundação                                      | ⊖ Limite municipal      |
| — Dique e Muro                            | 🏠 Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| — Canalização - Seção retangular          | 🌊 Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| — Canalização - Seção trapezoidal         | 🌊 Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| --- Dragagem                              |  |                         |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:6.000</p>   | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 27)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

- |   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| ○ Sede municipal                        | Hidrografia  | Bacia do Rio Capivari |
| Travessias com intervenções estruturais | Convivência com inundação                                      | Limite municipal      |
| Dique e Muro                            | Desapropriação e Reassentamento                                |                       |
| Canalização - Seção retangular          | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                       |
| Canalização - Seção trapezoidal         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                       |
| Dragagem                                |  |                       |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>   | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:8.000</p> | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 28)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |



**LEGENDA**

- |   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| ○ Sede municipal                          | ~ Hidrografia  | ⊞ Bacia do Rio Capivari |
| ▬ Travessias com intervenções estruturais | ▬ Convivência com inundação                                      | ⊞ Limite municipal      |
| ▬ Dique e Muro                            | ▬ Desapropriação e Reassentamento                                |                         |
| ▬ Canalização - Seção retangular          | ▬ Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                         |
| ▬ Canalização - Seção trapezoidal         | ▬ Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                         |
| ▬ Dragagem                                |  |                         |



RELATÓRIO FINAL

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:6.000

**Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 29)**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Medidas estruturais: Profill, 2023  
- Manchas de inundação: Profill, 2023.



**LEGENDA**

- |   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| ○ Sede municipal                        | Hidrografia  | Bacia do Rio Capivari |
| Travessias com intervenções estruturais | Convivência com inundação                                      | Limite municipal      |
| Dique e Muro                            | Desapropriação e Reassentamento                                |                       |
| Canalização - Seção retangular          | Mancha de Inundação TR 100 anos - Com Intervenções Estruturais |                       |
| Canalização - Seção trapezoidal         | Mancha de Inundação no Cenário de Projeto                      |                       |
| Dragagem                                |  |                       |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>Realização</p> <p>Agência das Bacias PCJ</p>  | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p>              | <p>Execução</p> <p>PROFILL</p>   |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:70.000</p> | <p><b>Mapa 7.2. Medidas estruturais implementadas ao longo do Rio Capivari e manchas de inundação considerando estas obras (Trecho 30)</b></p> | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Medidas estruturais: Profill, 2023</li> <li>- Manchas de inundação: Profill, 2023.</li> </ul> |

### 7.2.1. Adequação de travessias

As travessias que interferem no escoamento de forma a aumentar o alcance da inundação, em função da constrição do fluxo de água do Rio Capivari, já foram identificadas na etapa de Diagnóstico do presente PMD. Neste relatório, analisou-se caso a caso cada travessia, de maneira a definir a seção livre necessária à passagem do escoamento do Rio Capivari para a cheia de projeto.

As travessias que tiveram propostas de intervenções são apresentadas pela Tabela 7.1, divididas conforme o trecho da BHC e o município onde se localizam. As características apresentadas na tabela referem-se a proposta de intervenção, ou seja, as dimensões mínimas recomendadas para a estrutura a serem adotadas.

Foram identificadas ao todo 22 intervenções em travessias, das quais duas não preveem intervenção estrutural e sim apenas desassoreamento da calha do Rio Capivari. Das demais, em nove pontes, além da intervenção na estrutura, foi prevista a realização de canalização ou dragagem (desassoreamento) sob a travessia, melhorando o fluxo na seção hidráulica do rio. A ponte de madeira da Av. Sinter Futura (TV-77), em Monte Mor, ainda que não tenha recomendação de intervenção, é um local indicado nos estudos antecedentes como de obstrução ao fluxo d'água por acúmulo de detritos e entulho nos pilares. Neste caso, do ponto de vista de impacto de inundação na vizinhança, recomenda-se apenas a limpeza periódica.

Tabela 7.1. Características das alternativas de adequação de travessias propostas, por trecho do Rio Capivari e por município.

| Trecho | Município | Travessia existente |           | Intervenção proposta |             |              | Situação hidráulica após intervenção |               |
|--------|-----------|---------------------|-----------|----------------------|-------------|--------------|--------------------------------------|---------------|
|        |           | Código              | Tipo      | Obra                 | Largura (m) | Extensão (m) | Rebaixo NA (m)                       | Segurança     |
| 2      | Jundiáí   | TV-05               | Bueiro    | Pontilhão            | 14,7        | 20,00        | 1,58                                 | Tirante de ar |
|        |           | TV-12               | Bueiro    | Pontilhão            | 11,5        | 20,00        | 1,25                                 | Galga         |
|        |           | TV-13               | Pontilhão | Pontilhão            | 1,3         | 20,00        | 0,76                                 | Galga         |
|        |           | TV-14               | Pontilhão | Pontilhão            | 11,5        | 20,00        | 0,48                                 | Galga         |
| 3      |           | TV-19               | Bueiro    | Pontilhão            | 15,7        | 20,00        | 1,43                                 | Afogado       |
| 4      | Louveira  | TV-25               | Pontilhão | Pontilhão            | 4,3         | 20,00        | 0,24                                 | Galga         |
|        |           | TV-26               | Pontilhão | Pontilhão            | 3,5         | 20,00        | 1,37                                 | Afogado       |
|        |           | TV-30               | Pontilhão | Pontilhão            | 10,0        | 20,00        | 0,91                                 | Afogado       |
|        |           | TV-31               | Pontilhão | Pontilhão            | 10,5        | 20,00        | 0,87                                 | Tirante de ar |
|        |           | TV-32               | Pontilhão | Pontilhão            | 6,0         | 20,00        | 0,38                                 | Galga         |
| 6      |           | TV-34               | Pontilhão | Canalização          | 9,0         | 21,23        | 0,46                                 | Afogado       |
| 7      | Vinhedo   | TV-38               | Bueiro    | Ponte                | 38,5        | 20,00        | 4,16                                 | Tirante de ar |
| 8      |           | TV-44               | Ponte     | Dragagem             | 6,0         | 30,00        | 0,17                                 | Afogado       |

| Trecho | Município | Travessia existente |        | Intervenção proposta |             |              | Situação hidráulica após intervenção |               |
|--------|-----------|---------------------|--------|----------------------|-------------|--------------|--------------------------------------|---------------|
|        |           | Código              | Tipo   | Obra                 | Largura (m) | Extensão (m) | Rebaixo NA (m)                       | Segurança     |
| 9      | Valinhos  | TV-46               | Bueiro | Pontilhão            | 7,5         | 20,00        | 1,12                                 | Galga         |
| 10     | Campinas  | TV-50               | Ponte  | Ponte                | 11,0        | 27,24        | 0,50                                 | Tirante de ar |
| 12     |           | TV-56               | Ponte  | Ponte                | 2,8         | 20,00        | 0,22                                 | Galga         |
|        |           | TV-57               | Ponte  | Ponte                | 9,7         | 20,00        | 0,74                                 | Galga         |
|        |           | TV-58               | Ponte  | Ponte                | 9,0         | 20,00        | -0,27                                | Afogado       |
|        |           | TV-65               | Ponte  | Ponte                | 10,0        | 20,00        | 1,63                                 | Afogado       |
| 18     | Monte Mor | TV-73               | Ponte  | Dragagem             | 10,1        | 64,46        | 0,29                                 | Tirante de ar |
| 19     |           | TV-75               | Ponte  | Ponte                | 10,5        | 58,61        | 0,09                                 | Galga         |
| 20     |           | TV-76               | Ponte  | Ponte                | 14,0        | 45,01        | 0,21                                 | Afogado       |

1

2

Observa-se que, mesmo com as intervenções propostas para resolver inundações na vizinhança das travessias, apenas sete das 22 estruturas possuem um tirante de ar (folga) entre o nível d'água (NA) da cheia de projeto e o tabuleiro. Ressalta-se, no entanto, que o tempo de retorno da cheia de projeto para fins do estudo de adequação das travessias não é o de 100 anos de recorrência (sugerida pelo DNIT e pelo DAEE-SP). Observa-se também que os rebaixamentos no nível d'água da cheia de projeto ocasionados pelas intervenções nas estruturas variam de 7 cm (na TV-73, onde se propôs apenas desassoreamento) a 373 cm (na Rod. Anhanguera, TV-38), e são em média de 63 cm.

10

Na transição do Trecho 1 para o Trecho 2, há a travessia da SP-360, caracterizada por um bueiro duplo, de seção 2,00 x 1,25 m. Tal travessia não foi considerada como um problema para o sistema de drenagem do Rio Capivari, em função de não ocasionar inundação de edificações a montante. No entanto, a jusante desta seção, os estudos hidrológicos indicam vazões de cerca de 50 m<sup>3</sup>/s para 10 anos de tempo de retorno, e superiores a 100 m<sup>3</sup>/s para 100 anos de recorrência, inviabilizando a readequação através de bueiros. Assim, os 5 bueiros com proposição de readequação (apresentados na Tabela 7.1) foram especificados como pontilhão.

17

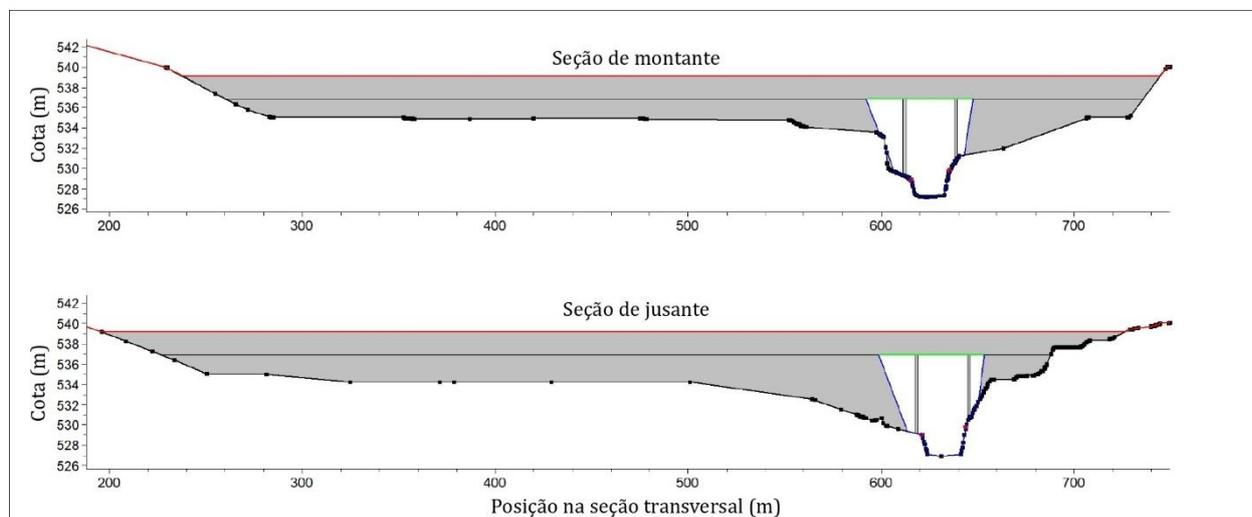
Das travessias por pontilhão ou ponte, dois casos demandaram mais atenção: TV-38 e TV-74. A fim de avaliar o potencial da diminuição da linha d'água em função do aumento da seção de escoamento das travessias, foram realizadas simulações, através do modelo hidráulico, em que ambas as seções sofreram ampliação; então, foi observada a consequência em termos de rebaixamento do nível d'água e/ou diminuição da mancha de inundação em planta.

21

1 Sobre a travessia TV-74, observou-se em planta uma grande área de alague a montante  
2 da estrutura. Mesmo que sua supressão tenha impactado de forma modesta no limite de  
3 inundação (visto em planta), a análise de alteração da seção de escoamento foi aprofundada, de  
4 modo a se verificar as possibilidades de redução do remanso na seção com intervenções de  
5 grande monta no maciço da SP-101. Realizou-se um teste no modelo hidráulico com  
6 considerável abertura do vão, com a adição de três pilares.

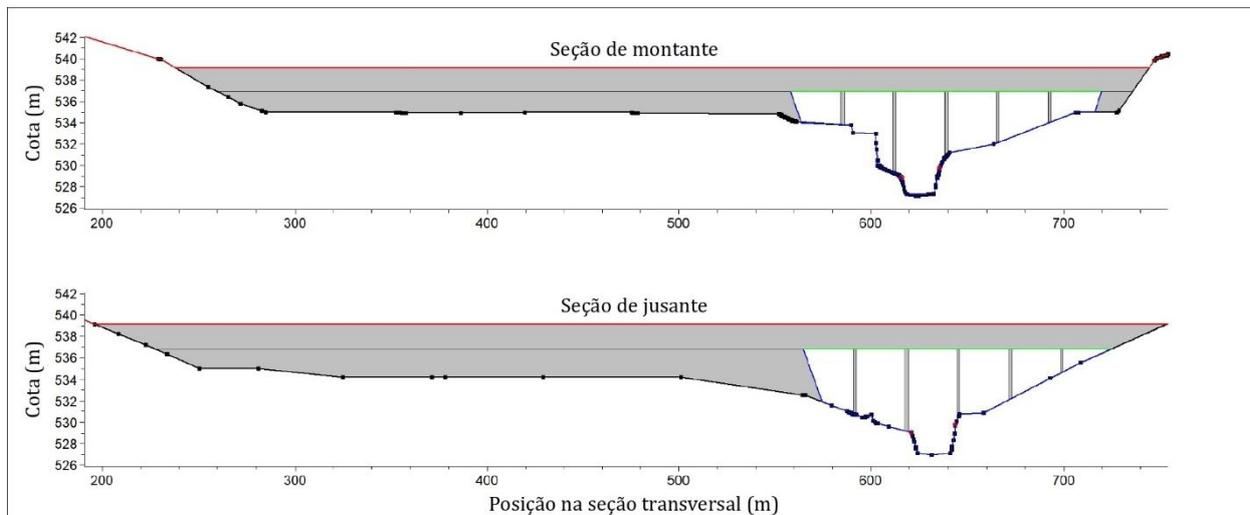
7 O resultado observado repercutiu na diminuição da linha d'água em apenas 7 cm para  
8 montante da travessia TV-74, onde se estabelece a área urbana do município de Monte Mor,  
9 precisamente à oeste do Bairro Jardim Progresso e à leste do Bairro Jardim Capuavinha. A  
10 conclusão quanto a redução da linha d'água é consequência da implementação da intervenção  
11 na travessia, bem como da consideração da cheia de projeto definida na etapa de Prognóstico  
12 da bacia, para 25 anos de tempo de retorno.

13 A Figura 7.2 e a Figura 7.3 apresentam a TV-74 em corte, sendo que a primeira ilustra as  
14 seções da travessia (vista de montante e vista de jusante), tal como a estrutura está construída  
15 atualmente (ano de 2023); já a segunda exibe as mesmas seções da travessia, contudo, após  
16 terem sido implementadas as modificações estruturais de ampliação da seção de escoamento.



17

18 Figura 7.2. Seções da travessia TV-74 conforme cadastro topográfico atual da macrodrenagem.



1  
2                    Figura 7.3. Seções da travessia TV-74 após as sugestões de readequação avaliadas.

3  
4                    Observa-se, a partir dos croquis da estrutura apresentados pela Figura 7.2 e pela Figura  
5 7.3, que a intervenção aventada para a TV-74 é de grande magnitude, uma vez que há supressão  
6 dos taludes, de forma a aumentar consideravelmente o vão da ponte, e a incorporação de novos  
7 pilares, os quais irão interferir na modificação de grande parte da estrutura atual. Diante da  
8 consequência da implementação da medida estrutural, que é o rebaixamento da linha d'água em  
9 cerca de 7 cm no município de Monte Mor, verifica-se que a obra elaborada apresenta baixa  
10 eficiência; isto é, que a proporção da inundação propagada na região, gerada pela cheia de  
11 projeto, relaciona-se com a conformação da calha do Rio Capivari e de sua planície de  
12 inundação, e não com a travessia propriamente dita. Desta forma, tal intervenção na TV-74 não  
13 é recomendada.

14                    Quanto à TV-38, trata-se da transposição de talvegue da SP-330 (Rodovia Anhanguera),  
15 localizada no município de Vinhedo. A travessia é dividida em 2 pistas: a de montante composta  
16 por um canal sustentado por estacas do tipo estronca, e a de jusante sobre aterro, com um bueiro  
17 celular duplo, com dimensões de 2,55 x 2,65 m. Para avaliação da estrutura, bem como da linha  
18 d'água do Rio Capivari, fez-se uso de simulação computacional, inserindo as modificações no  
19 modelo hidráulico de modo a eliminar o bueiro, transformando-o em um canal, e eliminar as  
20 estacas estroncas do canal a montante, de modo que haja uma seção livre até a cota do  
21 infradorso da ponte. Nesta proposta haveria uma intervenção de porte para a adequação do  
22 canal do Rio Capivari sob ambas as pistas.

1 A nova forma da seção de escoamento estabelecida e simulada na TV-38 possibilita que  
2 o Rio Capivari flua livremente – quando da incidência da cheia de projeto – de modo que não  
3 mais sejam observados remansos desenvolvidos a montante desta seção do curso d’água, em  
4 função da existência da estrutura. Ao analisar a linha d’água do rio, verifica-se que esta diminuiu  
5 em cerca de 2,5 m na região urbanizada a montante da travessia, precisamente nas imediações  
6 do Condomínio Fazenda São Joaquim, em Vinhedo.

7 Portanto, este resultado repercute na diminuição da quantidade de estruturas de diques a  
8 serem instaladas, bem como na altura destas estruturas previstas. O resultado observado é  
9 consequência da implementação da intervenção na travessia, de modo a aumentar a seção de  
10 escoamento da ponte, bem como da consideração da cheia de projeto definida na fase de  
11 Prognóstico, com 10 anos como tempo de retorno, em média, para este trecho do rio. Devido à  
12 grande eficiência verificada, e dado o histórico de problemas de inundações no local, esta  
13 intervenção na TV-38 deve ser considerada como uma medida altamente recomendada e  
14 prioritária.

#### 15 **7.2.2. Diques de proteção**

16 Os diques de proteção foram definidos, inicialmente, a partir dos limites de inundação da  
17 cheia de projeto para cada local da BHC, como descrito no item 7.1.2.2, os quais foram  
18 estruturados de maneira a impedir que as águas atingissem as edificações. Em seguida, o  
19 modelo hidráulico foi utilizado para a verificação da altura média das estruturas para a cheia de  
20 100 anos de tempo de retorno, bem como sua extensão para esta situação.

21 A Tabela 7.2 apresenta as estruturas de diques dispostas ao longo da BHC e suas  
22 respectivas localizações, em termos dos trechos definidos para o Rio Capivari e do município a  
23 que pertencem. Observa-se que não foram previstos diques nos trechos 1, 8, 9, 11, 14, 15, 17,  
24 20, 24, 25 e 30. Ainda, a Tabela 7.2 especifica o tipo de construção associado ao dispositivo de  
25 proteção.

26 Para posterior análise, em que serão estimados o custo de implementação destas  
27 estruturas, apresentam-se informações de: altura média e extensão dos diques de concreto, e  
28 volume médio para diques de terra, as quais servirão de condição de entrada para a curva de  
29 custos, apresentadas no item 7.3. Foram computados um total de 71 localidades protegidas por  
30 diques, resultando em uma extensão total de 27.879 m de estruturas de proteção.

1 Tabela 7.2. Características das intervenções de proteção pontuais contra inundação analisadas, por  
 2 trecho do Rio Capivari e por município.

| Trecho   | Município | Identificação | Dique    | Altura média (m) | Extensão (m) | Volume (m³) |
|----------|-----------|---------------|----------|------------------|--------------|-------------|
| 2        |           | 1             | Terra    | --               | --           | 2.371,18    |
|          |           |               | Concreto | 3,1              | 106,82       | --          |
|          |           | 2             | Terra    | --               | --           | 29.136,62   |
|          |           | 3             | Concreto | 2,9              | 152,21       | --          |
|          |           | 4             | Concreto | 3,2              | 113,00       | --          |
|          |           | 5             | Concreto | 2,6              | 228,07       | --          |
|          |           | 6             | Terra    | --               | --           | 796,25      |
|          |           | 7             | Terra    | --               | --           | 2.923,10    |
| 3        | Jundiá    | 8             | Terra    | --               | --           | 7.768,43    |
|          |           | 9             | Terra    | --               | --           | 1.187,27    |
|          |           | 10            | Terra    | --               | --           | 5.651,31    |
|          |           | 11            | Terra    | --               | --           | 4.859,51    |
|          |           | 12            | Concreto | 1,9              | 253,12       | --          |
|          |           | 13            | Terra    | --               | --           | 4.862,71    |
|          |           | 14            | Terra    | --               | --           | 2.868,50    |
|          |           | 15            | Terra    | --               | --           | 1.127,12    |
|          |           | 16            | Terra    | --               | --           | 1.175,68    |
|          |           |               | Concreto | 3,1              | 72,54        | --          |
|          |           | 17            | Terra    | --               | --           | 2.285,77    |
| Concreto | 3,1       |               | 60,00    | --               |              |             |
| 18       | Terra     | --            | --       | 13.330,81        |              |             |
| 19       | Terra     | --            | --       | 5.065,84         |              |             |
| 4        |           | 20            | Concreto | 2,4              | 230,83       | --          |
|          |           | 21            | Terra    | --               | --           | 2.470,03    |
|          |           | 22            | Terra    | --               | --           | 5.922,74    |
|          |           |               | Concreto | 3,2              | 330,49       | --          |
|          |           | 23            | Concreto | 2,5              | 458,34       | --          |
|          |           | 5             |          | 24               | Concreto     | 3,3         |
| 25       | Terra     |               |          | --               | --           | 9.399,55    |
|          | Concreto  |               |          | 3,1              | 59,85        | --          |
| 26       | Concreto  |               |          | 1,9              | 82,96        | --          |
| 6        | Louveira  | 27            | Concreto | 2,0              | 511,53       | --          |
|          |           | 28            | Concreto | 2,6              | 327,34       | --          |
|          |           | 29            | Terra    | --               | --           | 6.050,03    |
|          |           | 30            | Concreto | 1,6              | 303,57       | --          |
|          |           | 31            | Concreto | 1,7              | 153,84       | --          |
|          |           | 32            | Concreto | 1,7              | 64,47        | --          |
|          |           | 33            | Concreto | 2,9              | 212,52       | --          |
|          |           | 34            | Terra    | --               | --           | 6.685,06    |
|          |           | 35            | Terra    | --               | --           | 11.085,93   |
|          |           | 36            | Concreto | 2,6              | 235,90       | --          |

| Trecho | Município | Identificação | Dique    | Altura média (m) | Extensão (m) | Volume (m³) |          |
|--------|-----------|---------------|----------|------------------|--------------|-------------|----------|
|        |           | 37            | Terra    | --               | --           | 7.237,30    |          |
|        |           |               | Concreto | 2,5              | 295,63       | --          |          |
| 7      | Vinhedo   | 38            | Terra    | --               | --           | 10.085,93   |          |
|        |           |               | Concreto | 4,0              | 1.093,01     | --          |          |
|        |           | 39            | Concreto | 3,0              | 348,65       | --          |          |
|        |           | 40            | Terra    | --               | --           | 4.849,47    |          |
|        |           | 41            | Terra    | --               | --           | 9.777,00    |          |
| 10     | Valinhos  | 42            | Concreto | 1,8              | 164,84       | --          |          |
| 12     |           | 43            | Terra    | --               | --           | 2.906,29    |          |
|        |           |               | Concreto | 2,4              | 192,59       | --          |          |
| 13     | Campinas  | 44            | Concreto | 2,5              | 291,26       | --          |          |
|        |           |               | 45       | Concreto         | 1,8          | 235,34      | --       |
|        |           |               | 46       | Terra            | --           | --          | 6.503,52 |
| 16     |           | 47            | Terra    | --               | --           | 8.652,72    |          |
|        |           |               | Concreto | 2,2              | 75,95        | --          |          |
| 18     | Monte Mor | 48            | Concreto | 2,3              | 486,58       | --          |          |
| 19     |           | 49            | Concreto | 3,9              | 1.126,53     | --          |          |
|        |           | 50            | Terra    | --               | --           | 8.147,55    |          |
|        |           | 51            | Terra    | --               | --           | 27.392,93   |          |
|        |           | 52            | Concreto | 3,9              | 174,28       | --          |          |
|        |           | 53            | Terra    | --               | --           | 35.462,71   |          |
| 21     |           | 54            | Concreto | 5,2              | 213,92       | --          |          |
|        |           | 55            | Terra    | --               | --           | 19.992,46   |          |
| 22     |           | 56            | Concreto | 2,9              | 126,23       | --          |          |
|        |           | 57            | Concreto | 3,7              | 506,98       | --          |          |
| 23     |           | 58            | Concreto | 3,7              | 911,38       | --          |          |
|        | 59        | Concreto      | 4,4      | 491,71           | --           |             |          |
|        | 60        | Concreto      | 3,8      | 333,96           | --           |             |          |
| 26     | Capivari  | 61            | Terra    | --               | --           | 9.680,64    |          |
|        |           | 62            | Terra    | --               | --           | 10.836,19   |          |
|        |           | 63            | Concreto | 2,9              | 337,00       | --          |          |
|        |           | 64            | Concreto | 3,9              | 314,34       | --          |          |
|        |           | 65            | Concreto | 2,2              | 1.285,53     | --          |          |
| 27     | 66        | Concreto      | 1,5      | 222,79           | --           |             |          |
|        | 67        | Concreto      | 2,3      | 332,15           | --           |             |          |
|        | 68        | Concreto      | 2,5      | 313,76           | --           |             |          |
|        | 69        | Terra         | --       | --               | 978,36       |             |          |
| 28     | 70        | Terra         | --       | --               | 5.790,71     |             |          |
|        | 70        | Concreto      | 2,5      | 517,70           | --           |             |          |
| 29     | Rafard    | 71            | Concreto | 2,3              | 522,59       | --          |          |

### 7.2.3. Melhoramentos na calha do rio

Neste item são apresentadas as intervenções testadas ao longo da calha do Rio Capivari, de maneira a aumentar a capacidade de condução de fluxo da cheia fluvial. As intervenções previstas consistem no desassoreamento em dois diferentes trechos do rio: o primeiro, previsto pela prefeitura do município de Capivari, e o segundo, previsto pelo Plano de Macrodrenagem do município de Monte Mor. Também foram avaliadas duas canalizações, idealizadas pelo presente estudo, implementadas no Rio Capivari nas imediações dos municípios de Louveira e Vinhedo, respectivamente; e, ainda, canalizações ou desassoreamento realizados em conjunto com as intervenções de adequação de travessias.

A Tabela 7.3 apresenta as intervenções mencionadas e suas respectivas localizações em relação a divisão em trechos da BHC, bem como informações a respeito das dimensões de cada tipo de medida estrutural avaliada.

Tabela 7.3. Características de intervenções de desassoreamentos e canalizações, por trecho do Rio Capivari e por município.

| Trecho | Município | Identificação | Intervenção                       | Extensão (m) | Área da seção-tipo (m <sup>2</sup> ) |
|--------|-----------|---------------|-----------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| 2      | Jundiáí   | 1             | Canal na seção da TV-12           | 40           | 22,4                                 |
|        |           | 2             | Canal na seção da TV-13           | 40           | 28,0                                 |
|        |           | 3             | Canal na seção da TV-14           | 40           | 19,6                                 |
| 4      | Louveira  | 4             | Canal na seção da TV-25           | 40           | 28,0                                 |
| 5      |           | 5             | Canal retangular em concreto      | 637          | 42,0                                 |
|        |           | 6             | Canal na seção da TV-30           | 40           | 35,0                                 |
|        |           | 7             | Canal na seção da TV-31           | 40           | 35,0                                 |
|        |           | 8             | Canal na seção da TV-32           | 40           | 32,2                                 |
| 6      |           | 9             | Canal na seção da TV-34           | 40           | 32,2                                 |
| 7      | Vinhedo   | 10            | Canal trapezoidal em terra        | 886          | 33,0                                 |
| 8      |           | 11            | Desassoreamento na seção da TV-44 | 40           | 59,0                                 |
| 12     | Campinas  | 12            | Canal na seção da TV-57           | 40           | 28,0                                 |
| 13     |           | 13            | Canal na seção da TV-65           | 40           | 33,6                                 |
| 18     | Monte Mor | 14            | Desassoreamento na seção da TV-73 | 40           | 79,0                                 |
|        |           | 15            | Desassoreamento                   | 3.824        | 56,0                                 |
|        |           | 15            | Desassoreamento                   | 4.800        | 56,0                                 |
| 20     |           | 15            | Desassoreamento                   | 834          | 56,0                                 |
| 26     | Capivari  | 16            | Desassoreamento                   | 433          | 106,9                                |
| 27     |           | 16            | Desassoreamento                   | 2.130        | 106,9                                |
| 28     |           | 16            | Desassoreamento                   | 3030         | 106,9                                |

1 Cabe destacar que as intervenções de identificação 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 e 14  
2 são obras a serem realizadas em conjunto com as intervenções de adequação de travessias,  
3 visando eliminar as obstruções localizadas em pontes e pontilhões, em conjunto com a  
4 intervenção civil já prevista nas estruturas, conforme apresentado no item 7.2.1. As demais  
5 intervenções desta natureza são descritas nos itens a seguir, classificadas por canalização e  
6 desassoreamento.

#### 7 7.2.3.1. Canalizações

8 As canalizações realizadas no Trecho 5 e no Trecho 7 do Rio Capivari tiveram como  
9 principal motivação para suas respectivas implementações a diminuição, de forma significativa,  
10 da linha d'água em seus respectivos trechos – a partir das vazões de projeto estabelecidas na  
11 fase de Prognóstico. Para a escolha do local em que as canalizações seriam implementadas,  
12 foram analisados os trechos do Rio Capivari a fim de se identificar: partes já canalizadas do rio,  
13 regiões da calha menos arborizadas, assim como áreas de proteção com vegetação menos  
14 adensada, em associação a ocorrência de elevadas lâminas d'água.

15 O canal retangular em concreto fora definido com este formato a partir da identificação da  
16 existência de uma canalização já realizada no Rio Capivari no mesmo ponto, onde os taludes do  
17 trecho do rio apresentam-se verticais e revestidos por pedra argamassada; portanto, a  
18 interferência realizada consistiu em regularizar a declividade do trecho e a seção-tipo, quando  
19 necessário, e revesti-la com concreto. Neste trecho, considerou-se como única alternativa a  
20 implementação do canal, uma vez que a proteção por dique teria a mesma extensão e espaço  
21 limitado, dada a ocupação no entorno.

22 A segunda intervenção, em termos de canalização, fora analisada a partir da motivação de  
23 diminuir o alcance da lâmina d'água, e da observação quanto a menor ocorrência de vegetação  
24 ciliar deste trecho no Rio Capivari, o que torna a intervenção menos intrusiva em APP. O formato  
25 do canal foi estabelecido de maneira a se equivaler, tanto quanto possível, ao formato natural da  
26 calha do Rio Capivari nesta parcela de sua calha.

27 O primeiro canal se estabelece no Trecho 5 da BHC, possui formato retangular e suas  
28 dimensões correspondem a 14 x 3 m, com cobertura em concreto que atinge aproximadamente  
29 637 metros de comprimento. Já o segundo canal, em formato trapezoidal, foi implementado no  
30 Trecho 7, tem comprimento de cerca de 886 metros, dimensões de 8 x 3 m, inclinação dos  
31 taludes obedecendo a proporção de 1:1, e não receberá revestimento.

1 Para efeito da análise do rebaixamento da lâmina d'água, foi necessário realizar nova  
2 simulação, a partir das vazões do cenário de prognóstico, para 10 anos de tempo de retorno  
3 (referente ao cenário de projeto considerado para esta porção da BHC). Foram adotados três  
4 cenários quanto ao rebaixamento da lâmina d'água a partir da implantação das intervenções de  
5 canalização:

- 6 • Cenário 1: condição atual do Rio Capivari, conforme cadastro topográfico levantado  
7 através dos serviços de campo da BHC;
- 8 • Cenário 2: Cenário 1, adicionado às melhorias das travessias que causam  
9 obstruções ao escoamento no Rio Capivari;
- 10 • Cenário 3: contempla todas as melhorias das travessias identificadas com  
11 problemas, instalação de diques, implementação das canalizações e execução de  
12 desassoreamentos.

13 A análise foi consistida por duas abordagens: a primeira compara a linha d'água na  
14 localidade da canalização, considerando os resultados obtidos com o Cenário 3 e o Cenário 1.  
15 A segunda também compara níveis d'água no local da canalização, dessa vez entre o Cenário 3  
16 e o Cenário 2. A Tabela 7.4 apresenta os resultados em relação ao rebaixamento máximo da  
17 linha d'água, observado a partir das comparações descritas acima.

18 Tabela 7.4. Resultados da comparação do Cenário 3 quanto ao rebaixamento máximo da lâmina d'água  
19 com a execução de canalização nos Trechos 5 e 7 do Rio Capivari.

| Com relação ao cenário | Canal retangular | Canal trapezoidal |
|------------------------|------------------|-------------------|
| 1                      | 2,7 m            | 3,1 m             |
| 2                      | 2,4 m            | 0,3 m             |

20  
21 Observa-se, a partir da Tabela 7.4 que, em geral, obteve-se um expressivo rebaixamento  
22 da linha d'água a partir das canalizações (Cenário 3), com exceção da construção do canal  
23 trapezoidal – quando este é construído em associação com as implementações de melhorias  
24 nas travessias subdimensionadas. Esta constatação é provinda da comparação dos Cenários 2  
25 e 3, nos quais são realizadas as melhorias das travessias; contudo, somente no Cenário 3 o  
26 canal trapezoidal é construído.

27 Avaliando-se a interferência do canal retangular para a comparação entre os mesmos  
28 Cenários (2 e 3), observa-se uma diminuição representativa, e por isso importante, da linha  
29 d'água do Rio Capivari no ponto em que o canal retangular é instalado (cerca de 2,4 m). Desta

1 forma, conclui-se que a construção do canal retangular proposto no Trecho 5 tem grande  
2 eficiência, confirmando-se a proposição desta obra ao invés de diques de proteção.

3 Quando comparado o Cenário 1 com o Cenário 3, isto é, a situação em que nenhuma  
4 intervenção estrutural é realizada (Cenário 1) com a situação em que todas são (Cenário 3),  
5 observa-se um significativo rebaixamento da linha d'água: cerca de 2,7 m para o canal retangular,  
6 e 3,1 m para o canal trapezoidal. Assim, constata-se que o canal retangular mantém sua ótima  
7 eficiência, sendo a diferença de 0,3 m (2,7 m – 2,4 m) oriunda das intervenções das demais  
8 estruturas realizadas (melhorias das pontes, diques e desassoreamentos).

9 Já quando comparados os mesmos Cenários (1 e 3) e analisada a eficiência do canal  
10 trapezoidal, observa-se uma significativa diminuição da linha d'água do Rio Capivari no ponto  
11 em que o canal trapezoidal será instalado. Encontra-se explicação para este fato em razão da  
12 melhoria da travessia que se situa logo a jusante do canal trapezoidal, a TV-38 (Rodovia  
13 Anhanguera).

14 Ao comparar um cenário em que nenhuma interferência estrutural fora realizada, inclusive  
15 as melhorias das travessias (Cenário 1), com o cenário em que todas foram (Cenário 3) na  
16 localidade do canal trapezoidal, pode-se observar a interferência que a melhoria na TV-38 gera,  
17 um rebaixamento da linha d'água de cerca de 2,8 m. Portanto, a análise realizada, além de  
18 apresentar a capacidade de rebaixamento na lâmina d'água que a construção do canal retangular  
19 é capaz de gerar, reforça a importância do cumprimento de melhorias da estrutura da TV-38 para  
20 o rebaixamento da lâmina d'água do Rio Capivari na região de montante da referida estrutura.

21 A seção do rio que recebeu o canal retangular apresenta um desnível de aproximadamente  
22 1,8 m; portanto, para regularizar a declividade neste trecho é sugerida a inserção de degraus ao  
23 longo da calha, de modo a vencer a declividade natural do trecho canalizado, que é de 0,0054  
24 m/m. Com a incorporação dos degraus, a declividade de cada segmento de canal é de 0,002  
25 m/m.

26 Já para o trecho de canalização em seção trapezoidal, foi mantida a seção existente em  
27 termos de largura da base; portanto, a melhoria em se utilizar o formato trapezoidal se deu em  
28 não alterar radicalmente a calha do Rio Capivari no trecho em questão, e sim regularizar a  
29 declividade do mesmo, favorecendo o adequado escoamento do rio. No total, estimou-se um  
30 volume de corte de 2.600 m<sup>3</sup> para implantação do canal trapezoidal.

1                                    7.2.3.2.                    *Desassoreamentos*

2                    O desassoreamento empregado na calha do Rio Capivari nas imediações do município de  
3 Monte Mor, nos Trechos 18, 19 e 20 da BHC, é uma medida considerada pelo Plano de  
4 Macrodrenagem do Município de Monte Mor (2009) e, portanto, avaliada no presente estudo. O  
5 Plano mencionado não especifica valores quanto às dimensões da seção que será mantida no  
6 Rio Capivari; portanto, para definição das dimensões da seção de corte do leito do rio analisou-  
7 se a seção natural que se desenvolve no trecho a ser dragado. A partir da geração de vários  
8 perfis da calha do Rio Capivari no trecho especificado, calculou-se a média entre as dimensões  
9 de todos, compondo assim a seção de corte a ser implementada ao longo de todo o trecho a ser  
10 dragado.

11                    A representação do desassoreamento consistiu em conformar a calha do rio no formato  
12 trapezoidal, obedecendo as dimensões de 12,5 m de largura de base, 19,5 m de largura de topo,  
13 altura média de 3,5 m, e inclinação dos taludes de 1:1. As seções do Rio Capivari que cumpriram  
14 minimamente com as dimensões da seção estabelecida para a realização do desassoreamento  
15 foram mantidas sem intervenção; isto é, as seções do rio que apresentaram seção igual ou  
16 superior à sugerida foram preservadas.

17                    A operação foi realizada em ambiente computacional, através de simulação hidráulica. A  
18 estimativa de volume de terra retirado do trecho desassoreado foi de 37.000 m<sup>3</sup>. Como resultado  
19 da simulação, a qual considerou o desassoreamento proposto e as vazões de projeto definidas  
20 na fase de prognóstico do presente estudo, com 25 anos como tempo de retorno de projeto, foi  
21 verificada uma diminuição na lâmina d'água do Rio Capivari no trecho desassoreado de cerca  
22 de 18 cm.

23                    A segunda medida estrutural do tipo desassoreamento foi prevista com base em um projeto  
24 da Prefeitura de Capivari à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a fim de  
25 realizar o desassoreamento do Rio Capivari em um trecho previamente definido do rio. A licença  
26 ambiental foi expedida, contudo não previu dimensões para o trecho a ser desassoreado. Deste  
27 modo, semelhante ao processo de estabelecimento da seção de corte do leito do Rio Capivari  
28 localizado nas imediações do município de Monte Mor, foi realizada a mesma determinação de  
29 seção a ser empreendida no Rio Capivari, no município de Capivari.

30                    O desassoreamento é previsto para os Trechos 26, 27 e 28 da BHC, e foi analisado a partir  
31 de sua implementação no modelo hidráulico de simulação que, além de considerar a presente  
32 intervenção estrutural, levou em conta a vazão estabelecida na fase de prognóstico com tempo  
33 de retorno de 10 anos. A seção considerada para a conformação da calha do Rio Capivari foi a

1 com formato trapezoidal, com base medindo 13 m, topo medindo 22,5 m e altura média de 4,75  
2 m. No total, foi extraído um volume de terra de 15.000 m<sup>3</sup>.

3 A avaliação da implementação desta intervenção se deu a partir da análise da linha d'água  
4 nas imediações e no trecho em questão, sendo que no município de Capivari foi observada uma  
5 redução de 25 cm na lâmina d'água. Salienta-se que a região mais preponderante a ser dragada  
6 são os primeiros 2 km do trecho, uma vez que nesta região a calha do rio apresenta menores  
7 declividades e maiores acúmulos de sedimentos (diferentemente do restante do trecho), o que  
8 imprime ao Rio Capivari maior resistência ao escoamento nesta parcela da calha.

#### 9 **7.2.4. Detenção hidráulica**

10 Reservatórios ou áreas de deteção hidráulica tem a finalidade de amortecer o hidrograma  
11 de cheia, ou seja, retardar e reduzir a magnitude do pico da onda de cheia, distribuindo os  
12 volumes no tempo. Reservatórios de detenção hidráulica são comuns em áreas urbanas, em  
13 bacias do porte de córregos urbanos. Em rios de maior porte a detenção hidráulica se torna  
14 menos viável em função dos volumes de cheia envolvidos, o que tende a demandar grandes  
15 obras de barramento e desapropriação de áreas de alague. Em grandes rios, tais projetos  
16 normalmente encontram viabilidade econômica em conjunto com outros usos, como geração de  
17 energia, navegação e abastecimento. No entanto, o uso para controle de cheias conflita  
18 fortemente com todos os demais, uma vez que para tal finalidade o reservatório deve manter o  
19 menor volume de água armazenada possível, para fins de espera da cheia fluvial.

20 Por outro lado, há áreas na planície dos rios que, em função de suas características  
21 topológicas, funcionam naturalmente como reservatórios de detenção hidráulica, armazenando  
22 volumes extravasados em períodos chuvoso e devolvendo tais volumes gradualmente ao rio e  
23 ao lençol freático no período de recessão de vazões. Tais áreas tem ainda papel ambiental  
24 relevante, uma vez que funcionam como locais de grande fluxo gênico entre o rio e a planície,  
25 abrigando criadouros de peixes, anfíbios e outros organismos ribeirinhos, bem como áreas de  
26 alimentação para aves. No Rio Capivari foram previstas as possibilidades de detenção hidráulica  
27 descritas a seguir (item 7.2.4.1 e 7.2.4.2).

##### 28 **7.2.4.1. Reservatório de abastecimento e detenção hidráulica**

29 Dada a grande dificuldade de disponibilidade de áreas para projetos de detenção hidráulica  
30 na bacia, bem como das questões relacionadas a viabilidade de tais obras em grandes rios  
31 mencionadas acima, procurou-se projetos de barramentos existentes na bacia. Não foram  
32 identificados reservatórios de detenção hidráulica previstos na calha do Rio Capivari; no entanto,

1 foi identificado um projeto de abastecimento em um de seus principais tributários, o Rio Capivari-  
2 Mirim, e outro em córrego de menor porte.

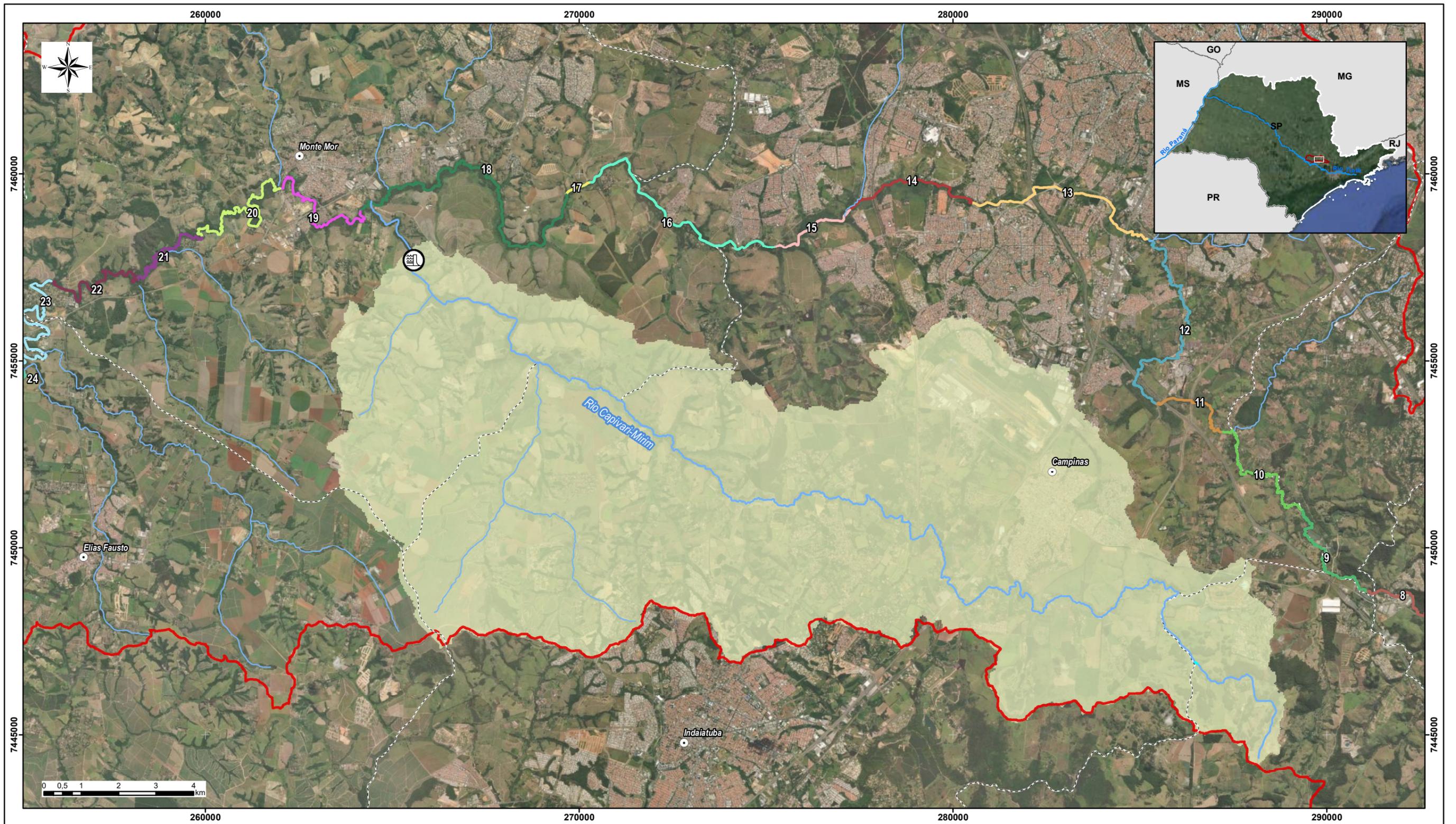
3 Aproveitando o reservatório previsto para o Rio Capivari-Mirim no “*Projeto básico de dois*  
4 *barramentos de regularização de vazões para o abastecimento público na bacia do Rio Capivari*”  
5 (VM Engenharia de Recursos Hídricos, 2009), foi testada a alternativa de uso múltiplo do  
6 barramento, incorporando, então, o controle de cheias. O empreendimento está localizado no  
7 município de Monte Mor, no Trecho 18 da BHC, e sua bacia de contribuição possui uma área de  
8 185 km<sup>2</sup>. O Mapa 7.3 ilustra a localização do barramento supracitado.

9 Para verificar o potencial de interferência que a construção da barragem tem em relação  
10 as lâminas d’água desenvolvidas no Rio Capivari a jusante do empreendimento diante da  
11 ocorrência de cheias, realizou-se a simulação no modelo hidráulico com a vazão de projeto (25  
12 anos de tempo de retorno) fornecida pela sub-bacia 18 ao Rio Capivari, abatida  
13 proporcionalmente pela área de contribuição do reservatório. Tal consideração pressupõe a  
14 capacidade do reservatório de abater completamente o volume da cheia supracitada (armazenar  
15 todo o hidrograma), adotando a simplificação de não haver descarregamento de fundo durante  
16 o evento de cheia. Foi abatida da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari no Trecho 19 (696 km<sup>2</sup>) a  
17 área de contribuição do Rio Capivari-Mirim controlada pelo reservatório (185 km<sup>2</sup>).

18 A partir da simulação hidráulica analisou-se os níveis d’água ocorridos no Rio Capivari com  
19 o abatimento de vazão. Constatou-se que a lâmina d’água no Rio Capivari, no trecho  
20 imediatamente após a confluência do Rio Capivari-Mirim (Trecho 19), diminui cerca de 40 cm.  
21 Este trecho tem a previsão de quatro diques de proteção que poderiam ser rebaixados com o  
22 efeito da barragem. Em Monte Mor, na localidade em que se situa a estação fluviométrica 609  
23 (entre os Trechos 19 e 20), a redução no nível d’água é de aproximadamente 2 cm.

#### 24 7.2.4.2. Áreas de extravasamento e retenção hidráulica natural do Rio 25 Capivari

26 O Rio Capivari, ao longo de seu curso, possui uma série de “bolsões” ou áreas de alague,  
27 intercaladas por trecho de fluxo mais rápido. Este comportamento proporciona um efeito de  
28 amortecimento de cheias fluviais de forma natural, e sua manutenção com tal finalidade é  
29 recomendável. No TOMO I do PDM-BHC já foram previstas as áreas que devem ser mantidas  
30 desocupadas, a partir da análise dos trechos em que o Rio Capivari extravasa naturalmente de  
31 seu leito. Estes locais recomendados de serem mantidos desocupados foram reconhecidos  
32 como bacias de amortecimento *on-line* para as cheias fluviais.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- ⊕ Barragem do Rio Capivari Mirim
- ~ Hidrografia
- Área de contribuição do Rio Capivari Mirim
- Bacia do Rio Capivari
- ⊖ Limite municipal

- Trechos do Rio Capivari**
- Trecho 8
  - Trecho 9
  - Trecho 10
  - Trecho 11
  - Trecho 12
  - Trecho 13
  - Trecho 14
  - Trecho 15
  - Trecho 16
  - Trecho 17
  - Trecho 18
  - Trecho 19
  - Trecho 20
  - Trecho 21
  - Trecho 22
  - Trecho 23
  - Trecho 24

Realização



Execução

RELATÓRIO FINAL

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)**



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 23S  
Escala: 1:100.000

**Mapa 7.3. Localização do reservatório considerado no Rio Capivari-Mirim, e sua respectiva área de contribuição (bacia hidrográfica)**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2021  
- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021  
- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013  
- Limite de bacia: Adaptado de ANA, 2013  
- Trechos: Profill, 2023.  
- Área de contribuição:  
- Barragem: Profill, 2023.

1 Desde modo, reconhecendo a importância de se preservar os locais que terão como  
 2 principal função reter a água provinda do extravasamento do Rio Capivari de sua calha principal,  
 3 de maneira a garantir que novos danos oriundos da inundação sejam mitigados, apresentam-se  
 4 as áreas que servirão como bacias de amortecimento *on-line*, ilustradas no Mapa 7.4.

#### 5 **7.2.5. Reassentamento**

6 Conforme as premissas apresentadas pelo item 7.1.1.4, as quais orientaram o  
 7 estabelecimento das áreas de reassentamento, foram identificados os locais da Bacia  
 8 Hidrográfica do Rio Capivari passíveis de sofrerem tal intervenção. A Tabela 7.5 apresenta o  
 9 quantitativo geral de reassentamentos definidos para o Rio Capivari, apresentando-os por trecho  
 10 do referido curso d'água.

11 Ainda, identifica o possível uso das edificações (via imagem de satélite) que será  
 12 transferido para local seguro quanto à incidência de inundações, e, como características  
 13 determinantes para a definição dos custos associadas a tal intervenção, estão apresentadas as  
 14 informações de localização (área urbana ou rural), além da área afetada a ser reassentada.  
 15 Computou-se um total de 25 locais de reassentamento, somando uma área de 97.319 m<sup>2</sup>.

16 Tabela 7.5. Características de intervenções de reassentamentos, por trecho do Rio Capivari e município.

| Trecho | Município | Identificação             | Tipo de uso                           | Localização | Área (m <sup>2</sup> ) |           |
|--------|-----------|---------------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------|-----------|
| 3      | Jundiaí   | 1                         | Sítio/Residência afastada             | Urbano      | 292,92                 |           |
|        |           | 2                         | Sítio/Residência afastada             | Urbano      | 166,16                 |           |
| 4      | Louveira  | 3                         | Galpão                                | Urbano      | 1.497,43               |           |
|        |           | 4                         | Sítio/Residência                      | Urbano      | 713,98                 |           |
| 5      |           | Galpão/Armazenagem        | Urbano                                | 1.141,06    |                        |           |
| 6      |           | Sítio/Residência afastada | Rural                                 | 1.021,89    |                        |           |
| 12     | Campinas  | 7                         | Sítio/Residência                      | Rural       | 908,61                 |           |
|        |           | 8                         | Pátio residencial                     | Urbano      | 2.921,66               |           |
|        |           | 9                         | Residências                           | Urbano      | 541,76                 |           |
| 14     |           | 10                        | Residências                           | Urbano      | 10.511,02              |           |
|        |           | 11                        | Fundo de residências                  | Urbano      | 1.389,90               |           |
| 16     |           | 12                        | Sítio/Residência afastada             | Rural       | 2.141,67               |           |
|        |           | 13                        | Galpões                               | Urbano      | 1.798,56               |           |
|        |           | 14                        | Galpões/Armazenagem/Áreas descampadas | Urbano      | 10.985,17              |           |
| 19     |           | Monte Mor                 | 15                                    | Residências | Urbano                 | 5.597,14  |
|        |           |                           | 16                                    | Residências | Urbano                 | 10.426,08 |

| Trecho | Município | Identificação | Tipo de uso                                       | Localização | Área (m²) |
|--------|-----------|---------------|---|-------------|-----------|
| 22     |           | 17            | Residências isoladas                              | Rural       | 5.424,96  |
| 23     | Capivari  | 18            | Residências                                       | Urbano      | 2.920,47  |
|        |           | 19            | Residências                                       | Urbano      | 2.403,05  |
|        |           | 20            | Residências/Áreas descampadas                     | Urbano      | 3.984,78  |
| 24     |           | 21            | Galpão  | Urbano      | 892,61    |
| 26     |           | 22            | Galpão  | Urbano      | 245,34    |
|        |           | 23            | Residência/Centro social                          | Rural       | 2.298,78  |
|        |           | 24            | Residências/Galpões/Armazenagem                   | Urbano      | 7.271,19  |
| 28     |           | 25            | Residências/Galpões/Armazenagem/Áreas descampadas | Urbano      | 19.822,54 |

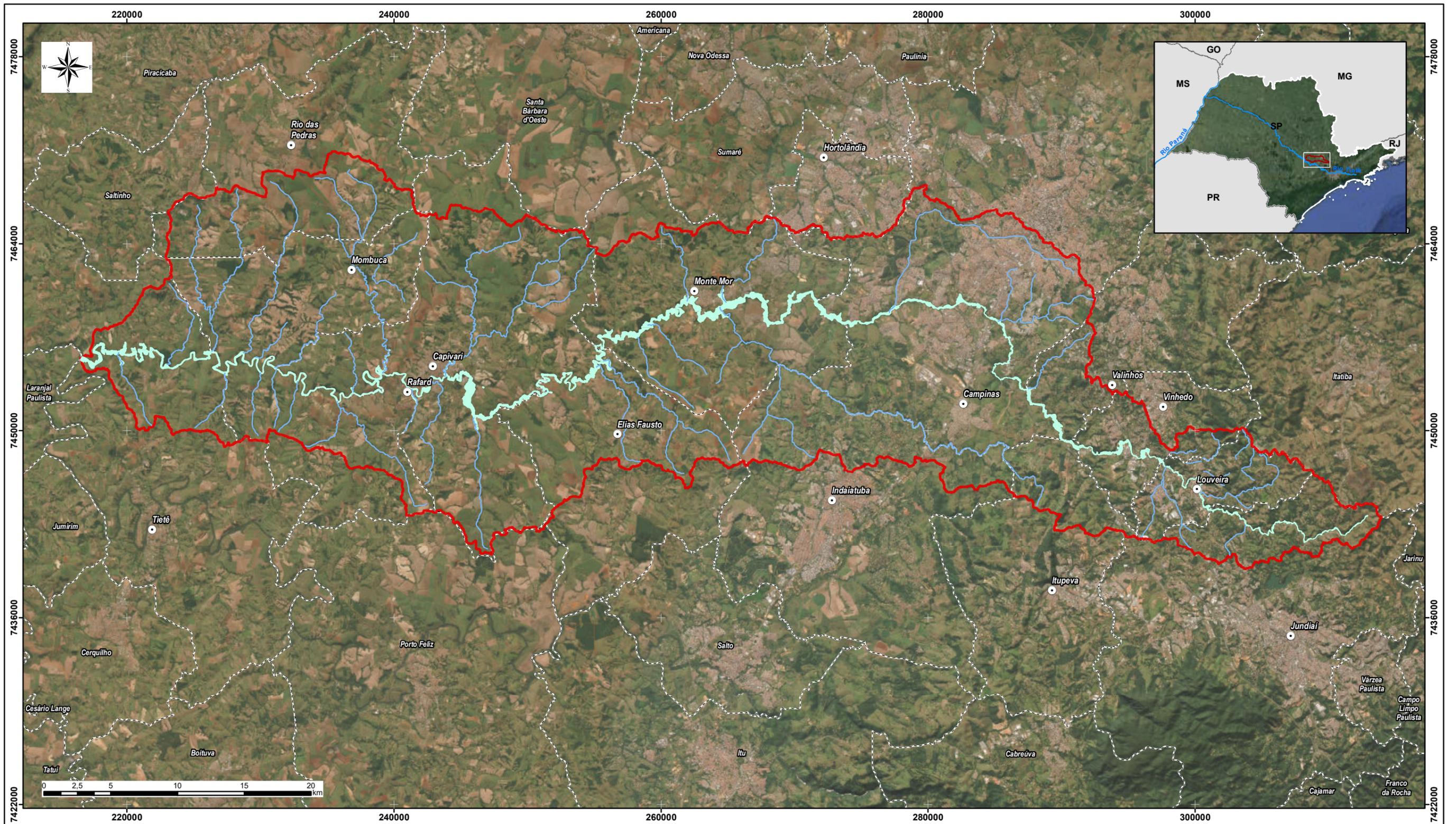
1

## 2 **7.2.6. Convivência com as cheias**

3 Conforme os critérios e as premissas apresentados pelo capítulo 7.1.1.4, foram estudados  
 4 locais denominados como áreas de convivência com as cheias. Contudo, a partir da presente  
 5 análise aqui discorrida, não se pode eliminar a necessidade de proteção destas áreas, dado que  
 6 cada caso apontado carece de análise local detalhada que verifique tal necessidade.

7 Assim, não se está propondo que não sejam adotadas quaisquer medidas para proteção  
 8 de tais áreas, mas apenas classificando-as como regiões em que projetos coletivos de proteção  
 9 não se aplicam. A posteriori, o proprietário de cada área deverá julgar a respeito da  
 10 implementação de proteção frente ao histórico de danos advindos das inundações no local, ou  
 11 pelo perigo mapeado no presente estudo, em função da lâmina d'água da cheia de projeto e da  
 12 cheia de delimitação de áreas de risco (100 anos de tempo de retorno).

13 A Tabela 7.6 apresenta o quantitativo de áreas com recomendação de convivência com as  
 14 cheias, suas respectivas localizações em relação a divisão em trechos da BHC e os municípios  
 15 as quais estão situadas. Computou-se um total de 43 locais de convivência com as cheias,  
 16 somando uma área de 179.884 m<sup>2</sup>.



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Hidrografia
- Áreas destinadas à detenção hidráulica
- Bacia do Rio Capivari
- - - Limite municipal

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>Realização</p>  <p>Agência das Bacias PCJ</p> | <p>RELATÓRIO FINAL</p> <p><b>ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI (PDM-BHC)</b></p> | <p>Execução</p>  <p>PROFILL</p>  |
| <p>Sistema de Coordenadas UTM<br/>Datum SIRGAS2000<br/>Zona 23S<br/>Escala: 1:280.000</p>   | <p><b>Mapa 7.4. Áreas de detenção hidráulica para a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari</b></p>                                    | <p>Fonte de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sede municipal: IBGE, 2021</li> <li>- Limite municipal/estadual: IBGE, 2021</li> <li>- Hidrografia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Limite da bacia: Adaptado de ANA, 2013</li> <li>- Áreas de detenção: Profill, 2023.</li> </ul> |

1 Tabela 7.6. Características das áreas de convivência com as cheias, por trecho do Rio Capivari.

| Trecho | Município | Identificação | Tipo de uso           | Área (m <sup>2</sup> )     |                                   |
|--------|-----------|---------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 2      | Jundiaí   | 1             | Esporte/Lazer         | 12.100,59                  |                                   |
|        |           | 2             | Galpão/Armazenagem    | 467,22                     |                                   |
|        |           | 3             | Galpão/Armazenagem    | 1.188,34                   |                                   |
| 3      |           | 4             | Sítio                 | 462,86                     |                                   |
|        |           | 5             | Sítio                 | 871,63                     |                                   |
| 4      |           | 6             | Indústria/Armazenagem | 2.618,94                   |                                   |
|        |           | 7             | Entrada de indústria  | 758,89                     |                                   |
|        |           | 4             | 8                     | Esporte/Lazer              | 1.594,16                          |
|        |           |               | 9                     | Sítio                      | 314,21                            |
| 5      |           | Louveira      | 10                    | Indústria/Armazenagem      | 2.405,59                          |
|        | 11        |               | Entrada de indústria  | 3.038,73                   |                                   |
|        | 5         |               | 12                    | Esporte/Lazer              | 36.159,28                         |
|        |           |               | 13                    | Indústria/Armazenagem      | 4.789,23                          |
| 6      | 14        |               | Indústria/Comércio    | 1.497,93                   |                                   |
|        | 15        |               | Indústria/Comércio    | 3.473,01                   |                                   |
|        | 16        |               | Esporte/Lazer         | 2.221,08                   |                                   |
|        | 17        |               | Galpão/Armazenagem    | 1.930,69                   |                                   |
| 7      | Vinhedo   |               | 18                    | Indústria                  | 3.235,03                          |
|        |           |               | 19                    | Indústria                  | 1.099,84                          |
|        |           | 20            | Indústria/Galpão      | 840,51                     |                                   |
|        |           | 7             | 21                    | Indústria                  | 867,87                            |
| 22     |           |               | Indústria/Armazenagem | 8.259,79                   |                                   |
| 8      |           | 23            | Galpão/Armazenagem    | 3.132,44                   |                                   |
|        |           | 24            | Indústria             | 1.519,02                   |                                   |
| 9      |           | 25            | Esporte/Lazer         | 6.944,68                   |                                   |
|        |           | Valinhos      | 27                    | Esporte/Lazer              | 2.633,99                          |
| 11     |           | Itupeva       | 26                    | Esporte/Lazer              | 952,69                            |
|        | 12        | Campinas      | 28                    | Indústria/Armazenagem      | 1.252,92                          |
| 29     |           |               | Armazenagem           | 3.290,39                   |                                   |
| 30     |           |               | Galpão/Armazenagem    | 8.683,37                   |                                   |
| 31     |           |               | Esporte/Lazer         | 2.014,65                   |                                   |
| 32     |           |               | Indústria/Armazenagem | 2.550,10                   |                                   |
| 33     |           |               | Galpão/Armazenagem    | 994,32                     |                                   |
| 13     |           |               | 34                    | Indústria                  | 1.251,81                          |
| 15     |           |               | 35                    | Indústria                  | 1.173,96                          |
| 18     | Monte Mor |               | 36                    | Indústria                  | 1.522,14                          |
|        |           |               | 37                    | Estacionamento/Armazenagem | 10.513,49                         |
|        |           | 38            | Entrada de indústria  | 9.797,62                   |                                   |
|        |           | 20            | 39                    | Indústria                  | 4.943,68                          |
| 21     |           | 40            | Galpão/Armazenagem    | 4.671,18                   |                                   |
|        |           | 25            | Capivari              | 41                         | Indústria                         |
| 42     |           |               |                       | Indústria                  | 7.819,73                          |
| 26     |           |               |                       | 43                         | Galpão/Armazenagem/Estacionamento |

### 1           **7.2.7. Barragem Leopoldina**

2           Foram testados dois cenários de intervenção na Barragem Leopoldina, no município de  
3 Rafard. O primeiro (Alternativa 1) considera a instalação de nova comporta ao final do canal, em  
4 série com a comporta existente. Este cenário é adaptado das propostas do relatório de visita  
5 técnica de 2023, do IPA<sup>10</sup>. Nesta alternativa foi considerada uma comporta extra ao final do canal  
6 de adução, com dimensões de 3,50 x 3,30 m (base x altura). Tal consideração difere do  
7 vertedouro extra previsto no referido relatório, que seria constituído pelo rebaixamento da  
8 ombreira direita do canal existente, com abertura de novo canal de deságue, possivelmente,  
9 controlado por uma comporta. No presente estudo, a proposta deverá ter maior eficiência  
10 hidráulica, com uma intervenção de menor monta.

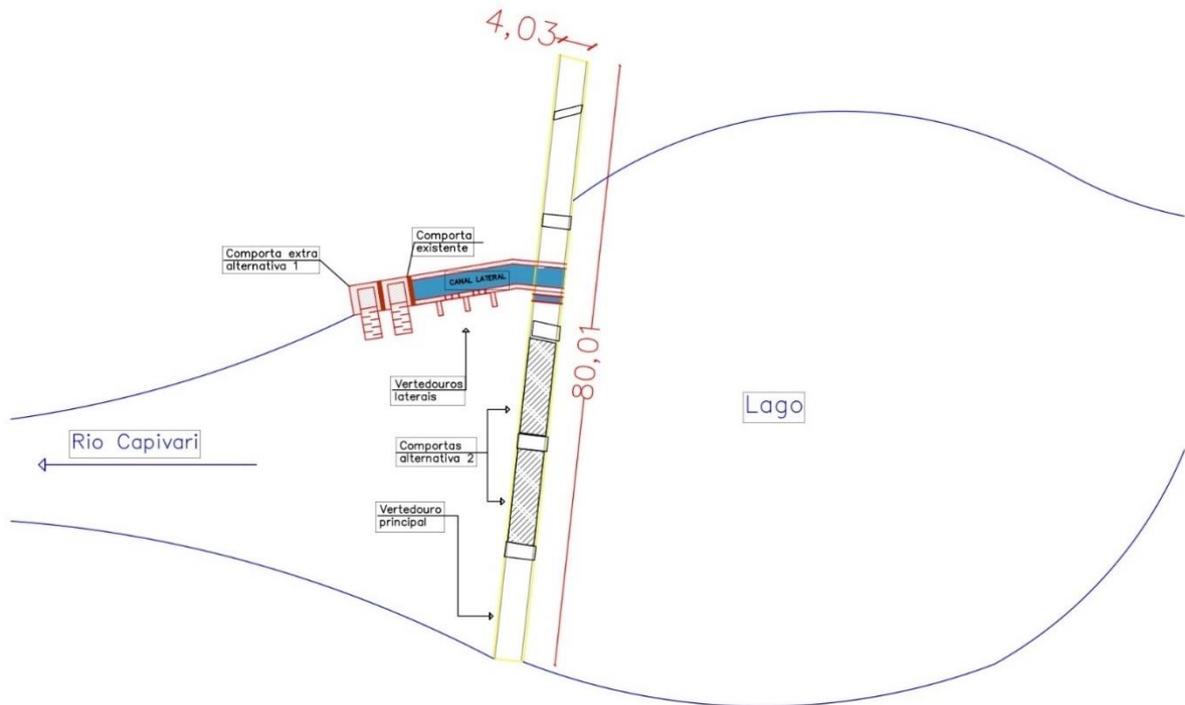
11           O segundo cenário (Alternativa 2) considera a instalação, além da comporta citada, de duas  
12 novas comportas no corpo da barragem. Este cenário é baseado no histórico de discussões  
13 constante em Boletim de Ocorrência Policial<sup>11</sup>. Cada uma das comportas no corpo da barragem  
14 tem dimensões de 12,85 x 4,00 m (base x altura). Ressalta-se que, conforme discutido no referido  
15 documento que originou a proposta, a viabilidade técnica de tal solução carece de ser avaliada.  
16 É uma intervenção de grande monta no maciço da barragem de pedra argamassada, cuja  
17 estabilidade depende do peso da estrutura. Entende-se que esta alternativa se aproxima da  
18 remoção da barragem, permitindo que o fluxo passe quase livremente pela seção. Tal hipótese  
19 é confirmada pela linha d'água que se observa nesse cenário, praticamente paralela ao fundo do  
20 talvegue no trecho.

21           A Figura 7.4 e a Figura 7.5 apresentam os croquis das alternativas de intervenção  
22 supracitadas avaliadas na Barragem Leopoldina, para fins de rebaixamento do nível da cheia do  
23 Rio Capivari.

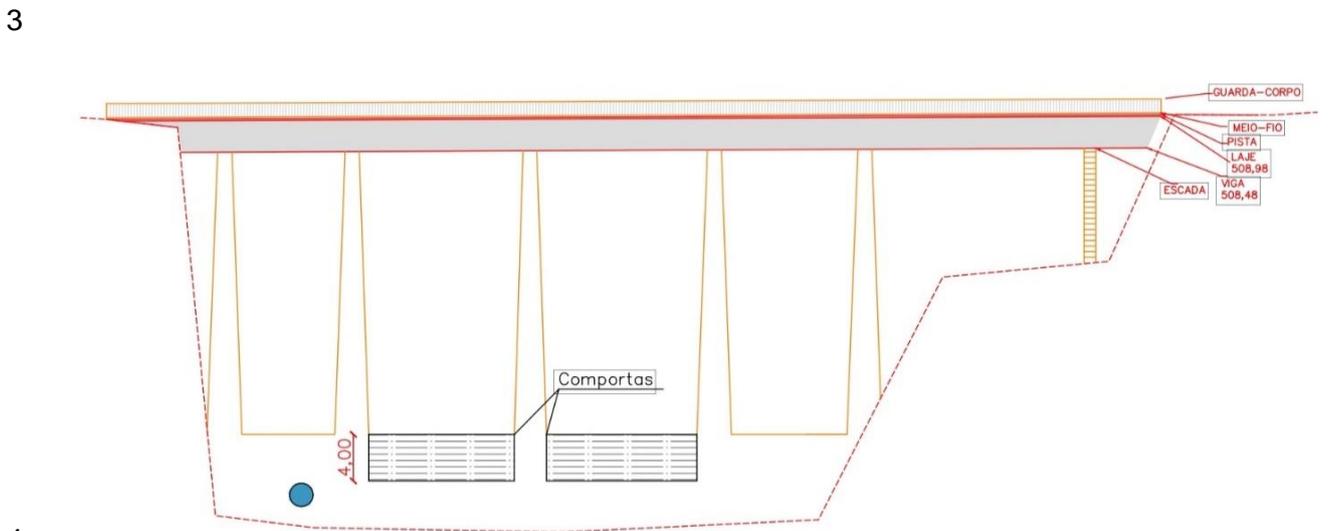
---

<sup>10</sup>Instituto de Pesquisas Ambientais da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo, de 10 de janeiro de 2023. Ao invés de implantação de novo vertedor e canal lateral, optou-se por alternativa com maior eficiência hidráulica e menor movimentação de terra, implantando nova comporta ao lado da existente.

<sup>11</sup>Boletim de Ocorrência 384/2020 registrado na Delegacia de Polícia de Capivari – Polícia Civil do Estado de São Paulo.



1  
 2 Figura 7.4. Planta do arranjo dos descarregadores existentes e propostos da Barragem Leopoldina.



4  
 5 Figura 7.5. Vista frontal dos descarregadores da Barragem Leopoldina.

6  
 7 A Tabela 7.7 apresenta os resultados de rebaixamento da linha d'água nas cheias de 10,  
 8 25 e 100 anos de tempo de retorno, para as Alternativas 1 e 2 consideradas na Barragem  
 9 Leopoldina, comparando com o cenário atual de funcionamento do sistema, com sua única  
 10 comporta aberta.

1 Tabela 7.7. Resultados de rebaixamento do nível d'água da cheia nas duas alternativas testadas de  
 2 intervenções na Barragem Leopoldina, para diferentes tempos de retorno.

| Local                           | Distância da barragem (km) | Rebaixamento do nível d'água (cm) |        |            |        |             |       |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|------------|--------|-------------|-------|
|                                 |                            | TR 10 anos                        |        | TR 25 anos |        | TR 100 anos |       |
|                                 |                            | A1                                | A2     | A1         | A2     | A1          | A2    |
| Local da barragem               | 0,00                       | 44,00                             | 136,00 | 42,00      | 105,00 | 33,00       | 63,00 |
| Limite do município de Capivari | 1,30                       | 21,90                             | 51,60  | 19,50      | 40,80  | 14,40       | 24,50 |
| Bairro Moreto                   | 4,00                       | 4,80                              | 10,70  | 4,10       | 8,20   | 2,60        | 4,40  |
| SP-101                          | 12,20                      | 0,10                              | 0,30   | 0,10       | 0,40   | 0,10        | 0,10  |

3  
 4 Observa-se que o rebaixamento no nível d'água, na Alternativa 1, está em cerca de 30 a  
 5 40 cm logo a montante da barragem, dependendo do tempo de retorno da cheia. Conforme  
 6 esperado, o efeito de rebaixamento é mais pronunciado para cheias de menor magnitude. Na  
 7 Alternativa 2, os valores de rebaixamento são expressivos, variando de 63 cm (para o TR de 100  
 8 anos), a 136 cm (para 10 anos de recorrência). No entanto, a montante do limite urbano do  
 9 município de Capivari, os impactos para a cheia de projeto são menos significativos (< 40 cm).  
 10 No Bairro Moreto, onde há conhecidos problemas de inundação, o impacto de rebaixamento do  
 11 nível d'água em relação a cheia de projeto seria inferior a 10 cm.

### 12 **7.3. Composição de custos e seleção de alternativas**

13 Neste item são apresentados os critérios, metodologia e resultados das estimativas de  
 14 custos das intervenções apresentadas ao longo do item 7.2. Ainda, é apresentada uma análise  
 15 comparativa entre as combinações elaboradas, servindo como subsídio para a recomendação  
 16 das alternativas de melhor relação custo-benefício, suas características e os valores estimados.

17 Ressalta-se que os custos de implantação calculados não se referem ao orçamento das  
 18 obras, mas apenas a uma estimativa de magnitude de valores que permita ter-se uma ideia inicial  
 19 do montante de recursos envolvidos e, ainda, uma comparação em termos de custo para as  
 20 alternativas aqui avaliadas. O alto nível de parametrização adotado torna viável a estimativa de  
 21 custo na atual fase de projeto, em que não se tem a definição de todas as componentes de cada  
 22 intervenção prevista, a topografia do local da obra, o conhecimento das condições geológicas, o  
 23 cadastro de interferências, entre outros aspectos indispensáveis para projeto e orçamento  
 24 detalhado.

### 1           **7.3.1.    Composição de indicadores de custo**

2           Os itens a seguir apresentam a elaboração do indicador de custo de implantação de cada  
3           uma das tipologias de obra, bem como de realocação (reassentamento). Os indicadores foram  
4           elaborados com base em séries de valores de obras similares, compilados e apresentados a  
5           seguir, corrigidos pelo INCC para o mês de fevereiro de 2023.

#### 6                   **7.3.1.1.           Adequação de travessias**

7           A estimativa de custos de readequação de travessias, dada a natureza da intervenção, é  
8           de relativa dificuldade de parametrização e carrega algumas incertezas. Os projetos de  
9           readequação propostos podem variar, como substituição da ponte, alteamento do tabuleiro,  
10          melhoria no canal e combinações entre si. Ainda, a readequação de uma travessia com alteração  
11          do greide da via pode implicar em inúmeras intervenções no entorno, além da própria travessia.  
12          O nível das intervenções depende do entorno de cada estrutura, e sua quantificação depende  
13          dos levantamentos de campo e projetos de engenharia de cada uma destas intervenções.

14          No presente estudo, propõe-se parametrizar o custo de readequação de travessia em  
15          função de características físicas das pontes e pontilhões, sendo elas a largura e a extensão do  
16          tabuleiro. Como fonte de dados, fez-se uso do Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016).  
17          O estudo citado prevê uma série de intervenções em travessias, as quais se assemelham com  
18          alguns tipos de melhorias das estruturas sugeridas para implantação na BHC.

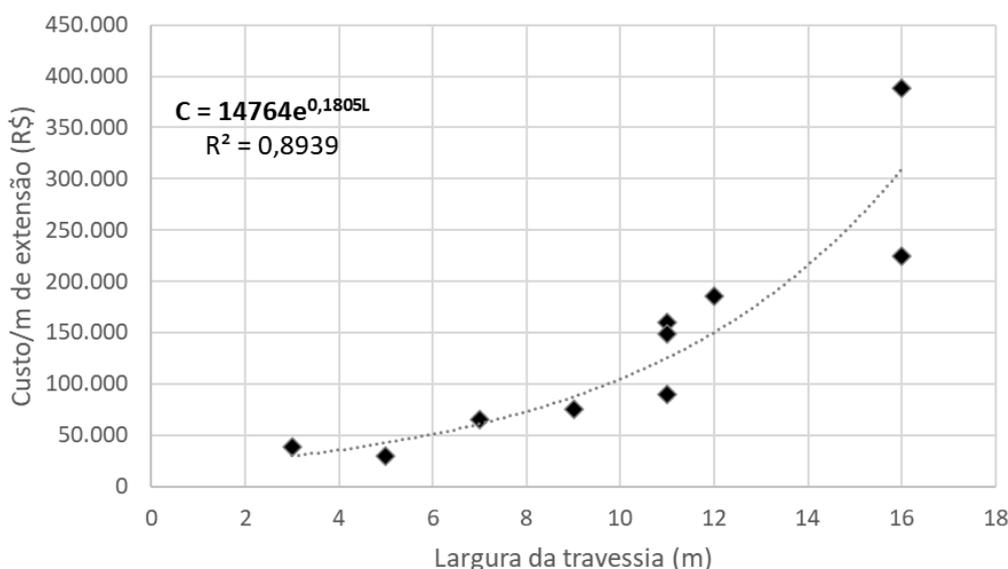
19          As especificações das obras, custos associados e respectivas fontes estão apresentados  
20          na Tabela 7.8. O custo em relação ao melhoramento de estruturas tais como pontes, pontilhões  
21          e passarelas é estimado por metro de extensão, e é dado a partir da largura da estrutura avaliada.  
22          A readequação de bueiros seguiria outra métrica; no entanto, as intervenções propostas preveem  
23          a substituição de todos os bueiros que causam inundação por pontilhões, conforme apresentado  
24          no item 7.2.1, portanto a parametrização de custos utilizada foi a mesma da Tabela 7.8.

25                   Tabela 7.8. Informações da composição de custos para readequação de travessias.

| <b>Tipo</b>                        | <b>Extensão (m)</b> | <b>Largura (m)</b> | <b>Custo total (R\$)</b> | <b>INCC acumulado</b> | <b>Custo corrigido (R\$)</b> | <b>Custo/m (R\$)</b> |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|
| Rodovia Federal                    | 193,00              | 3,0                | 4.555.775,04             | 1,62                  | 7.380.355,00                 | 38.240,18            |
| Ferrovia                           | 21,60               | 5,0                | 389.145,11               | 1,62                  | 630.415,00                   | 29.185,88            |
| Rodovia Federal                    | 50,40               | 7,0                | 2.022.335,35             | 1,62                  | 3.276.183,00                 | 65.003,64            |
| Via lateral (2x) + Rodovia Federal | 120,00              | 9,0                | 5.578.781,44             | 1,62                  | 9.037.625,00                 | 75.313,55            |
| Ferrovia                           | 10,93               | 11,0               | 608.890,71               | 1,62                  | 986.402,00                   | 90.247,30            |

| Tipo                            | Extensão (m) | Largura (m) | Custo total (R\$) | INCC acumulado | Custo corrigido (R\$) | Custo/m (R\$) |
|---------------------------------|--------------|-------------|-------------------|----------------|-----------------------|---------------|
| Alça de acesso Rodovia Federal  | 29,27        | 11,0        | 2.891.398,12      | 1,62           | 4.684.064,00          | 160.029,55    |
| Rodovia Federal                 | 68,87        | 11,0        | 6.346.825,58      | 1,62           | 10.281.857,00         | 149.293,70    |
| Vicinal                         | 9,74         | 12,0        | 1.116.317,89      | 1,62           | 1.808.434,00          | 185.670,94    |
| Rodovia Federal e vias laterais | 85,53        | 16,0        | 11.858.762,78     | 1,62           | 19.211.195,00         | 224.613,54    |
| Ferrovia                        | 5,45         | 16,0        | 1.307.765,87      | 1,62           | 2.118.580,00          | 388.730,41    |

1  
 2 A Figura 7.6 apresenta a curva de custos para travessias, por metro linear de estrutura, em  
 3 função da largura. A largura do tabuleiro, de certa forma, exemplifica de forma satisfatória o grau  
 4 de importância da estrutura, resultando em um ajuste de boa qualidade, mesmo sem considerar  
 5 o tipo de via e outras variáveis.



6  
 7 Figura 7.6. Curva e equação de custo para readequação de travessias para a BHC.

8  
 9 **7.3.1.2. Diques de proteção**

10 Obras de proteção por diques podem ser em terra (aterros) ou em concreto (muros), e até  
 11 uma combinação de ambos. Normalmente, muros de concreto são mais custosos que aterros;  
 12 no entanto, dependendo dos volumes envolvidos e da disponibilidade de jazidas, os aterros  
 13 podem ter custo mais elevado. De qualquer forma, foram elaborados indicadores de custos  
 14 independentes para diques de terra e de concreto.

1 Como fonte de dados, fez-se uso do Plano Metropolitano de Proteção Contra Cheias –  
 2 METROPLAN (2018), mais especificamente no Produto 14, denominado “*Consolidação do*  
 3 *Conjunto de Intervenções*”. O referido estudo prevê uma série de obras de diques de concreto e  
 4 terra, tal como os tipos das intervenções sugeridas para implantação na BHC.

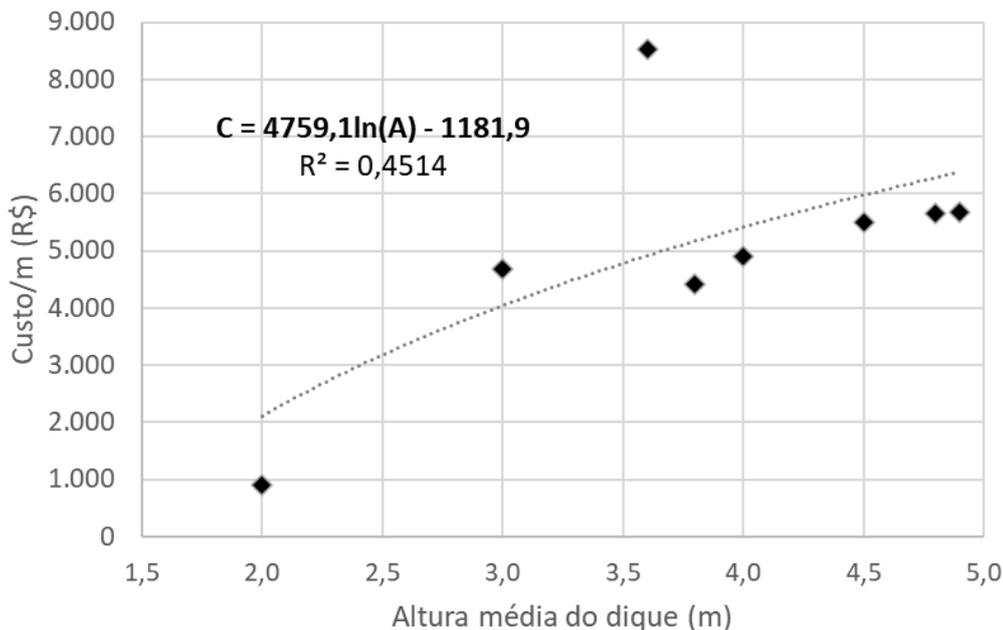
5 As variáveis e custos associados estão apresentados na Tabela 7.9. O custo em relação  
 6 aos diques de concreto é estimado em reais por metro linear, e é dado a partir da altura média  
 7 da estrutura avaliada. Já para o dique de terra, o custo é dado por volume do maciço (metro  
 8 cúbico) da estrutura.

9 Tabela 7.9. Informações da composição de custos para obras de diques de concreto e de terra.

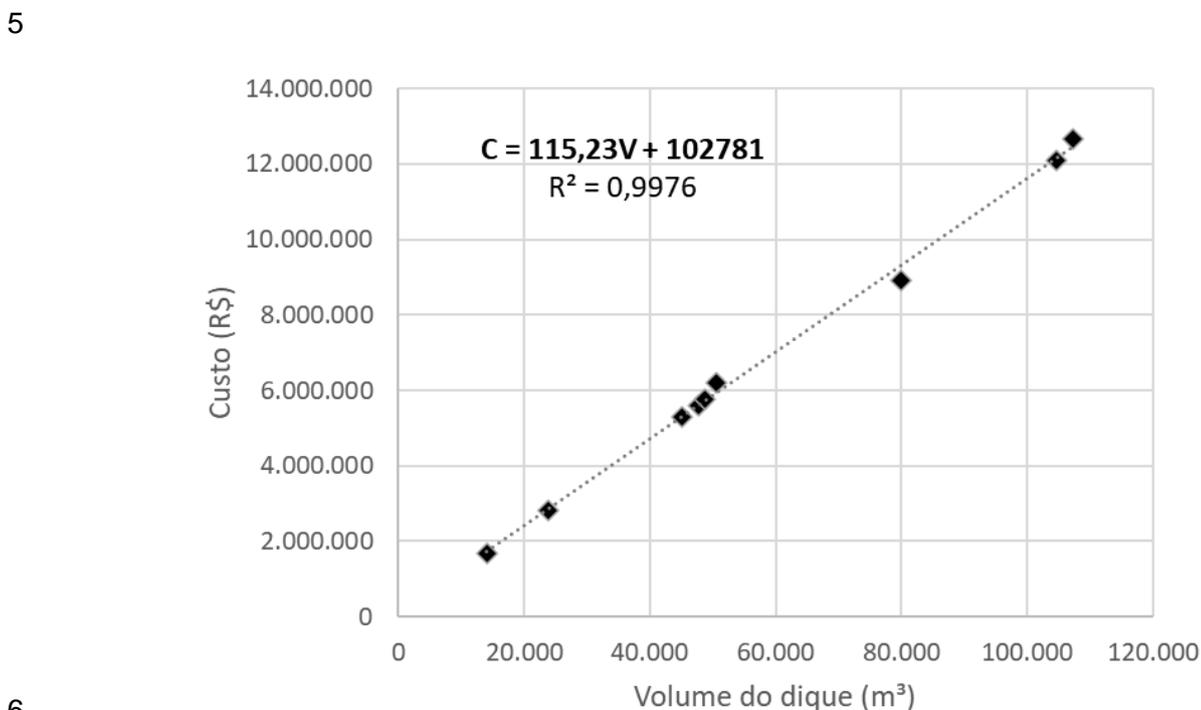
| Localização                                   | Altura (m) | Extensão (m) | Custo total* (R\$) | INCC acumulado | Custo corrigido (R\$) | Custo/m (R\$) |
|---|------------|--------------|--------------------|----------------|-----------------------|---------------|
| Diques de concreto                            |            |              |                    |                |                       |               |
| Dique Rio dos Sinos - Novo Hamburgo           | 4,0        | 360          | 1.155.395,67       | 1,53           | 1,767,755.38          | 4,910.43      |
| Dique Rio dos Sinos - Sapucaia do Sul (Sul)   | 3,6        | 840          | 4.687.189,65       | 1,53           | 7,171,400.16          | 8,537.38      |
| Dique Rio dos Sinos - Sapucaia do Sul (Sul)   | 2,0        | 1.510        | 894.451,75         | 1,53           | 1,368,511.18          | 906.30        |
| Dique Rio dos Sinos - Campo Bom               | 3,0        | 280          | 857.820,61         | 1,53           | 1,312,465.53          | 4,687.38      |
| Dique Rio dos Sinos - Igrejinha Norte (ME)    | 3,8        | 1,248        | 3.604.455,49       | 1,53           | 5,514,816.90          | 4,418.92      |
| Dique Rio dos Sinos - Igrejinha Norte (MD)    | 4,8        | 987          | 3.648.221,72       | 1,53           | 5,581,779.23          | 5,655.30      |
| Dique Rio dos Sinos - Igrejinha Sul (ME)      | 4,5        | 3.013        | 10.844.891,83      | 1,53           | 16,592,68.50          | 5,507.03      |
| Dique Rio dos Sinos - Igrejinha Sul (MD)      | 4,9        | 3.065        | 11.383.684,32      | 1,53           | 17,417,037.02         | 5,682.56      |
| Diques de terra                               |            |              |                    |                |                       |               |
| Dique Rio dos Sinos - Novo Hamburgo           | 1.020      | 50.472       | 4.060.087,29       | 1,53           | 6.211.933,56          | 123,08        |
| Obras do Dique de Proteção de Campo Bom       | --         | 14.055,6     | 1.100.453,72       | 1,53           | 1.683.694,19          | 119,79        |
| Dique Rio dos Sinos - Sapucaia do Sul (Sul)   | 1.220      | 47.795,02    | 3.662.397,13       | 1,53           | 5.603.467,60          | 117,24        |
| Dique Rio dos Sinos - Sapucaia do Sul (Norte) | 909        | 23.782,88    | 1.834.761,40       | 1,53           | 2.807.184,94          | 118,03        |
| Dique Sinos - Nova Santa Rita                 | --         | 48.800       | 3.760.531,01       | 1,53           | 5.753.612,45          | 117,90        |
| Dique São Leopoldo - Bairro Feitoria          | --         | 107.195,8    | 8.279.878,90       | 1,53           | 12.668.214,71         | 118,18        |
| Dique Rio dos Sinos - Igrejinha Norte (ME)    | 1.246,42   | 45.144,07    | 3.459.072,50       | 1,53           | 5.292.380,92          | 117,23        |
| Dique Rio dos Sinos - Igrejinha Norte (MD)    | 1.442,86   | 79.863,35    | 5.836.994,92       | 1,53           | 8.930.602,23          | 111,82        |
| Dique Rio dos Sinos - Igrejinha Sul (ME)      | 2.448,63   | 104.697      | 7.910.749,59       | 1,53           | 12.103.446,88         | 115,60        |

\*Estimado a partir da consideração do custo multiplicado por dois fatores: custo de licenciamento, administração, projetos, instalações (1,11) e BDI (1,27).

1 A curva de custo para a construção de diques de concreto é apresentada pela Figura 7.7,  
 2 e para a construção de diques de terra é apresentada pela Figura 7.8.



3  
 4 Figura 7.7. Curva e equação de custo de implementação dos diques de concreto para a BHC.



6  
 7 Figura 7.8. Curva e equação de custo de implementação de diques de terra para a BHC.

1                                    7.3.1.3.                    *Canalização*

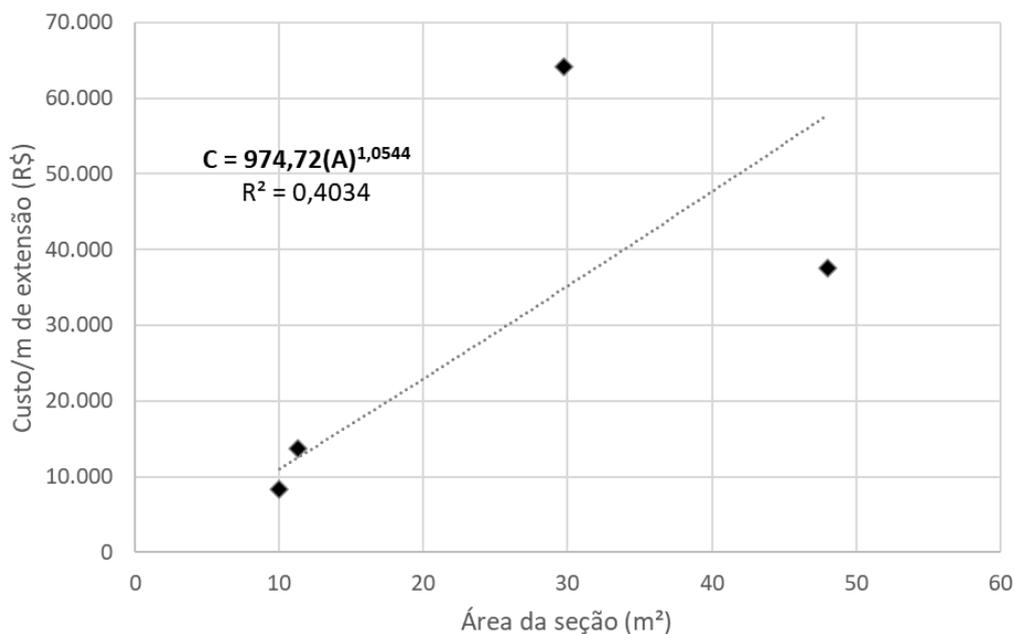
2                    Para canalização em concreto foi elaborado indicador de custo relacionando a área da  
 3 seção e o custo por metro linear de canal. Para tanto, como fonte de dados, fez-se uso do Plano  
 4 Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016), de uma publicação do Diário Oficial do Estado do  
 5 Rio de Janeiro – quanto a propostas de preços para obras de drenagem (DOERJ, 2012), e de  
 6 um edital de concorrência pública do Estado de São Paulo, o qual discorre sobre obras de mesmo  
 7 cunho de canalização. As fontes preveem uma série de custos em relação a construção de  
 8 canais, as quais se assemelham com a canalização sugerida por este estudo, a ser  
 9 implementada em trecho do Rio Capivari.

10                    As especificações das obras, custos associados e fontes estão apresentados na Tabela  
 11 7.10. O custo em relação a construção do canal em concreto é estimado em reais por metro  
 12 linear de extensão, e é dado a partir da área da seção da estrutura avaliada.

13                    Tabela 7.10. Informações da composição de custos para obras de canal de concreto.

| Localização                           | Forma       | Extensão (m) | Área da seção (m²) | Custo total (R\$) | INCC acumulado | Custo corrigido (R\$) | Custo/m (R\$) | Fonte   |
|---------------------------------------|-------------|--------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------------|---------------|---|
| Arroio Esteio: Esteio (RS)            | Trapezoidal | 1808         | 11,25              | 15.377.317        | 1,62           | 24.911.254,01         | 13.778,35     | Plano Diretor de Drenagem de Esteio (2016)                      |
| Arroio Sapucaia: Esteio (RS)          | Trapezoidal | 1295         | 48,00              | 29.978.905        | 1,62           | 48.565.826,70         | 37.502,57     | Plano Diretor de Drenagem de Esteio (2016)                      |
| Rio Abel: Queimados (RJ)              | Retangular  | 1372         | 29,70              | 37.944.058        | 2,32           | 88.030.216,42         | 64.161,97     | DOERJ (2012), Processo nº E17/001.361/2011                      |
| Córrego Pinheirinho: Porto Feliz (SP) | Retangular  | 360          | 10,00              | 2.138.862         | 1,41           | 3.015.795,73          | 8.377,21      | Editais de Concorrência Pública 01/2019, Processo SAAE 043/2019 |

14  
 15                    As informações de custo por metro linear e área da seção transversal do canal da Tabela  
 16 7.10 foram utilizadas para a confecção da curva de custo apresentada pela Figura 7.9.



1  
 2 Figura 7.9. Curva e equação de custo para canalização em concreto para a BHC.

3  
 4 **7.3.1.4. Desassoreamento e retificação de calha**

5 Para projetos de canalização em terra (retificação de calha) e desassoreamento  
 6 (dragagem), o indicador de custos foi parametrizado em função da seção-tipo de corte adotada  
 7 nos projetos analisados, previstos no Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS (2016). A fonte  
 8 prevê uma série de obras de execução de desassoreamentos, similares àquelas sugeridas por  
 9 este estudo, a ser implementada no Rio Capivari.

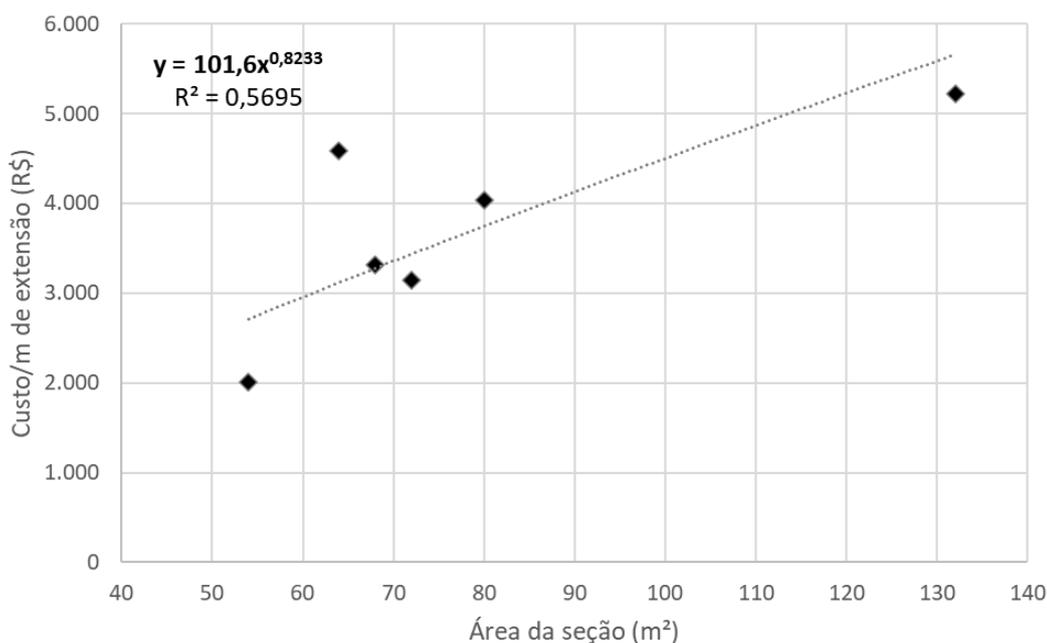
10 As variáveis das obras levantadas para este tipo de intervenção e os custos associados  
 11 são apresentados pela Tabela 7.9.

12 Tabela 7.11. Informações da composição de custos para obras de desassoreamento e retificação.

| Localização                  | Extensão (m) | Área da seção (m²) | Custo total (R\$) | INCC acumulado | Custo corrigido (R\$) | Custo/m (R\$) |
|------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------------|---------------|
| Arroio Esteio: Esteio (RS)   | 2.682        | 54,00              | 3.324.085         | 1,62           | 5.385.017             | 2.007,84      |
| Arroio Sapucaia: Esteio (RS) | 3.124        | 64,00              | 8.836.107         | 1,62           | 14.314.493            | 4.582,10      |
| Arroio Sapucaia: Esteio (RS) | 2.611        | 68,00              | 5.336.925         | 1,62           | 8.645.818             | 3.311,31      |
| Arroio Sapucaia: Esteio (RS) | 1.908        | 72,00              | 3.705.905         | 1,62           | 6.003.567             | 3.146,52      |
| Arroio Sapucaia: Esteio (RS) | 2273         | 80,00              | 5.656.726         | 1,62           | 9.163.897             | 4.031,63      |

| Localização                  | Extensão (m) | Área da seção (m <sup>3</sup> ) | Custo total (R\$) | INCC acumulado | Custo corrigido (R\$) | Custo/m (R\$) |
|------------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|---------------|
| Arroio Sapucaia: Esteio (RS) | 4.869        | 132,00                          | 15.709.455        | 1,62           | 25.449.318            | 5.226,81      |

1  
 2 A informação de seção de corte é relacionada com o custo total por metro linear, corrigido  
 3 para elaboração da curva de custo de desassoreamentos apresentada na Figura 7.7.



4  
 5 Figura 7.10. Curva e equação de custo para desassoreamentos e retificação de calha para a BHC.  
 6

### 7 7.3.1.5. Reservatórios

8 As obras que se destinam a reservação de volume de água, seja para abastecimento,  
 9 abatimento do pico de cheias, ou mesmo para alívio da planície de inundação – ao receber e  
 10 deter a água que extravasa da calha do rio – podem assumir diversas funções e, com isto, formas  
 11 construtivas. A exemplo, pode-se construir uma barragem, como também uma bacia *on-line*, ou  
 12 ainda uma bacia *off-line*, as quais podem ser abertas ou fechadas, e receberem diferentes  
 13 materiais para cobertura.

14 Deste modo, para estimar um custo preliminar da construção de um reservatório, elaborou-  
 15 se uma composição de valores, a qual considerou diferentes construções de estruturas do tipo  
 16 analisado. Como grandeza relacionada ao custo, considerou-se o volume de amortecimento  
 17 específico a cada estrutura.

1 As fontes de dados foram compostas pelo Plano Diretor de Drenagem de Esteio – RS  
 2 (2016), de um estudo hidrológico denominado “*Estudos hidrológicos e hidráulicos do reservatório*  
 3 *de retenção para controle de cheias do arroio Lambari no município de Rondinha - RS*” (2015),  
 4 de um anteprojeto de engenharia para controle de inundações na bacia do Arroio Sapucaia – RS  
 5 (Metroplan/Canoas/Esteio, 2014), e de dois projetos referentes a construção de duas barragens  
 6 (Pedreira e Duas Pontes), empreendimentos sob responsabilidade da Secretaria de Saneamento  
 7 e Recursos Hídricos de São Paulo e do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo  
 8 (2020).

9 As especificações das obras, custos associados e respectivas fontes são apresentados  
 10 pela Tabela 7.12.

11 Tabela 7.12. Informações da composição de custos para obras de reservação de água.

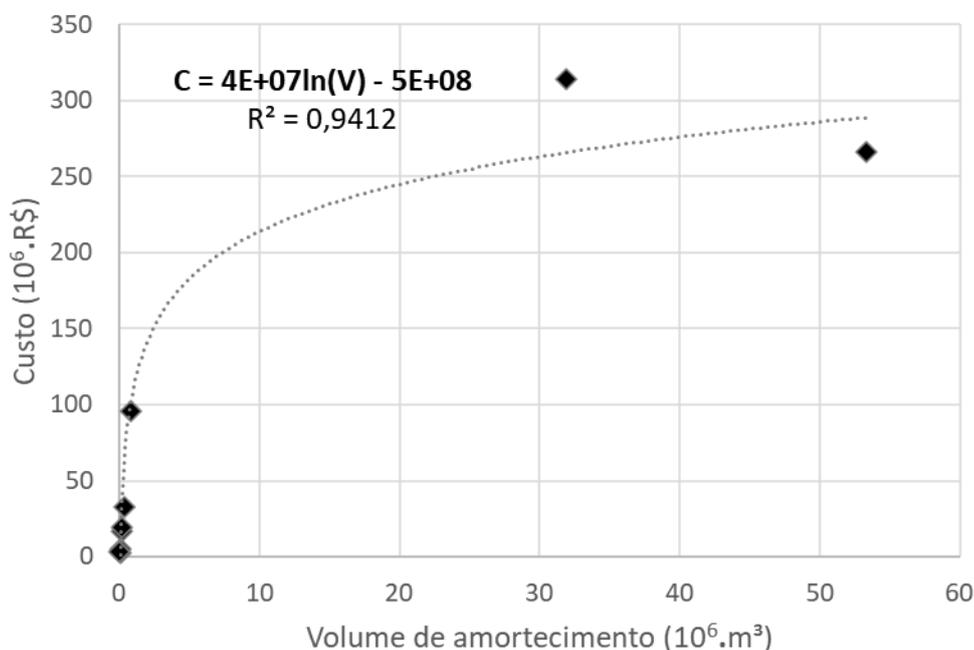
| Localização                   | Tipo     | Área (m <sup>2</sup> ) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Custo total (R\$) | INCC acumulado | Custo corrigido (R\$) | Fonte                                      |
|-------------------------------|----------|------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--|
| Arroio Sapucaia Canoas - RS   | On-line  | 34.707                 | 63.905                   | 3.361.782,12      | 1,62           | 5.446.087,03          | Plano Diretor de Drenagem de Esteio (2016) |
| Arroio Lambari Rondinha – RS  | On-line  | 34.723                 | 105.236                  | 1.500.000,00      | 1,73           | 2.595.000,00          | Rondinha (2015)                            |
| Arroio Sapucaia Canoas - RS   | On-line  | 218.590                | 376.251                  | 20.239.548,18     | 1,62           | 32.788.068,05         | Plano Diretor de Drenagem de Esteio (2016) |
| Arroio Sapucaia Canoas - RS   | Off-line | 19.946                 | 35.728                   | 1.979.326,50      | 1,62           | 3.206.508,93          | Plano Diretor de Drenagem de Esteio (2016) |
| Arroio Sapucaia Canoas - RS   | Off-line | 101.594                | 176.902                  | 10.230.352,06     | 1,62           | 16.573.170,34         | Plano Diretor de Drenagem de Esteio (2016) |
| Arroio Sapucaia Canoas - RS   | Off-line | 123.987                | 212.175                  | 12.103.387,91     | 1,62           | 19.607.488,41         | Plano Diretor de Drenagem de Esteio (2016) |
| Arroio Sapucaia – Canoas - RS | Off-line | 390.000                | 840.000                  | 51.936.741,10     | 1,85           | 96.082.971,04         | Metroplan/ Canoas/ Esteio (2014)           |

| Localização | Tipo    | Área (m <sup>2</sup> ) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Custo total (R\$) | INCC acumulado | Custo corrigido (R\$) | Fonte       |
|-------------|---------|------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|-------------|
| Pedreira    | On-line | 4.200.000              | 31.920.000               | 230.918.040,12    | 1,36           | 314.048.534,56        | DAEE (2020) |
| Duas Pontes | On-line | 8.800.000              | 53.300.000               | 196.096.074,91    | 1,36           | 266.690.661,88        | DAEE (2020) |

1

2

A curva de custos para a construção de reservatório é apresentada pela Figura 7.11.



3

4 Figura 7.11. Curva e equação de custo de implementação de reservatório de água para a BHC.

5

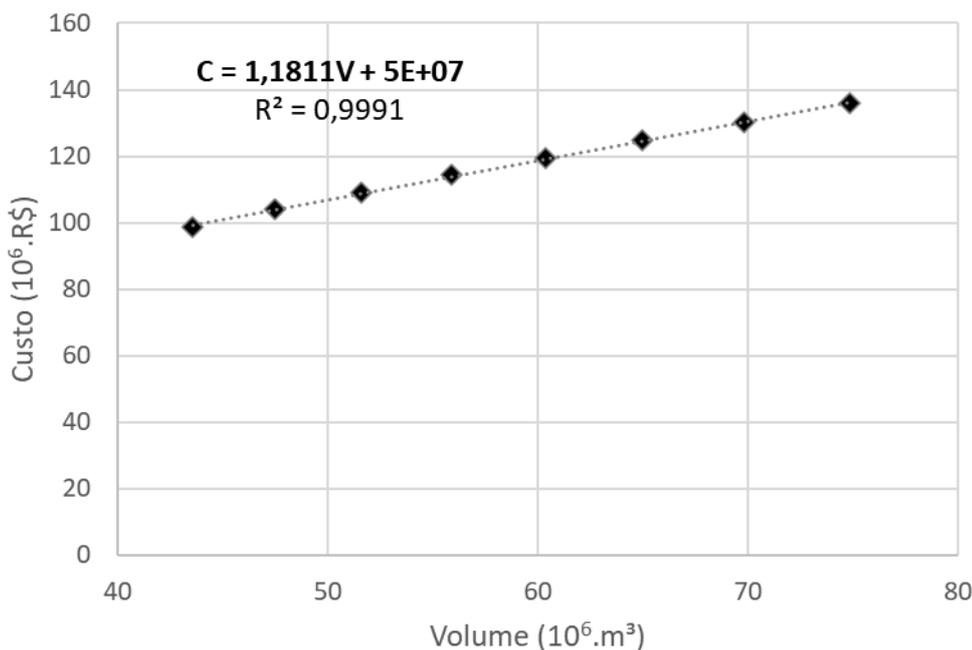
6 Considerando a estrutura a que se pretende empreender na BHC e ponderando sobre  
 7 demais custos associados à sua construção, como os custos de desapropriação (em razão da  
 8 inundação gerada pelo reservatório), este deve-se somar ao total investido em infraestrutura,  
 9 material civil e mão de obra. Para tanto, se fez uso do “*Projeto Executivo da Barragem Duas*  
 10 *Pontes*” (2014), documento que prevê tais custos e os relaciona com o volume de água  
 11 armazenado em função da construção do reservatório.

12 As informações consideradas pelo presente estudo, retiradas do Projeto Executivo da  
 13 Barragem Duas Pontes (2014), são apresentadas pela Tabela 7.13.

1 Tabela 7.13. Informações da composição de custos para desapropriação de terras em razão de  
 2 construção de reservatório.

| Cota (m) | Volume (m³)   | Volume útil (m³) | Custo de desapropriação (R\$) |
|----------|---------------|------------------|-------------------------------|
| 650      | 74.827.894,42 | 72.314.894,42    | 135.800.282,18                |
| 649      | 69.812.997,54 | 67.299.997,54    | 130.358.360,48                |
| 648      | 64.983.727,93 | 62.470.727,93    | 124.969.504,67                |
| 647      | 60.339.157,71 | 57.826.157,71    | 119.634.912,00                |
| 646      | 55.878.331,85 | 53.365.331,85    | 114.355.848,03                |
| 645      | 51.600.266,39 | 49.087.266,39    | 109.133.653,09                |
| 644      | 47.503.946,48 | 44.990.946,48    | 103.969.749,52                |
| 643      | 43.588.324,18 | 41.075.324,18    | 98.865.650,00                 |

3  
 4 Fazendo uso das informações referentes ao volume útil da estrutura e do custo de  
 5 desapropriação associado, elaborou-se a função de custo de desapropriação em função da  
 6 construção de um reservatório, apresentada na Figura 7.12.



7  
 8 Figura 7.12. Curva e equação de custo de desapropriação, a partir da construção de barragem e  
 9 reservatório de água, para a BHC.

1                    7.3.1.6.            *Reassentamento*

2            O custo de reassentamento consiste em indenizar e realocar os moradores de áreas de  
3 risco, classificadas desta forma em função da impossibilidade de proteção, conforme descrito no  
4 item 7.2.5. A indenização leva em conta a valorização imobiliária da região em que se estabelece  
5 cada residência.

6            Para estimar o custo de cada área sugerida pelo presente estudo a ser reassentada,  
7 realizou-se pesquisa imobiliária compilando valores de terrenos à venda na BHC. A pesquisa  
8 discriminou os valores dos terrenos à venda por duas categorias: a primeira, por município; e a  
9 segunda, por área urbana e área rural, estabelecendo o custo por m<sup>2</sup> ou por hectare. A Tabela  
10 7.14 apresenta o custo estimado dos terrenos a partir das categorias supracitadas, bem como o  
11 valor obtido por unidade de área.

12            Tabela 7.14. Custo, por unidade de área, do valor de compra de terreno em cada município da BHC,  
13 distinguindo por área urbana e área rural.

| Município | Custo                                |                             |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------|
|           | Área urbana<br>(R\$/m <sup>2</sup> ) | Área rural<br>(R\$/hectare) |
| Campinas  | 700                                  | 10.000                      |
| Capivari  | 320                                  | 8.000                       |
| Jundiaí   | 700                                  | 12.000                      |
| Louveira  | 680                                  | 12.000                      |
| Monte Mor | 330                                  | 8.000                       |
| Rafard    | 320                                  | 8.000                       |
| Tietê     | 600                                  | 7.000                       |
| Valinhos  | 680                                  | 12.000                      |
| Vinhedo   | 680                                  | 12.000                      |

14

15                    7.3.1.7.            *Comportas*

16            Foi prevista intervenção de construção de comportas apenas para a Barragem Leopoldina,  
17 que se trata de intervenção específica, e não possui uso extensivo na rede de drenagem,  
18 conforme algumas recomendações de estudos anteriores já mencionadas no item 7.2.7. Ainda,  
19 alguns aspectos importantes, que deverão ser avaliados em etapa de estudo de viabilidade e  
20 projeto básico, impedem uma estimativa mais detalhada de custos com base na quantificação  
21 de materiais e serviços. Desta forma, procurou-se um valor de referência em projeto similar no  
22 Estado de São Paulo.

1 Adotou-se como referência o valor de construção de comporta na obra de desvio do Rio  
2 Camanducaia, na Barragem de Duas Pontes, em construção no município de Amparo (SP),  
3 obtido do “*Estudo técnico-econômico justificativo para a otimização da vazão regularizadora*”  
4 (DAEE, 2015). No referido estudo, o valor de implantação de uma comporta ensecadeira de  
5 medidas 7,80 x 4,30 m (base x altura) foi estimado em R\$ 449.500,00. Em uma relação direta  
6 por área de comporta, obteve-se o indicador de R\$ 13.401,00/m<sup>2</sup>, a ser aplicada a correção do  
7 INCC de 1,73.

### 8 **7.3.2. Estimativa de custo por trecho**

9 Este item apresenta a estimativa de custo, por trecho do Rio Capivari, de cada conjunto de  
10 alternativas testado no modelo hidráulico. Quando ocorre, o cenário de proteção por dique é  
11 confrontado com as alternativas de canalização, desassoreamento, retenção hidráulica e  
12 abertura de comportas, ocasionando um rebaixamento nas cotas dos diques e,  
13 conseqüentemente, uma redução no custo de implementação destes.

14 A Tabela 7.15 apresenta o resumo das estimativas de custo das alternativas estruturais  
15 para minimização dos efeitos das cheias do Rio Capivari, por trecho previamente definido para  
16 o curso d’água. No caso de diferentes alternativas em um mesmo trecho, os cenários são  
17 designados por uma letra, disposta ao lado do número de identificação do trecho. Assim, o  
18 cenário com as intervenções consideradas prioritárias em cada trecho, contemplando adequação  
19 de travessias, diques e o canal em concreto (específico do Trecho 5), compõem os Cenários  
20 Base, designados apenas pelo número do trecho.

21 O Cenário A introduz a obra de canalização em terra no Trecho 7, e os desassoreamentos  
22 e retificação de calha nos trechos 18, 19, 20, 26, 27 e 28. O Cenário B acrescenta ao Cenário A  
23 uma retenção hidráulica no Rio Capivari-Mirim (no Trecho 19), e as comportas na Barragem  
24 Leopoldina (no Trecho 30, com efeito também no Trecho 29).

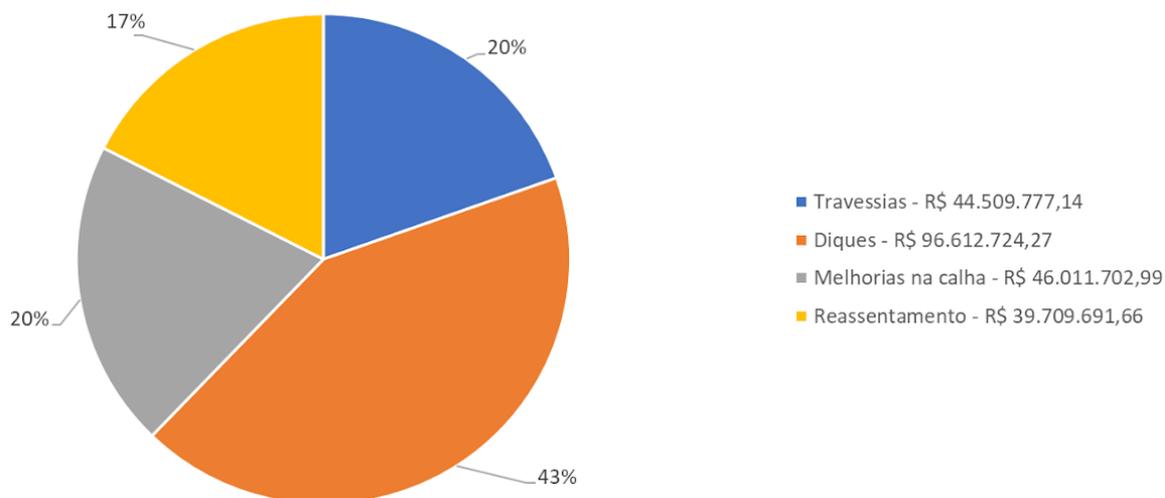
25 O custo total otimizado (alternativas de menor custo por trecho de rio) de implantação de  
26 medidas de prevenção de inundações para a cheia de projeto do Rio Capivari é de  
27 aproximadamente R\$ 227 milhões. O gráfico da Figura 7.13 apresenta os custos discretizados  
28 por tipo de intervenção.

1 Tabela 7.15. Resumo das estimativas de custo das alternativas de projeto de minimização dos efeitos das cheias do Rio Capivari, por trecho de rio.

| Trecho | Travessia     |             | Dique    |             | Melhorias na calha |             | Reassentamento |             | Reservatório |             | Comportas |             | Custo total (R\$)      |                        |
|--------|---------------|-------------|----------|-------------|--------------------|-------------|----------------|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------|------------------------|------------------------|
|        | Cód.          | Custo (R\$) | Cód.     | Custo (R\$) | Cód.               | Custo (R\$) | Cód.           | Custo (R\$) | Cód.         | Custo (R\$) | Cód.      | Custo (R\$) | Cenário de menor custo | Cenário de maior custo |
| 2      | 5, 12, 13, 14 | 4.062.884   | 1 ao 8   | 7.768.044   | 1 ao 3             | 3.241.388   | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 15.072.277             | 15.072.277             |
| 3      | 19            | 872.117     | 9 ao 18  | 6.259.745   | -                  | -           | 1, 2           | 321.352     | -            | -           | -         | -           | 7.453.215              | 7.453.215              |
| 4      | 25, 26        | 1.197.062   | 19 ao 26 | 8.416.680   | 4                  | 1.308.649   | 3, 4           | 1.503.759   | -            | -           | -         | -           | 12.426.151             | 12.426.151             |
| 5      | 30 a 32       | 4.632.267   | 27       | 1.082.838   | 5 ao 8             | 36.785.553  | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 42.500.659             | 42.500.659             |
| 6      | -             | -           | 28 ao 37 | 8.264.456   | 9                  | 1.516.432   | 5, 6           | 788.182     | -            | -           | -         | -           | 10.569.071             | 10.569.071             |
| 7      | 38            | 8.805.715   | 38 ao 41 | 10.528.325  | -                  | -           | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 19.334.040             | 20.355.157             |
| 7-A    |               |             | 38 ao 41 | 9.947.967   | 10                 | 1.601.474   | -              | -           | -            | -           | -         | -           |                        |                        |
| 8      | 44            | 1.308.176   | -        | -           | 11                 | 116.653     | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 1.424.829              | 1.424.829              |
| 9      | 46            | 1.143.299   | -        | -           | -                  | -           | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 1.143.300              | 1.143.300              |
| 10     | 50            | 2.928.888   | 42, 43   | 703.955     | -                  | -           | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 3.632.843              | 3.632.843              |
| 12     | 56 a 58       | 3.688.940   | 44       | 574.794     | 12                 | 1.308.649   | 7 ao 9         | 2.433.480   | -            | -           | -         | -           | 8.005.865              | 8.005.865              |
| 13     | 65            | 1.795.294   | 45 ao 47 | 2.158.231   | 13                 | 1.586.032   | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 5.539.558              | 5.539.558              |
| 14     | -             | -           | -        | -           | -                  | -           | 10 ao 12       | 8.352.063   | -            | -           | -         | -           | 8.352.063              | 8.352.063              |
| 16     | -             | -           | 48       | 1.295.060   | -                  | -           | 13, 14         | 8.948.608   | -            | -           | -         | -           | 10.243.668             | 10.243.668             |
| 18     | -             | -           | 49       | 1.353.675   | 14                 | 148.344     | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 1.502.020              | 11.848.000             |
| 18-A   |               |             |          | 1.164.962   | 14, 15             | 10.683.038  |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| 19     | 75            | 5.758.009   | 50 ao 54 | 16.803.584  | -                  | -           | 15, 16         | 5.287.665   | -            | -           | -         | -           | 27.849.258             | 197.119.370            |
| 19-A   |               |             |          | 16.272.997  | 15                 | 13.409.671  |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| 19-B   |               |             |          | 14.114.385  | -                  | -           |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| 20     | 76            | 8.317.163   | -        | -           | -                  | -           | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 8.317.163              | 10.647.093             |

| Trecho       | Travessia |             | Dique    |             | Melhorias na calha |             | Reassentamento |             | Reservatório |             | Comportas |             | Custo total (R\$)      |                        |
|--------------|-----------|-------------|----------|-------------|--------------------|-------------|----------------|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------|------------------------|------------------------|
|              | Cód.      | Custo (R\$) | Cód.     | Custo (R\$) | Cód.               | Custo (R\$) | Cód.           | Custo (R\$) | Cód.         | Custo (R\$) | Cód.      | Custo (R\$) | Cenário de menor custo | Cenário de maior custo |
| 20-A         |           |             |          |             | 15                 | 2.329.930   |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| 21           | -         | -           | 55       | 2.896.937   | -                  | -           | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 2.896.937              | 2.896.937              |
| 22           | -         | -           | 56, 57   | 7.155.047   | -                  | -           | 17             | 43.399      | -            | -           | -         | -           | 7.198.447              | 7.198.447              |
| 23           | -         | -           | 58 ao 60 | 5.831.335   | -                  | -           | 18 ao 20       | 2.978.655   | -            | -           | -         | -           | 8.809.990              | 8.809.990              |
| 24           | -         | -           | -        | -           | -                  | -           | 21             | 285.634     | -            | -           | -         | -           | 285.634                | 285.634                |
| 26           | -         | -           | 61 ao 64 | 7.629.613   | -                  | -           | 22 ao 24       | 2.423.679   | -            | -           | -         | -           | 10.053.293             | 11.374.684             |
| 26-A         |           |             |          | 6.891.614   | 16                 | 2.059.389   |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| 27           | -         | -           | 65 ao 68 | 2.303.509   | -                  | -           | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 2.303.509              | 12.361.055             |
| 27-A         |           |             |          | 2.230.569   | 16                 | 10.130.486  |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| 28           | -         | -           | 69, 70   | 4.133.059   | -                  | -           | 25             | 6.343.213   | -            | -           | -         | -           | 10.476.272             | 23.874.669             |
| 28-A         |           |             |          | 3.120.482   | 16                 | 14.410.973  |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| 29           | -         | -           | 71       | 1.453.832   | -                  | -           | -              | -           | -            | -           | -         | -           | 1.453.832              | 3.858.814              |
| 29-B         |           |             |          | 1.179.752   | -                  | -           |                |             |              |             |           |             |                        |                        |
| <b>TOTAL</b> |           |             |          |             |                    |             |                |             |              |             |           |             | <b>226.843.896</b>     | <b>436.993.352</b>     |

1



1  
2 Figura 7.13. Custos parciais e percentual de cada tipo de intervenção no conjunto de medidas estruturais  
3 propostas para o Rio Capivari.  
4

5 As obras de diques, que compõem o Cenário Base nos trechos, tiveram destaque no  
6 montante estimado, respondendo por R\$ 97 milhões, cerca de 43% dos custos totais das  
7 medidas. Já a adequação de travessias e as obras de melhorias na calha do Rio Capivari  
8 respondem, cada uma, por 20% dos custos totais. Outros 17% correspondem a medidas de  
9 reassentamento.

10 Foram levantadas alternativas concorrentes nos trechos 7, 18, 19, 20, 26, 27, 28 e 29, em  
11 que foram testadas alternativas de canalização e desassoreamento (Cenários A), e de detenção  
12 hidráulica e comportas (Cenários B). De forma geral, os custos com medidas alternativas  
13 (Cenários A e B) não apresentaram melhor desempenho na análise, quando comparados ao  
14 Cenário Base.

15 Em relação ao Trecho 7, ao se introduzir a construção do canal (reduzindo a altura dos  
16 diques, em média, em apenas 30 cm), observa-se um acréscimo no custo de R\$ 550 mil. Nos  
17 Trechos 18, 19 e 20, quando testada a alternativa contendo desassoreamento, tem-se um  
18 incremento no custo em mais de R\$ 10 milhões (com uma redução na altura média dos diques  
19 de apenas 18 cm). Por fim, nos Trechos 26, 27 e 28, tem-se um acréscimo de R\$ 24 milhões,  
20 com a implementação de um desassoreamento que resultaria na diminuição de apenas 25 cm,  
21 em média, na altura dos diques nos trechos.

22 Ainda no Trecho 19, a implantação da barragem no Rio Capivari-Mirim apresentaria alto  
23 custo no conjunto das obras, cerca de R\$ 158 milhões. Esta, no entanto, não compõe o cenário

1 ótimo do ponto de vista de valores estimados. Observa-se que para o cálculo de custos da  
2 barragem, utilizando as curvas apresentadas no item 7.3.1.5, foi descontado o valor referente a  
3 barragem proposta para abastecimento de água da SABESP. Ou seja, se o projeto não fosse de  
4 usos múltiplos, sua viabilidade seria ainda menor.

5 Situada no Trecho 20, mas com efeito no Trecho 19, a abertura de comportas na Barragem  
6 Leopoldina se mostrou como uma intervenção de baixa relação benefício-custo. Os custos de  
7 implantação são elevados frente ao modesto rebaixamento do nível d'água na cheia de projeto,  
8 indicando uma maior viabilidade econômica dos diques de proteção no município de Capivari  
9 (diques 70 e 71, no Bairro Moreto). Ainda, do ponto de vista socioambiental, em uma primeira  
10 análise a implementação das melhorias na barragem não sugere ganho, quando comparado  
11 apenas aos diques a montante. As intervenções na barragem não dispensariam os diques, mas  
12 apenas acarretariam no rebaixamento da cota de coroamento dos mesmos.

13 Cabe destacar que, além dos custos estimados com as melhorias estudadas no sistema  
14 de macrodrenagem do Rio Capivari e os reassentamentos previstos, haveria ainda um passivo  
15 referente aos locais de convivência com a cheia. Tais locais teriam custos de reassentamento,  
16 proteção ou reconstrução associados; no entanto, não contemplados na análise de intervenções  
17 de interesse público. Tal conclusão tem a finalidade de orientar investimentos públicos em  
18 intervenções estruturais na BHC, mas não excluem que tais propriedades sejam incluídas nas  
19 medidas não-estruturais de Zoneamento da Planície de Inundação e de sistema de  
20 monitoramento, alerta e resposta.

21 Ainda, é importante destacar que os custos de reassentamento (17% do valor total  
22 estimado) foram calculados apenas com base nas áreas afetadas pela inundação; desta forma,  
23 não contemplam o limite da propriedade atingida e nem as benfeitorias. Em um processo de  
24 desapropriação ou reassentamento, deve haver um cadastro completo da propriedade, com o  
25 levantamento de seu perímetro, área e benfeitorias, que permitirá definir o valor da transação.  
26 Assim, estima-se que os valores praticados sejam de fato superiores aos estimados neste  
27 estudo.

28 Por fim, cabe reforçar que a estimativa de custos realizada não corresponde ao orçamento  
29 das obras ou a análise de viabilidade completa das intervenções, mas apenas a um indicativo de  
30 viabilidade econômica. Outros aspectos deverão ser tratados no processo de planejamento e  
31 projeto das intervenções, como critérios técnicos, ambientais e sociais, atualizando-se a  
32 avaliação benefício-custo a cada etapa.

## 7.4. Medidas estruturais complementares

As intervenções propostas no item anterior são localizadas na calha (ou muito próxima a esta) dos cursos d'água, muitas vezes chamadas de medidas estruturais intensivas. Há, no entanto, medidas distribuídas pela bacia hidrográfica, chamadas de extensivas, que, apesar de não poderem ser individualizadas na etapa de planejamento, devem contribuir de forma incremental à segurança do sistema, colaborando na redução da frequência de inundações. Tais medidas podem ser divididas no meio urbano e rural, conforme descrito nos itens a seguir.

### 7.4.1. Ações de drenagem urbana sustentável

As ações estruturais de controle de cheias e prevenção de inundações para o Rio Capivari são detalhadas no item 7.2. O presente estudo não teve como escopo a análise da macrodrenagem nos cursos d'água afluentes a calha principal do Rio Capivari, e nem nos sistemas de microdrenagem dos municípios da BHC. No entanto, este item relaciona algumas medidas que devem ser consideradas nas localidades supracitadas – para minimização de extravasamentos de canais e córregos, bem como de alagamentos.

#### 7.4.1.1. Córregos urbanos

São dois os motivos de extravasamento de córregos urbanos:

- Impermeabilização do solo na bacia;
- Falta de capacidade de escoar as cheias.

Tais fenômenos ocorrem de forma concomitante, mas são tratados de forma isolada para fins de proposição de melhorias.

A questão do aumento da impermeabilização é tratada no item a seguir. Quanto à insuficiência hidráulica, é comum observarmos nos municípios as obstruções que foram sendo impostas aos córregos ao longo do processo de urbanização. Trata-se de pontilhões e bueiros que reduzem a seção de escoamento e provocam remanso, aterros e edificações que estrangulam a seção de escoamento, travessias de tubulações, entre outros.

Aparentemente, tais problemas poderiam ser abordados de forma isolada. No entanto, em sistemas complexos, há efeitos sinérgicos que não são percebidos com uma intervenção pontual. A abordagem de avaliação da capacidade da rede e diagnóstico dos problemas passa pela elaboração de um Plano Municipal de Drenagem, conforme já discutido neste PDM. O plano supracitado contempla o cadastro da rede e de suas obstruções, e permite a proposição de medidas integradas para a solução dos problemas de drenagem, que podem passar por resolver

1 problemas pontuais, mas também por implementar outras intervenções, como canalizações e  
2 bacias de retenção hidráulica.

3 Outro aspecto importante para o adequado funcionamento da rede de macrodrenagem  
4 urbana, por vezes negligenciado nas cidades, é a manutenção das valas, canais e córregos  
5 urbanos. Tais dispositivos necessitam de campanhas periódicas de limpeza e desassoreamento,  
6 garantindo a manutenção da calha livre para o escoamento da cheia, quando esta ocorrer. Tal  
7 procedimento é objeto de um Plano de Operação e Manutenção (O&M) da drenagem urbana,  
8 conforme discutido também no TOMO I do PDM-BHC.

#### 9 **7.4.1.2. Microdrenagem**

10 Na escala de microdrenagem, as medidas para minimização de alagamentos passam por:

- 11 • Medidas de controle de escoamento superficial;
- 12 • Manutenção e operação da rede.

13 Medidas de controle de escoamento superficial podem ser previstas na escala da rede de  
14 drenagem e na escala de lote. Na escala da rede, trata-se de bacias de retenção hidráulica. Na  
15 escala de lote há uma série de dispositivos de drenagem urbana sustentável que podem ser  
16 aplicados, como valas e trincheiras de infiltração, telhados verdes e pavimento permeável. A  
17 adoção de tais medidas passa pela capacitação dos técnicos que atuam em projetos residenciais  
18 e de urbanização, e na regulação em nível municipal.

19 Quanto à rede de drenagem existente, além de medidas que tenham sido objeto do Plano  
20 Municipal de Drenagem, destaca-se a necessidade de manutenção periódica. Assim como na  
21 macrodrenagem urbana, os procedimentos de inspeção e limpeza das redes também devem ser  
22 objeto de um Plano de Operação e Manutenção (O&M) da microdrenagem urbana.

#### 23 **7.4.2. Melhoria nas condições de retenção e infiltração na bacia**

24 Em grandes bacias hidrográficas, áreas rurais normalmente cobrem a maior parte do  
25 território. Na BHC, cerca de 21% do território é área urbana e o restante é área rural, seja de  
26 exploração (pecuária e lavouras), seja coberta por mata. Assim, o manejo do solo em áreas rurais  
27 tem grande relevância nas ações extensivas de redução de escoamento superficial na bacia  
28 hidrográfica.

29 Os itens 7.4.2.1 a 7.4.2.3 seguem descrevem medidas de controle do escoamento, erosão e  
30 qualidade da água do escoamento superficial em áreas rurais relevantes no contexto da BHC; e

1 o item 7.4.2.4 aborda a questão de banhados construídos, que pode ser adotada tanto em áreas  
2 urbanas quanto áreas rurais.

#### 3 7.4.2.1. Barraginhas

4 Barraginhas são estruturas de retenção hidráulica de água da chuva no meio rural.  
5 Segundo a Embrapa<sup>12</sup>, trata-se de bacias escavadas no solo com raios de até 20 metros que  
6 tem por objetivo a captação de água das enxurradas, retendo e infiltrando no solo, recuperando  
7 o lençol freático e a preservação do solo.

8 O uso de barraginhas, além de evitar a erosão ocasionada por enxurradas e a consequente  
9 perda de solo, pode estar associado ao aproveitamento da água da chuva. Segundo Barros et  
10 al. (2013), o uso de barraginhas de forma integrada com cisternas e pequenos lagos vem  
11 garantindo sustentabilidade hídrica para agricultores familiares de regiões semiáridas e  
12 subúmidas de diversos estados do Brasil, viabilizando o suprimento de água para o consumo  
13 humano, a irrigação de pequenas lavouras e hortas, a dessedentação de animais e a criação de  
14 peixes.

15 Do ponto de vista de macrodrenagem, considerando o porte do Rio Capivari e os volumes  
16 de cheia envolvidos nos problemas de inundação, as barraginhas não possuem impacto  
17 significativo em grande escala para o referido curso d'água. No entanto, recomenda-se ações de  
18 fomento a este tipo de ação em função do impacto que possam ter sobre a qualidade da água,  
19 em especial quanto a sedimentos, reduzindo a quantidade de material transportado e disponível  
20 para assoreamento de córregos em áreas rurais e urbanas e do próprio Rio Capivari.

#### 21 7.4.2.2. Outras técnicas de manejo agrícola

22 Outras técnicas de manejo agrícola, como plantio direto e terraceamento, podem produzir  
23 efeitos desejáveis sobre o sistema de macrodrenagem da BHC – no mesmo sentido das  
24 Barraginhas – quanto a redução do aporte de sedimentos aos rios. Nestes casos, dependendo  
25 das extensões e características dos terraços, pode haver inclusive um efeito incremental de  
26 abatimento e retardo do pico de hidrogramas de cheia.

27 Da mesma forma que as barraginhas, a recomendação de tais técnicas como solução para  
28 problemas de inundação localizada não é válida. No entanto, tais medidas podem, além dos  
29 benefícios para as quais são de fato propostas, causar um efeito complementar de alívio do

---

<sup>12</sup> <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/134/barraginhas>

1 sistema de drenagem em situações específicas, como em em córregos urbanos com bacia de  
2 contribuição rural na ocorrência de chuvas extremas, principalmente no verão, em que ocorrem  
3 eventos torrenciais com o solo seco, com maior capacidade de infiltração.

#### 4 7.4.2.3. *Recuperação da mata ciliar*

5 A mata ciliar tem papel relevante para o objetivo na manutenção do ecossistema na zona  
6 ripária, na transição da calha do rio com suas margens. Quanto ao sistema de drenagem urbana,  
7 o principal benefício da manutenção da mata ciliar é o de servir como obstáculo para poluição  
8 difusa, em especial para sedimentos carregados pelo escoamento superficial. Uma vegetação  
9 densa na margem dos rios dificulta o fluxo superficial e acaba retendo e infiltrando parte do  
10 volume da chuva, principalmente o chamado “*first-flush*” (os primeiros minutos do escoamento  
11 superficial) que contém a maior parte da poluição difusa.

12 Neste sentido, foi apresentado no TOMO I deste PDM, no item de “*Ações de revegetação*  
13 *de áreas ribeirinhas e cabeceiras*”, um índice de quantificação de mata ciliar em Áreas de  
14 Preservação Permanente (APP). A análise de tal índice apontou que a situação geral de  
15 manutenção de mata em APPs de margem de rio é favorável na BHC. O índice variou de um  
16 valor mínimo de 75% (de área de APP com mata) no município de Louveira, a valores máximos  
17 de 100% em Elias Fausto e Mombuca, estando a média em 92%.

18 Em que pese a recomendação de manutenção e recuperação de mata ciliar, cujos  
19 benefícios ambientais são bem identificados e reconhecidos na literatura, do ponto de vista de  
20 drenagem e escoamento de fluxo de água esta medida não contribui diretamente para a melhoria  
21 do sistema. Pelo contrário, quanto mais densa a vegetação na calha do rio, maior será a  
22 resistência ao fluxo e menor a eficiência hidráulica da seção. No entanto, as propostas de  
23 medidas estruturais levaram isto em consideração, evitando a supressão de mata ciliar para fins  
24 de aumento de capacidade de condução da calha, e propondo proteções individuais na forma de  
25 diques. Desta forma, a calha do Rio Capivari foi mantida o mais natural possível, favorecendo  
26 uma boa qualidade ambiental no entorno do rio, com áreas de retenção e extravasamento natural  
27 da cheia, garantindo a segurança contra inundação nas cheias de projeto.

#### 28 7.4.2.4. *Wetlands (banhados construídos)*

29 Dispositivos tipo *wetlands* (área úmidas ou de banhado) são normalmente utilizados em  
30 tratamento de esgoto sanitário. Soluções deste tipo podem ser previstas em projetos de  
31 drenagem urbana, mas com o objetivo de controle de poluição da rede pluvial, não representando  
32 grandes efeitos em termos de prevenção de inundações. Poderia haver uma solução de usos

1 múltiplos, em uma estrutura que funcionasse tanto para retenção hidráulica quanto para o  
2 tratamento de esgoto pluvial. No entanto, tais soluções seriam mais adequadas na escala da  
3 drenagem urbana (no direcionamento de redes de esgoto misto) e não na escala aqui trabalhada,  
4 de macrodrenagem – ou seja, com ações voltadas para a calha do Rio Capivari.

5 De qualquer forma, ainda que não tenham sido previstas para tratamento de esgoto, foram  
6 previstas estruturas naturais de detenção hidráulica, conforme apresentado anteriormente no  
7 item 7.2.4.2 (Áreas de extravasamento e detenção hidráulica natural do Rio Capivari). Os locais  
8 mapeados na calha do Rio Capivari, e apresentados no Mapa 7.4, devem funcionar como áreas  
9 de extravasamento de fluxo para a planície, normalmente em confluências com afluentes, com  
10 fluxo lento e retenção temporária de uma lâmina d'água. Estes locais, mantidos naturais  
11 conforme proposto, deverão funcionar também para sedimentação e para abatimento químico e  
12 biológico de poluentes. No entanto, ressalta-se que não são dispositivos dimensionados para  
13 controle de poluição. Ainda, tal solução deverá ser tema dos Planos Municipais de Drenagem,  
14 onde possivelmente tenham emprego.

#### 15 **7.4.3. Renaturalização de córregos**

16 A renaturalização de córregos urbanos pressupõe, como objeto de estudo, um curso  
17 d'água com alto nível de antropização, implicando em restrição da calha, supressão da mata  
18 ciliar, pavimentação de margens e, principalmente, canalização. Na medida em que avançaram  
19 os estudos de diagnóstico e proposição de medidas de contenção de cheias deste PDM-BHC,  
20 não foram identificadas áreas dispostas ao longo da calha do Rio Capivari que sejam indicadas  
21 para ações no âmbito deste tema.

22 Verificou-se ao longo dos estudos, em especial na análise de alternativas de proteção  
23 contra inundações aqui realizada, que a calha do Rio Capivari é, de forma geral, bastante  
24 preservada. Nem sempre a projeção da Áreas de Preservação Permanente (APPs) prevista em  
25 legislação é mantida; no entanto, ao longo de todo o curso do referido rio, ainda assim se verifica  
26 uma faixa com mata ciliar preservada. Desta forma, entende-se que não se aplica ao caso do  
27 Rio Capivari a previsão de iniciativas de renaturalização.

## 1 8. PROPOSTAS DE AÇÕES SISTEMÁTICAS

2 Os itens a seguir apresentam os Planos e Programas (P&P) propostos como ações  
3 sistemáticas de gestão de inundações e drenagem urbana na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.  
4 Os P&P contemplam as ações propriamente ditas, metas e a matriz de responsabilidades para  
5 implantação das ações propostas.

6 No âmbito do presente relatório, são abordados cinco programas de ações sistemáticas,  
7 os quais são:

- 8 • Plano de educação ambiental;
- 9 • Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico;
- 10 • Programa de fiscalização e controle;
- 11 • Programa de implementação do Plano Diretor de Macrodrenagem;
- 12 • Programa de elaboração de Planos de Drenagem Municipais.

13 Os subitens deste capítulo, mencionados a seguir, desenvolvem os principais aspectos de  
14 cada programa, abordando as principais ações a serem implementadas e dados necessários  
15 para a execução de cada uma delas.

### 16 8.1. Plano de educação ambiental

17 Conforme discutido no âmbito deste PDM, as ações de cunho ambiental podem  
18 complementar as ações estruturais e de gestão para a redução do risco de inundação. As ações  
19 são voltadas para capacitação e informação da população, bem como para o adequado  
20 funcionamento do sistema de drenagem da BHC.

21 Ressalta-se- que o Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios  
22 Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035 (PCJ, 2020) prevê uma componente de Educação  
23 Ambiental, sendo o principal responsável a Agência das Bacias PCJ, podendo servir como base  
24 para implementação das ações propostas a seguir. As ações propostas no Plano de Educação  
25 Ambiental (PEA) podem ser classificadas em duas componentes: *Informação à população* e  
26 *Capacitação de técnicos*. As ações são as seguintes:

- 1 • Informação sobre horários de coleta de resíduos nos municípios;
- 2 • Informação sobre coleta de resíduos recicláveis nos municípios;
- 3 • Informação sobre bacias hidrográficas e cursos d'água;
- 4 • Capacitação de técnicos municipais do setor de saneamento;
- 5 • Capacitação de profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo.

#### 6 **Informação sobre horários de coleta de resíduos nos municípios**

7 Quando os resíduos sólidos gerados na bacia, ou em uma cidade, não possuem a  
8 destinação adequada ao seu tipo, estes chegarão ao sistema de drenagem acumulando-se e,  
9 assim, obstruindo o escoamento da água. Estando o sistema de drenagem obstruído, diante da  
10 ocorrência de um evento de cheia as problemáticas relacionadas a alagamentos e a inundações  
11 se agravarão. Citam-se exemplos destes resíduos: restos de poda; galhos e folhas caídas;  
12 sedimentos carreados de praças, lotes e obras; resíduos de grande porte; entulhos de obra  
13 dispostos de forma irregular (aterros clandestinos); lixo doméstico.

14 Neste sentido, as ações de educação ambiental se apresentam como parte-solucionadoras  
15 da problemática explicitada, uma vez que instruir a população de como dispor corretamente o  
16 lixo doméstico e comercial pode auxiliar na diminuição do montante de resíduos carreados para  
17 o sistema de drenagem pluvial. O público-alvo é a população em geral (residências e comércio),  
18 bem como empresas de administração de condomínios, de prestação de serviços de síndico.

19 Desta forma, a ação visa instruir o público-alvo a respeito da disposição adequada do  
20 resíduo gerada por ela própria, com intuito de reduzir o montante de lixo que chega ao sistema  
21 de drenagem pluvial. Os municípios são os responsáveis por executar esta ação ou prover as  
22 informações para o executor, no caso da Agência de Bacias PCJ.

#### 23 **Informação sobre coleta de resíduos recicláveis nos municípios**

24 A separação do “lixo seco” e do “lixo orgânico” tem como premissa máxima o  
25 reaproveitamento dos resíduos gerados. Para tanto, é imprescindível que os tipos de resíduos  
26 sejam separados de forma correta, uma vez que se isto não acontece, além da possibilidade de  
27 o “lixo seco” ser contaminado pelo “lixo orgânico”, e assim não puder mais ser reciclado, ao  
28 chegar até a central de triagem terá de ser encaminhado até o aterro. Portanto, umas das  
29 consequências da separação equivocada do lixo é a diminuição do valor arrecadado com a  
30 reciclagem, uma vez que essa tem valor de mercado, e o aumento de lixo disposto em aterros  
31 acaba apenas por onerar o meio ambiente.

1 A ação tem como principal objetivo tornar mais efetiva a separação do lixo já realizada pela  
2 coleta seletiva. Para isto, o usuário deve saber exatamente o que deve ser acondicionado e  
3 disposto em separado. Como ferramenta possibilitadora, e empreendida por parte do poder  
4 público, deverão ser informados os tipos de resíduos que devem ser encaminhados para a  
5 reciclagem através de um informe periódico; por exemplo, a conta de água.

6 Esta ação, além do efeito benéfico de aumento de reciclagem e redução de transportes  
7 desnecessários, visa reduzir o montante de resíduos recicláveis extraviados que aportam aos  
8 cursos d'água e sistemas de drenagem urbana. Em conjunto, deverá ser implementada uma  
9 ação que informe sobre a coleta seletiva nos municípios, o que deve reduzir o volume de resíduo  
10 não reciclável encaminhado para a triagem de forma equivocada, onerando o sistema. Os  
11 municípios são os responsáveis por executar esta ação ou prover as informações para o  
12 executor, no caso da Agência de Bacias PCJ.

### 13 **Informação sobre bacias hidrográficas e cursos d'água**

14 A falta de entendimento por parte da população em relação ao sistema de drenagem em  
15 que o indivíduo está inserido é um obstáculo para que este se conscientize quanto aos impactos  
16 ambientais ocorrentes. Isto é, sem a devida compreensão da causa e efeito dos impactos  
17 ambientais na bacia hidrográfica sobre os corpos hídricos, surge uma resistência em evitar ações  
18 que justamente impactam na drenagem.

19 Desta forma, pretende-se disseminar informações a respeito do conceito de bacia  
20 hidrográfica, de maneira que cada indivíduo possa reconhecer a bacia em que está inserido e  
21 assim obter maior familiaridade com os cuidados com os rios. Uma vez que entendam o vínculo  
22 entre território e curso d'água, assim identificarão com maior facilidade os possíveis impactos  
23 gerados por suas ações.

24 Para tanto, esta ação contempla: palestras e eventos para população em geral e em  
25 escolas; exposições sobre os cursos d'água e sua relação com a cidade; incentivo à produção  
26 de textos e materiais temáticos; sinalização informativa de curso d'água em pontos turísticos  
27 como orlas e portos; e sinalização rodoviária de limites de bacia hidrográfica.

28 Assim, a ação visa aumentar o conhecimento e a identificação da população com os cursos  
29 d'água e explicar quais são os impactos gerados pelas ações empreendidas na bacia sobre os  
30 rios. O produto de ações de informação à população deste tipo deverá ser a redução de poluição  
31 difusa e de impermeabilização do solo. Tal ação tem abrangência regional, adequada para  
32 execução por um órgão com atribuições supra municipais, como a Agência das Bacias PCJ.

## **Capacitação de técnicos municipais do setor de saneamento**

A temática de educação ambiental envolve também o fortalecimento do setor de drenagem urbana municipal no que tange à capacitação técnica das equipes das prefeituras municipais. De forma a compor as ações promovidas com o viés de capacitar o corpo técnico do setor mencionado, apresenta-se as medidas de gestão de água urbanas: cadastramento dos sistemas de drenagem em banco de dados georreferenciados; gestão integrada dos sistemas de drenagem com base em Sistema de Informações Geográficas (SIG); utilização de ferramentas de gestão de desastres como o S2iD, que permite a inserção e atualização do Plano de Contingência (PLACON) do município; compatibilização dos planos de informação dos diferentes estudos e projetos em bancos de dados georreferenciados (levantamentos planialtimétricos, topobatimétricos, Plano Diretor Municipal, entre outros). Tal atribuição pode ser da Agência das Bacias PCJ, através da contratação de uma empresa de consultoria, ou da mobilização de sua equipe e membros das Câmaras Técnicas do Comitê.

## **Capacitação de profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo**

Ainda não se observa, de forma recorrente, projetos de engenharia brasileiros que façam uso de ações de drenagem urbana sustentável. Encontra-se explicação do fato devido à falta de regulação do setor e, também, no desconhecimento sobre o tema por parte dos profissionais de engenharia, arquitetura e urbanismo, que projetam e executam edificações e loteamentos.

Para que as técnicas de drenagem urbana sustentável ou de baixo impacto sejam aplicadas é preciso que os técnicos responsáveis por projetos possam orientar seus clientes neste sentido, demonstrando os custos e os benefícios. As mesmas técnicas são de pleno conhecimento no meio acadêmico, contudo ainda não se reconhece a ampla aplicação na prática da engenharia.

Desta forma, esta ação aspira que técnicos sejam capacitados no sentido de conhecer e saberem aplicar tais técnicas. O conhecimento sobre o assunto pode ser passado a partir da realização de *workshops* e eventos junto a associações e órgão de classe, como CREA, CAU, e as universidades, facilitando e promovendo a transferência do conhecimento da academia sobre drenagem urbana sustentável para a prática.

## 8.2. Programa de monitoramento hidráulico-hidrológico

A Bacia Hidrográfica do Rio Capivari possui um sistema de monitoramento de chuva e vazão com ampla rede de telemetria, considerando os padrões brasileiros. Conforme apresentado no capítulo 5, no item de “*Sistema de Monitoramento, Alerta e Resposta*”, a BHC possui em sua área de influência 44 postos pluviométricos e 3 fluviométricos com aquisição e transmissão de dados em tempo real. Com base nos estudos hidrológicos e hidráulicos realizados, verifica-se que a cobertura atual de postos de chuva e vazão (nível) é adequada para a implementação de um sistema de alerta no curso principal do Rio Capivari. No entanto, duas ressalvas devem ser feitas:

- Para a operação de um sistema de previsão e alerta na escala dos córregos urbanos, é possível que haja necessidade de complementação pontual da rede pluviométrica. Tal necessidade será observada apenas na elaboração de tais sistemas, nas cabeceiras da bacia;
- Os postos fluviométricos, tanto as réguas da ANA quanto os fluviógrafos do DAEE, possuem deficiências em sua curva-chave na faixa de extravasamento do rio. É imprescindível que a curva-chave na extrapolação das vazões observadas seja ajustada de forma a representar a relação adequada entre cota e vazão.

Quanto aos dados de vazão, os postos já estão integrados com a Sala de Controle PCJ<sup>13</sup>, através do Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP)<sup>14</sup>, podendo ser acessados em tempo real e participando da tomada de decisões nas Bacias PCJ, como na operação do Sistema Cantareira. Tais postos também possuem pluviógrafo e informam a chuva observada, sendo apenas dois situados na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari. No entanto, a maior parte da rede telemétrica de monitoramento de chuva, pertencente ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), não está integrada à Sala de Situação e ao SAISP. A aquisição destes dados em tempo real será necessária para a implementação de um sistema de previsão e alerta de inundação na BHC.

Assim, o Programa de Monitoramento Hidráulico-Hidrológico (PMHH) deve consistir em duas ações:

<sup>13</sup> <https://www.sspcj.org.br/>

<sup>14</sup> <https://www.saisp.br/online/produtos-publicos/>

- Ajuste das curvas-chave dos postos fluviométricos com telemetria;
- Integração do monitoramento de chuva do CEMADEN à Sala de Situação PCJ.

### **Ajuste das curvas-chave dos postos fluviométricos com telemetria**

No presente estudo, na etapa de simulações hidrológicas e hidráulicas de Diagnóstico e Prognóstico (TOMO I deste PDM), foram identificadas divergências nos valores de nível e vazão para eventos extremos de chuva. Na ocasião, observou-se que as vazões em que se estava trabalhando nos estudos hidrológicos situavam-se em faixa de extrapolação das curvas (descargas medidas). Com base em simulações hidráulicas na faixa de extrapolação, concluiu-se que as curvas-chave dos postos fluviométricos divergiam consideravelmente dos resultados do modelo hidráulico, principalmente quando havia alteração brusca na seção da calha menor para a maior.

Para fins de utilização dos postos em sistemas de monitoramento, alerta e resposta, conforme previsto no capítulo 5, deverá ser realizado serviço de verificação e ajuste de tais curvas. O procedimento possivelmente será realizado utilizando modelos hidráulicos de simulação ou por regionalização, com base em observações complementares no período chuvoso (dezembro-fevereiro), em posto temporário instalado em seção que permita a medição de vazão com segurança. A responsabilidade pelo serviço é do proprietário das estações; no caso dos linígrafos, o DAEE.

Propõe-se como metas:

- Verificação da deficiência e elaboração de Termo de Referência para o ajuste;
- Execução do serviço e publicação das curvas ajustadas para vazões na faixa de extravasamento do rio.

### **Integração do monitoramento de chuva do CEMADEN à Sala de Situação PCJ**

Para a utilização dos dados de chuva em um sistema de previsão e alerta, como já mencionado, será necessário ter acesso aos dados de monitoramento do CEMADEN na BHC. O sistema de previsão, posteriormente, terá uma interface de aquisição destas informações no bando de dados, para utilização nas simulações hidrológicas e hidráulicas. A integração das informações no banco já em funcionamento facilitará a operacionalização do sistema.

Tal ação tem o objetivo de permitir à Sala de Situação PCJ o acesso em tempo real aos dados de chuva do CEMADEN com influência na BHC, e de disponibilizar tais informações no mesmo banco de dados e interface *web* já em operação nas Bacias PCJ.

1 Podem ser consideradas metas:

- 2
- Instituição do instrumento de cooperação com o CEMADEN;
  - Operacionalização do banco de dados e interface *web*.
- 3

4 Observa-se que ambas as ações podem ser implementadas no âmbito do *Programa 2.3 –*  
5 *Monitoramento dos recursos hídricos superficiais*, na temática de Gestão de Recursos Hídricos,  
6 do Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035 (PCJ,  
7 2020). Ambas as metas podem estar inseridas na ação prevista no Plano de Bacia para  
8 “*Expansão, integração, operação e manutenção da rede de monitoramento qualiquantitativo dos*  
9 *recursos hídricos*”. Tal ação foi considerada com prioridade “muito alta”, sob responsabilidade  
10 compartilhada da Agência das Bacias PCJ, CETESB e DAEE. No caso das estações do  
11 CEMADEN, se incluiria tal parceiro no arranjo, possivelmente através de convênio de  
12 cooperação.

### 13 **8.3. Programa de implementação do Plano Diretor de Macrodrenagem**

14 O Programa de Implementação do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica  
15 do Rio Capivari contempla as ações necessárias para a execução do PDM-BHC, permitindo  
16 realizar as medidas estruturais e não estruturais de combate a inundações previstas neste  
17 estudo. O Programa também aborda a ação de revisão do Plano.

18 As ações propostas são as seguintes:

- 19
- Elaboração do arcabouço legal e institucional e proposta de legislação específica  
20 para implementação do plano;
  - Plano de implementação das medidas estruturais;
  - Revisão do Plano Diretor de Macrodrenagem.
- 21  
22

#### 23 **Elaboração do arcabouço legal e institucional e proposta de legislação específica** 24 **para implementação do plano**

25 O PDM-BHC é um instrumento técnico, de elaboração não exigida por força de lei, e que,  
26 por sua vez, gera recomendações acerca do tema de drenagem, manejo de águas pluviais  
27 urbanas e prevenção de inundações. O documento, em que pese ser elaborado pela Agência  
28 das Bacias PCJ, participante do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH) em  
29 nível estadual e nacional, não compõe o Plano de Bacia, instrumento da política de SIGRH.

1 Não há, a rigor, necessidade de criação de uma legislação específica para a  
2 implementação do PDM. No entanto, sua continuidade e consequência será facilitada caso tenha  
3 previsão legal de implementação. Nesse contexto, uma ação que pode se desenvolver no âmbito  
4 da Agência de Bacias é a incorporação do PDM ao Plano de Bacia. O Plano de Bacia tem  
5 previsão legal e vinculações com outras legislações, conferindo maior viabilidade a  
6 implementação do PDM, principalmente para o direcionamento de recursos da cobrança pelos  
7 recursos hídricos.

8 Outra linha de ação é a de, com base nas ações específicas recomendadas pelo PDM,  
9 iniciar as tratativas com as prefeituras municipais e DAEE para os arranjos institucionais  
10 necessários para sua implementação. A intervenção nos sistemas de drenagem dos municípios  
11 por ente externo depende de tais arranjos. A formação de um consórcio público intermunicipal  
12 com a participação do Estado através do DAEE, para a execução das medidas estruturais, deve  
13 ser discutida no âmbito dos Comitês PCJ, de modo a fomentar o avanço da organização do setor.  
14 Já existe tal previsão legal no Artigo 8º da LF nº 11.445/2007.

15 Quanto ao zoneamento do uso do solo para fins de delimitação da planície de inundação,  
16 depende apenas dos municípios a incorporação aos planos diretores municipais. No entanto, um  
17 arranjo com o governo do estado deve permitir a elaboração dos estudos de zoneamento. Tal  
18 ação pode ter suas discussões iniciadas também no âmbito dos Comitês PCJ.

### 19 **Plano de implementação das medidas estruturais**

20 As medidas estruturais previstas no capítulo 7, na forma de intervenções na  
21 macrodrenagem da BHC e indicações de reassentamento e convivência, deverá seguir alguns  
22 passos até sua implementação. Na etapa de planejamento em que se situa o PDM-BHC, a escala  
23 é abrangente, as análises são do conjunto de intervenções, as informações sobre o ambiente  
24 são limitadas em escala e resolução, e a caracterização das soluções – de acordo com as  
25 informações disponíveis – carrega certo nível de imprecisão.

26 Nas próximas etapas de projeto, as intervenções passam a ser analisadas de forma  
27 individual e sua caracterização passa a ser mais precisa. No entanto, para tal, são necessárias  
28 informações mais detalhadas sobre o ambiente, tanto do ponto de vista ambiental quando de  
29 engenharia. A sequência de cada intervenção terá desenvolvimento de:

- 30 • Estudo de alternativas e de viabilidade: análise de alternativas locais, de  
31 métodos construtivos e materiais, com a caracterização da intervenção em nível de  
32 anteprojeto, e análise de viabilidade técnica, econômica e socioambiental de cada

1 opção. Tal etapa permite definir se a intervenção será levada adiante e, em caso  
2 positivo, a seleção da alternativa de melhor benefício-custo a ser encaminhada para  
3 a etapa seguinte, de Projeto Básico;

- 4 • Projeto Básico: nesta etapa os projetos de engenharia o orçamento é detalhado a  
5 um nível que permita a contratação da obra. Devem ser acompanhados dos devidos  
6 estudos ambientais;
- 7 • Projeto Executivo e Obras: contratação das obras e detalhamentos em nível  
8 executivo.

9 O PDM-BHC, na presente versão, deve prever a execução da próxima etapa, de estudos  
10 de alternativas e viabilidade, que determinará o prosseguimento de cada intervenção prevista às  
11 etapas seguintes de projeto. Tais estudos podem ser executados no âmbito da Agência das  
12 Bacias PCJ, de forma articulada com as prefeituras municipais e com o DAEE. Ressalta-se que  
13 esta etapa deve contemplar levantamentos de campo que permitam apurar as análises, sendo  
14 eles:

- 15 • Levantamento topográfico e cadastral;
- 16 • Sondagens e ensaios geotécnicos;
- 17 • Laudos ambientais.

18 As ações a serem empreendidas são as seguintes:

- 19 • Definição do arranjo institucional para o seguimento dos estudos entre a Agência  
20 das Bacias PCJ, o DAEE, as Prefeituras Municipais e outros atores que possam  
21 figurar na implementação de obras de prevenção de inundação. É importante nesta  
22 fase que se defina o proprietário das obras, que é o ente que arcará com sua  
23 manutenção e operação. No caso da intervenção em travessias, o proprietário da  
24 via é naturalmente parte do arranjo e maior interessado;
- 25 • Execução direta ou contratação de empresa especializada para realização de  
26 levantamento planialtimétrico nos locais previstos neste estudo. Espera-se que  
27 nesta atividade, em função da escala da informação de topografia utilizada nos  
28 estudos hidráulicos do PDM, possa ocorrer uma redefinição de locais com risco de  
29 inundação, principalmente no caso dos diques de proteção e reassentamento. A  
30 caracterização de aterros e muros existentes permitirá uma definição mais precisa  
31 das reais demandas por proteção em cada propriedade. Caso confirmada a

1                   necessidade, deverá ser realizado cadastro das propriedades visando o projeto,  
2                   seja ele de proteção, reassentamento ou convivência com as cheias;

- 3                   • Contratação de empresa especializada para a elaboração do estudo de alternativas  
4                   e viabilidade de cada intervenção. No escopo da contratação, além dos estudos  
5                   propriamente ditos, devem estar os levantamentos de campo e laudos de cobertura  
6                   vegetal e fauna, assim como as investigações geotécnicas de acordo com cada  
7                   obra. No caso de intervenção em travessias, deve ser incluído estudo de  
8                   readequação viária do entorno.

### 9                   **Revisão do Plano Diretor de Macrodrenagem**

10                  A revisão do PDM da BHC deve ser realizada entre os anos de 2033 e 2035 (horizonte de  
11                  planejamento do Plano). A revisão deverá compreender:

- 12                  • Revisão dos estudos hidrológicos, estendendo as séries de variáveis hidrológicas  
13                  disponíveis até o ano de execução, e atualizando o mapa de uso do solo e áreas  
14                  urbanas dos municípios;
- 15                  • Atualização do estudo hidráulico, com nova batimetria e cadastro de interferências  
16                  na calha do Rio Capivari;
- 17                  • Verificação de metas atingidas e da nova situação de risco, para estabelecimento  
18                  de novas metas;
- 19                  • Análise crítica das propostas do Plano e dos desafios encontrados para sua  
20                  implementação.

21                  Ainda, quanto a simulação hidráulica, sugere-se que a revisão contemple uma alteração  
22                  metodológica que deverá trazer maior abrangência e eficácia ao Plano. Na ocasião da revisão,  
23                  o serviço de batimetria, em função das modificações naturais no leito do rio e devido a  
24                  urbanização das margens, deverá ser refeito. No entanto, sugere-se mudar o foco da área de  
25                  abrangência do levantamento. Ao invés de distribuir seções uniformemente ao longo do Rio  
26                  Capivari, o foco deve ser as áreas urbanas. O levantamento deve contemplar, além do Rio  
27                  Capivari, os principais córregos urbanos em áreas urbanizadas. Ainda, as áreas urbanas sujeitas  
28                  a inundação devem ser objeto de um levantamento planialtimétrico em escala de, no mínimo,  
29                  1:2.000, com resolução espacial de, no mínimo, 1 metro, preferencialmente 50 cm. Tal  
30                  levantamento pode ser executado de forma remota, com inúmeras opções, por exemplo, LiDAR  
31                  (*Light Detection and Ranging*), através de drone ou veículo aéreo não tripulado (VANT), por

1 sobrevoos e restituição aerofotogramétrica, e por Modelos Digitais do Terreno (MDT) de alta  
2 resolução, obtidos por sensoriamento remoto (satélites). O número de seções topobatimétricas  
3 pode até mesmo variar, sendo adensado apenas nas áreas urbanas, e sua extensão seria  
4 complementada pelo levantamento planialtimétrico. Tal abordagem permitiria:

- 5 • Maior acurácia quanto a situação de inundação de terrenos e edificações nas  
6 bordas dos limites de inundação;
- 7 • Elaboração dos estudos de inundação nos córregos urbanos, não contemplados  
8 nesta versão do PDM-BHC;
- 9 • Zoneamento da Planície de Inundação do Rio Capivari (caso não tenha sido  
10 implementado no período de vigência deste PDM).

#### 11 **8.4. Programa de elaboração de Planos Municipais de Drenagem**

12 Conforme discutido no capítulo 5 deste PDM, as ações de drenagem urbana têm duas  
13 vertentes: organização do setor de drenagem nos municípios e elaboração das peças técnicas.  
14 As componentes do Programa de Elaboração dos Planos Municipais de Drenagem são as  
15 seguintes:

- 16 • Organização da estrutura interna e arranjo institucional;
- 17 • Estudo de viabilidade econômica e financeira;
- 18 • Regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos;
- 19 • Ordenamento do uso do solo em áreas de risco.

##### 20 **8.4.1. Organização da estrutura interna e arranjo institucional**

21 A estruturação do setor de drenagem urbana nos municípios é a ação básica que permitirá  
22 o desenvolvimento de todas as demais ações no âmbito do manejo de águas pluviais, e mesmo  
23 para as ações de prevenção de inundações nas cidades. Para a organização interna da  
24 prestação do serviço de drenagem urbana nos municípios, é importante que se tenha a definição  
25 clara de quais são as componentes do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais.

26 Assim, conforme também recomendado no item 5.2, deverá ser realizado um diagnóstico  
27 e uma proposição de arranjo de organização interna para o setor de drenagem urbana em **todos**  
28 **os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari**, contemplando no mínimo as seguintes  
29 atividades:

- 1           • Caracterização básica do sistema de drenagem urbana, com a definição das sub-  
2           bacias e principais características em termos de dimensões e extensões de rede;  
3           • Definição dos serviços de Operação e Manutenção (O&M), diagnosticando o que é  
4           realizado e o que se deseja oferecer;  
5           • Designação de infraestrutura e pessoal disponível, e previsão do que será  
6           necessário;  
7           • Diagnóstico do organograma atual de gestão de drenagem urbana, e definição da  
8           matriz de responsabilidades do serviço idealizado;  
9           • Estimativa de custos anuais e fontes de financiamento.

10          Para execução de tais atividades, sugere-se as seguintes ações:

- 11           • Instituição de Grupo de Trabalho da prefeitura municipal, para definição dos Termos  
12           de Referência de estudo de organização ou plano estratégico de drenagem urbana  
13           do município;  
14           • Contratação de empresa especializada para a elaboração de tal plano, ou  
15           elaboração com equipe interna da prefeitura municipal.

16          Ainda que o objetivo deste Programa seja a elaboração dos Planos Municipais de  
17          Drenagem (PMD), os passos iniciais de organização interna devem ser tomados, na forma do  
18          plano estratégico proposto. Uma vez elaborado o plano estratégico, os municípios podem se  
19          organizar para a elaboração das peças técnicas que compõem o PMD:

- 20           • Cadastro e plano de melhorias no sistema (obras);  
21           • Plano de Operação e Manutenção (O&M);  
22           • Manual de drenagem ou Caderno de Encargos.

23          As sugestões de conteúdo de tais documentos são apresentadas no item 5.2 –  
24          “Estruturação do setor de drenagem urbana nos municípios (ações locais)” deste relatório.

#### 25          **8.4.2. Estudo de viabilidade econômica e financeira**

26          Conforme apresentado no item de “Estruturação do setor de drenagem urbana nos  
27          municípios (ações locais)”, no capítulo 5, a geração de receita para a prestação do serviço  
28          público de drenagem urbana é um aspecto de grande relevância para a sustentabilidade do  
29          trabalho, o que é previsto na Lei Federal nº. 11.445/2007, que define em seu Artigo nº. 29 que  
30          "Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira

1 *assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços[...]*. Apesar da grande  
2 relevância do tema, entende-se que se está distante da realização de cobrança pelo serviço de  
3 drenagem em grande parte dos municípios brasileiros. Assim, foi proposto capítulo  
4 supramencionado o avanço do tema apenas no município de **Campinas**, pelo seu porte,  
5 complexidade do serviço de drenagem e posição de destaque político e econômico na região,  
6 podendo servir como piloto a outras iniciativas no futuro para a BHC. Tal avanço se daria pela  
7 elaboração de um estudo detalhado de viabilidade econômica e financeira da prestação do  
8 serviço de drenagem e manejo de águas pluviais.

9 O estudo proposto deve contemplar:

- 10 • Estimativa de custos dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais  
11 no município;
- 12 • Forma de cobrança e estimativa de arrecadação;
- 13 • Plano para implementação da cobrança.

14 Para tal, devem ser empreendidas as seguintes ações:

- 15 • Instituição de Grupo de Trabalho misto no âmbito da prefeitura e da câmara  
16 municipal, para a elaboração de Termos de Referência e acompanhamento dos  
17 estudos;
- 18 • Contratação de empresa de consultoria com expertise em modelagem econômica  
19 de serviços públicos e gestão de drenagem urbana.

#### 20 **8.4.3. Regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos**

21 Esta componente do Programa poderia ser incluída com as demais peças técnicas no  
22 Plano Municipal de Drenagem (PMD). No entanto, uma vez que o controle de escoamento no  
23 futuro não impacta de forma significativa nas medidas de melhoria da rede existente, tal  
24 ferramenta pode ser (e é recomendável que seja) **implantada imediatamente em todos os**  
25 **municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.**

26 Os critérios técnicos para a elaboração da formulação e das regras de controle do  
27 escoamento em função da área impermeável foram discutidos no item 5.2. Na prática, a  
28 implementação da ferramenta requer as seguintes ações:

- 1           • Elaboração dos Termos de Referência para contratação do estudo hidrológico e  
2           proposição da norma. Pela natureza do problema, pode ser um termo genérico,  
3           atendendo a todos os municípios;  
4           • Contratação de empresa especializada para execução do serviço (por município ou  
5           para todos da BHC);  
6           • Instituição de lei ou decreto pelo poder público municipal;  
7           • Capacitação da equipe de aprovação de projetos de urbanização da prefeitura  
8           municipal para emprego da ferramenta.

9           Ressalta-se que os municípios podem encaminhar de forma individual tais ações; mas,  
10          esta também pode ser realizada em uma única contratação, que contemple a elaboração dos  
11          estudos e das minutas de norma de cada município da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari.

#### 12           **8.4.4. Ordenamento do uso do solo em áreas de risco**

13          O ordenamento do uso do solo urbano é uma atribuição constitucional dos municípios, que  
14          consideram uma série de fatores sociais, ambientais e econômicos na definição das zonas,  
15          atividades permitidas e padrões construtivos na cidade. A normatização destas definições é  
16          materializada no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU). A consideração do fator  
17          “risco de inundação” ao disciplinamento do uso do solo, desta forma, terá eficácia quando  
18          incorporado ao PDDU.

19          A peça técnica que permite definir as zonas com diferentes riscos de inundação no entorno  
20          dos rios é o Zoneamento da Planície de Inundação (ZPI), já discutido no item 5.1. Esta ferramenta  
21          de mitigação de danos e prevenção de inundações não está, por força de lei, vinculada a  
22          componente de drenagem urbana. No entanto, sua implementação e fiscalização é atribuição do  
23          município. Assim, o ZPI, por conveniência, pode ser desenvolvido no âmbito dos Planos  
24          Municipais de Drenagem.

25          Com base nas recomendações já apresentadas neste relatório, sugere-se a elaboração do  
26          ZPI em quatro municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari: **Campinas, Monte Mor,**  
27          **Capivari e Rafard.** Os estudos podem ser realizados por município, mas obrigatoriamente em  
28          conjunto para Capivari e Rafard.

29          As ações recomendadas para cada estudo são:

- 30           • Definição de equipe de acompanhamento e fiscalização dos estudos pela(s)  
31           prefeitura(s) municipal(ais);

- 1 • Contratação de empresa especializada para execução do levantamento  
2 planialtimétrico e cadastral na área de risco de inundação. O limite da área pode  
3 ser obtido das simulações de Prognóstico já apresentadas neste PDM;
- 4 • Contratação de empresa especializada para a execução das simulações hidráulicas  
5 e definição do ZPI, conforme critérios técnicos propostos neste PDM;
- 6 • Realização de discussões públicas sobre o ZPI e suas implicações;
- 7 • Em conjunto com o setor de urbanismo da prefeitura municipal, a equipe executora  
8 deverá realizar análise de readequação do zoneamento do uso do solo e dos  
9 padrões construtivos e atividades apropriadas em área de risco;
- 10 • Proposta e atualização do PDDU.

11

## 12 **8.5. Programa de fiscalização e controle**

13 A fiscalização do serviço de drenagem e manejo de águas pluviais é insipiente não apenas  
14 nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, como no país inteiro, de forma geral. Este  
15 fato decorre da precariedade do serviço, sem a clara definição dos serviços a serem prestados  
16 e do próprio prestador. Conforme discutido anteriormente, a prestação do serviço de drenagem  
17 normalmente é difusa na estrutura das prefeituras, com atividades distribuídas em diferentes  
18 secretarias, sem a definição clara do responsável pelo serviço.

19 Assim, não há qualquer previsão de que o serviço de drenagem e manejo de águas pluviais  
20 seja estruturado de modo que possa ser concedido à iniciativa privada no horizonte de  
21 planejamento do PDM. Assim, não há interesse nos municípios em delegar a regulação e  
22 fiscalização do serviço a uma agência, conforme previsto na Lei Federal nº 11.445/2007.

23 As ações de fiscalização do serviço têm caráter de denúncia e/ou reclamação,  
24 normalmente encaminhadas à ouvidoria da prefeitura por cidadãos incomodados com alguma  
25 obra ou buraco na via. Para a adequada fiscalização, é necessário inicialmente que os municípios  
26 estruturem seus serviços de drenagem urbana, definindo o responsável pela operação e  
27 manutenção do sistema, bem como por sua fiscalização.

28 Para tal, devem ainda ser criados os indicadores de qualidade que permitam à fiscalização  
29 aferir e controlar a prestação do serviço. Remete-se, assim, a componente de fiscalização de  
30 drenagem urbana à execução das componentes de “Organização da estrutura interna e arranjo  
31 institucional” e “Regulação do escoamento superficial de novos empreendimentos” do Programa

1 de elaboração de Planos Municipais de Drenagem, conforme discutido no item 8.4. A execução  
2 das ações de tais componentes é prioritária e necessária para que se desenvolva ações de  
3 fiscalização na drenagem urbana dos municípios.

4 Do ponto de vista de controle de inundações ribeirinhas, ações de fiscalização e controle  
5 são voltadas ao disciplinamento do uso do solo. Conforme discutido nos itens de aspectos legais  
6 sobre ordenamento do uso do solo e defesa e proteção civil já apresentados neste PDM, cabe  
7 aos municípios a fiscalização de áreas de risco, bem como seu mapeamento (para os municípios  
8 incluídos no “*Cadastro nacional de regiões com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos*  
9 *de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos*”).

10 Nesse contexto, tendo sido definidas as áreas de risco de inundação, no âmbito do  
11 Diagnóstico do PDM da BHC, e as áreas ribeirinhas a serem reservadas para extravasamento  
12 natural das cheias fluviais (apresentadas no item 7.2.4.2 deste relatório), são definidas as  
13 seguintes ações para o Programa de Fiscalização e Controle de áreas de risco de inundação  
14 **nos municípios da calha do Rio Capivari:**

- 15 • Atribuição de secretaria municipal para fiscalização do uso do solo e gestão de  
16 áreas de risco de inundação;
- 17 • Encaminhamento de projetos para a demarcação do perímetro das áreas de risco  
18 e destinadas a detenção hidráulica natural;
- 19 • Execução de levantamento planialtimétrico e cadastral nas áreas de risco de  
20 inundação;
- 21 • Elaboração e manutenção de banco de dados georreferenciado de edificações em  
22 área de risco (possivelmente em conjunto com a base da Fazenda Municipal);
- 23 • Elaboração de plano de manutenção e fiscalização das áreas demarcadas,  
24 definindo equipe, periodicidade das campanhas, canal de comunicação com a  
25 população e ações a serem empreendidas.

## 1 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2 ALVES, F.H.B. Sistema de previsão de enchentes: integração de modelos de previsão de  
3 chuva, simulação hidrológica e hidrodinâmica / Felipe Henrique Borba Alves. - 2017.
- 4 ANOCHI, J.A. Previsão climática de precipitação por redes neurais autoconfiguradas /  
5 Juliana Aparecida Anochi. – São José dos Campos: INPE, 2015.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 5462: 1994.  
7 Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- 8 BARBOSA, L.M. 2000. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações  
9 ciliares. In Matas ciliares: Conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & HF Leitão-Filho eds).  
10 EDUSP/FAPESP, São Paulo, p. 289-312.
- 11 Barros L. C.; Ribeiro, P. E. A.; Barros, I. R.; Tavares, W. S. (2013). Integração entre  
12 Barraginhas e Lagos de Múltiplo Uso: O Aproveitamento Eficiente da Água de Chuva para o  
13 Desenvolvimento Rural. Circular Técnica 177. Embrapa. ISSN 1679-1150.
- 14 BRASIL. Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as Diretrizes Nacionais para  
15 o Saneamento Básico, 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)  
16 [2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)TORRICO, J.J.T. (1974) Práticas hidrológicas. Rio de Janeiro:  
17 Transcon, 120 p.
- 18 DAEE. (2015). Estudo técnico-econômico justificativo para a otimização da vazão  
19 regularizadora. Projeto Executivo. Hidrostudio e Themag Engenharia.
- 20 DAEE/SP. Manual de Operação das Salas de Situação. Secretaria de Saneamento e  
21 Recursos Hídricos.
- 22 FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. (2019). Guidance for Flood Risk  
23 Analysis and Mapping. Floodway Analysis and Mapping. Disponível em:  
24 <[https://www.fema.gov/media-library-data/1578062957793](https://www.fema.gov/media-library-data/15780629577930274cb6a7a3801a07a3db7916e64e80d/FloodwayAnalysis_and_Mapping_Nov_2019.pdf)  
25 [0274cb6a7a3801a07a3db7916e64e80d/FloodwayAnalysis\\_and\\_Mapping\\_Nov\\_2019.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/15780629577930274cb6a7a3801a07a3db7916e64e80d/FloodwayAnalysis_and_Mapping_Nov_2019.pdf)>.
- 26 KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO,  
27 E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M.;  
28 Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006.  
29 109 p. p. 30-47.

- 1 Larentis, D. G., Nogare, M., Tucci, C. E. M., Pohlmann, P. (2020). Procedimentos e critérios  
2 para zoneamento de planícies de inundação em áreas urbanas. Revista de Gestão de Água da  
3 América Latina, 17, e13. <https://doi.org/10.21168/rega.v17e13>
- 4 LARENTIS, D.G. 2022. Desafios na estruturação do setor de drenagem urbana. XIV ENAU  
5 – Encontro Nacional de Águas Urbanas, Mesa Redonda em 20 de setembro de 2022. Brasília -  
6 DF.
- 7 LARENTIS, D.G., NOGARE, M., TUCCI, C.E.M., POHLMANN, P. (2020). Procedimentos e  
8 critérios para zoneamento de planícies de inundação em áreas urbanas. Revista de Gestão de  
9 Água da América Latina, 17, e13. <https://doi.org/10.21168/rega.v17e13>.
- 10 MDR, 2021. GIRD+10 Gestão Integrada de Riscos e Desastres – Caderno Técnico.  
11 Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil,  
12 Departamento de Articulação e Gestão. Brasília – DF.
- 13 MELLER, A. (2012). Previsão de cheias por conjunto em curto prazo. Tese de Doutorado.  
14 Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 15 METROPLAN, 2018. Estudo de alternativas e projetos para minimização do efeito de cheia  
16 e estiagens na bacia do rio dos Sinos. Produto nº 14 – Consolidação do conjunto de intervenções.
- 17 PDRF – Plano Diretor para Recomposição Florestal visando à conservação da água nas  
18 bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Abril, 2018. Execução IRRIGART –  
19 Engenharia e Consultoria em Recursos Hídricos e Meio Ambiente Ltda.
- 20 PIELKE, R.A. Mesoscale Meteorological Modeling. 3a Ed., Academic Press, Fort Collins,  
21 USA, 693 p., 2002.
- 22 PLANO PCJ – Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba,  
23 Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035: Relatório Final. / executado por Consórcio PROFILL-RHAMA e  
24 organizado por Comitês PCJ/Agência das Bacias PCJ. – Piracicaba (SP): Consórcio PROFILL-  
25 RHAMA, 2020.
- 26 PMJ – Prefeitura Municipal de Joinville. Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) da  
27 Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira. Joinville – Manual de Drenagem, 2011. Disponível em:  
28 <[https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/plano-diretor-de-drenagem-urbana-pddu-da-bacia-  
29 hidrografica-do-rio-cachoeira/](https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/plano-diretor-de-drenagem-urbana-pddu-da-bacia-hidrografica-do-rio-cachoeira/)>.

1           PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Instrução técnica para elaboração de  
2 estudos e projetos de drenagem, SMOBI – secretaria municipal de obras e infraestrutura, DGAU  
3 – diretoria de gestão de águas urbanas, 2022.

4           PREFEITURA MUNICIPAL DE ESTEIO, 2017. Lei nº 6.584, de 12 de junho de 2017.  
5 Disponível em: < [https://leismunicipais.com.br/a1/rs/e/esteio/lei-ordinaria/2017/658/6584/lei-](https://leismunicipais.com.br/a1/rs/e/esteio/lei-ordinaria/2017/658/6584/lei-ordinaria-n-6584-2017-dispoe-sobre-o-plano-diretor-de-manejo-das-aguas-pluviais-pdmap-do-municipio-de-esteio)  
6 [ordinaria-n-6584-2017-dispoe-sobre-o-plano-diretor-de-manejo-das-aguas-pluviais-pdmap-do-](https://leismunicipais.com.br/a1/rs/e/esteio/lei-ordinaria/2017/658/6584/lei-ordinaria-n-6584-2017-dispoe-sobre-o-plano-diretor-de-manejo-das-aguas-pluviais-pdmap-do-municipio-de-esteio)  
7 [municipio-de-esteio](https://leismunicipais.com.br/a1/rs/e/esteio/lei-ordinaria/2017/658/6584/lei-ordinaria-n-6584-2017-dispoe-sobre-o-plano-diretor-de-manejo-das-aguas-pluviais-pdmap-do-municipio-de-esteio)>.

8           Projeto Executivo Barragem Duas Pontes, 2014. ESTUDO TÉCNICO-ECONÔMICO  
9 JUSTIFICATIVO PARA A OTIMIZAÇÃO DA VAZÃO REGULARIZADA. Secretaria de  
10 Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica.

11           RIBEIRO, J.M. 2008. Modelo de previsão meteorológica baseado em sistemas de  
12 inferência difusa. 120f. Tese (Doutorado). Departamento de 168 Engenharia Electrotécnica.  
13 Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2008.

14           SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de  
15 drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos. São  
16 Paulo: SMDU, 2012.

17           SUDERHSA, 2002. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e  
18 Saneamento Ambiental. Programa de saneamento ambiental da região metropolitana de  
19 Curitiba. Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de  
20 Curitiba. Manual de drenagem urbana região metropolitana de Curitiba- PR, 2002.

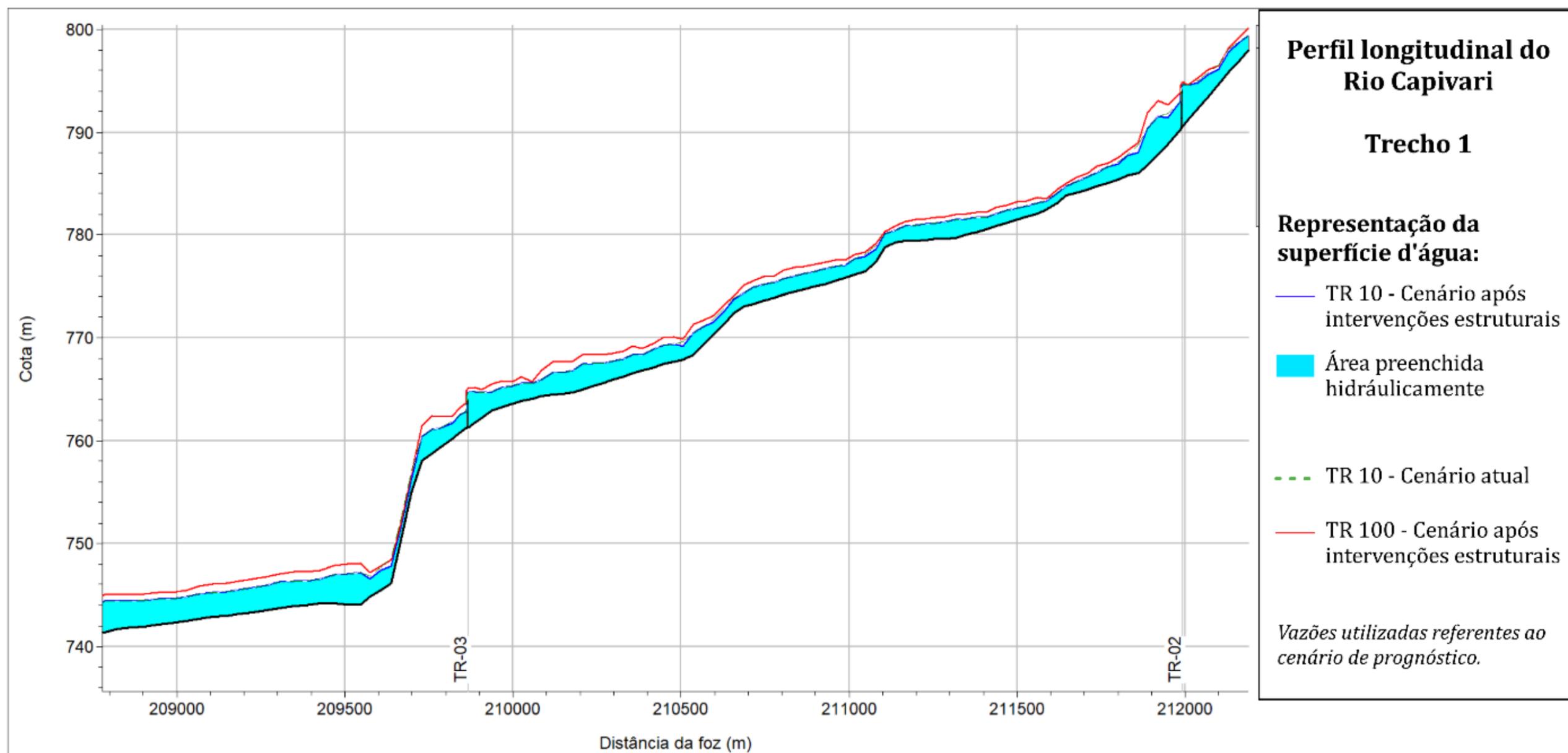
21           TUCCI. C.E.M. (2005). Modelos Hidrológicos. 2ª edição. ABRH: Porto Alegre. 678 pg.

22           UN-ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Living with Risk:  
23 a global review of disaster reduction initiatives. Genebra, Suíça: Inter-Agency Secretariat  
24 International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), 2004. 457 p.

25

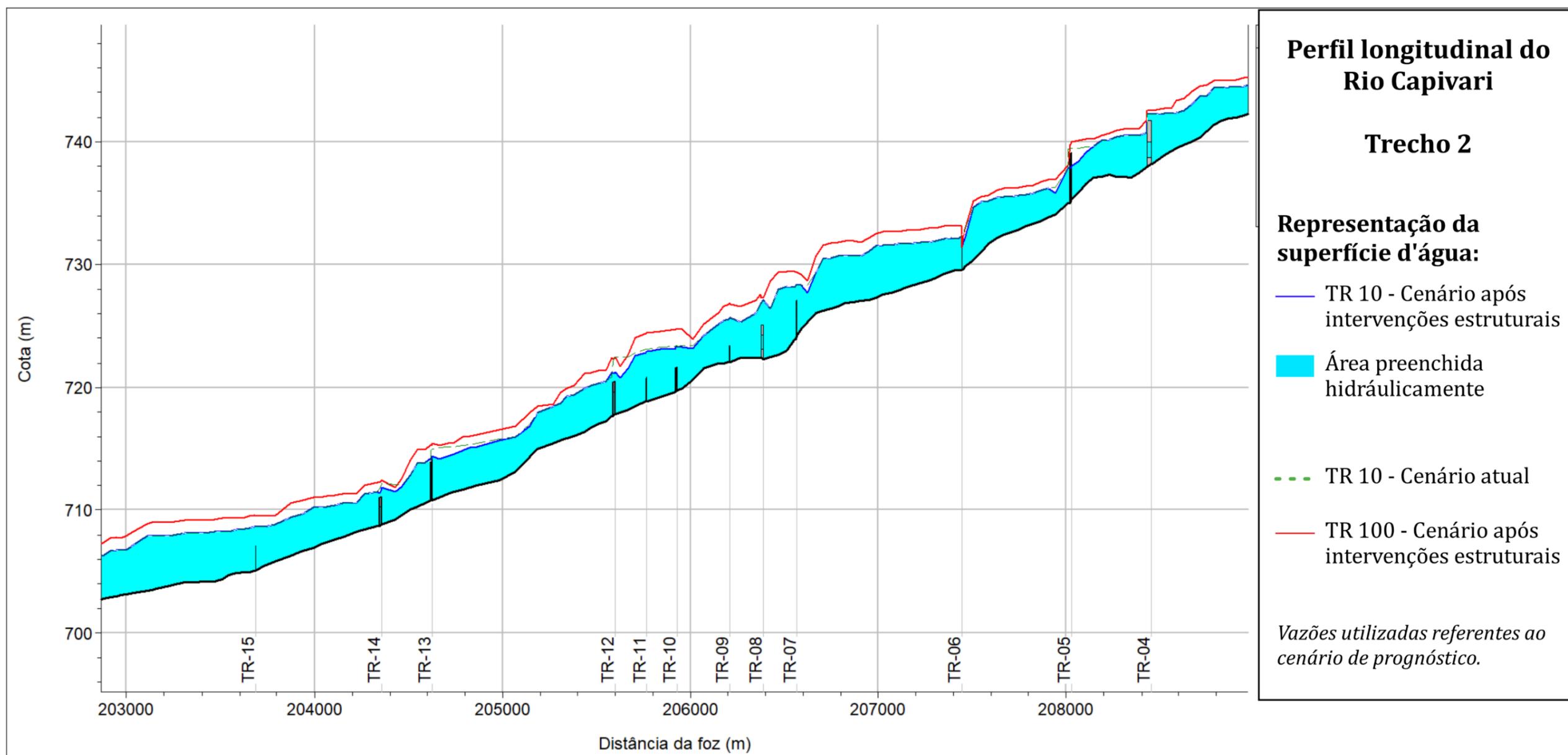
1 **10. ANEXOS**

1 ANEXO I Perfis longitudinais do Rio Capivari no HEC-RAS



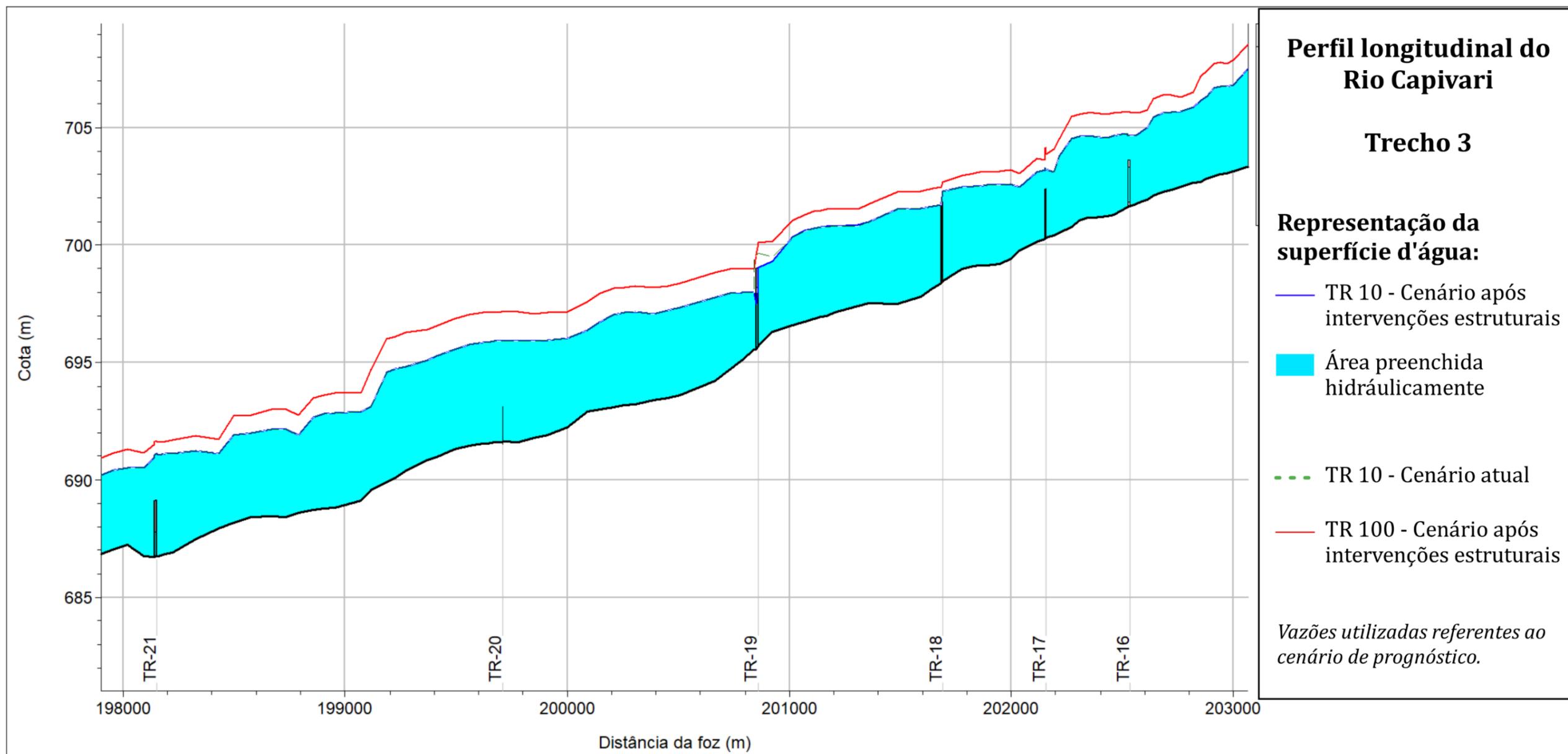
2  
3  
4

Figura 10.1. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 1 da BHC.



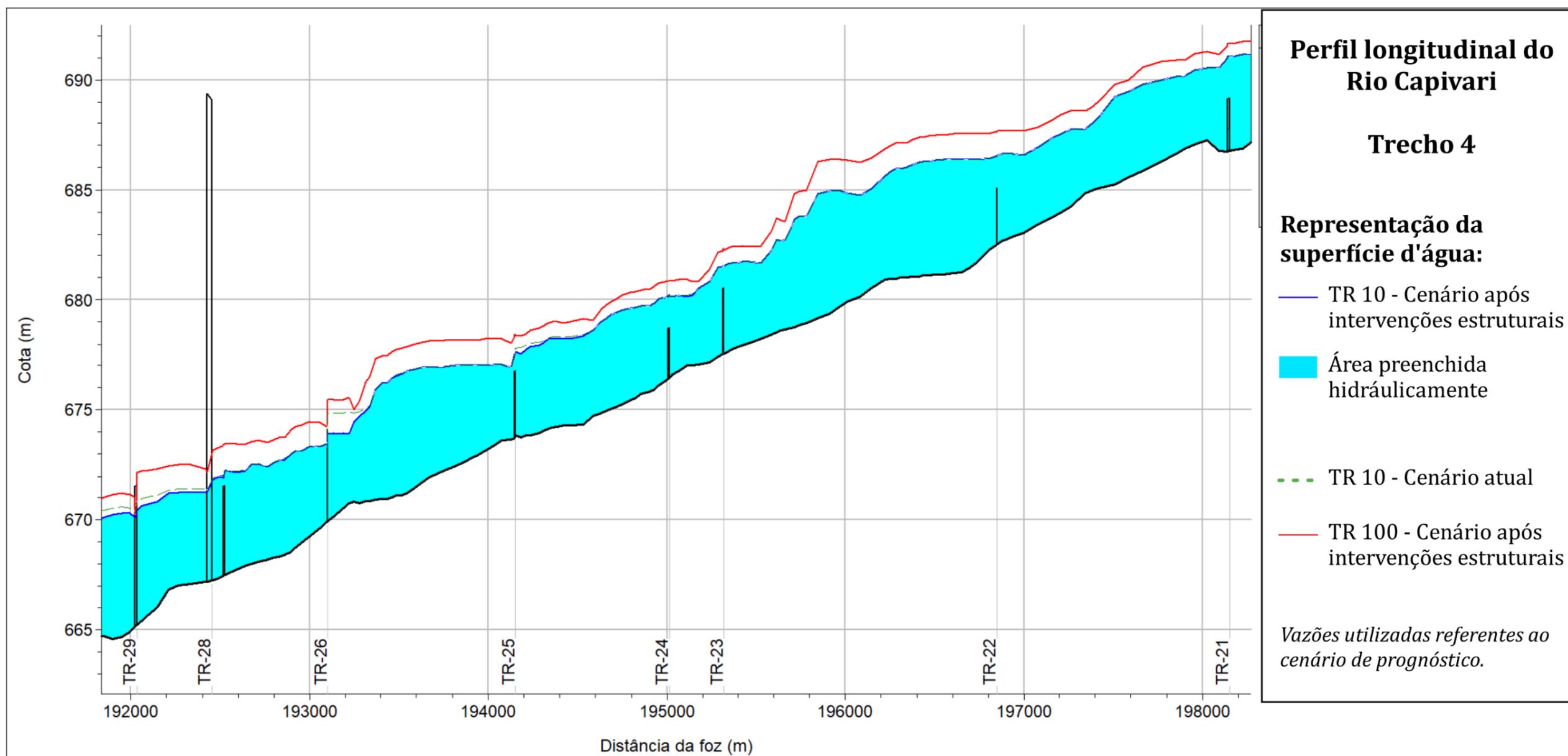
1  
2  
3  
4

Figura 10.2. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 2 da BHC.



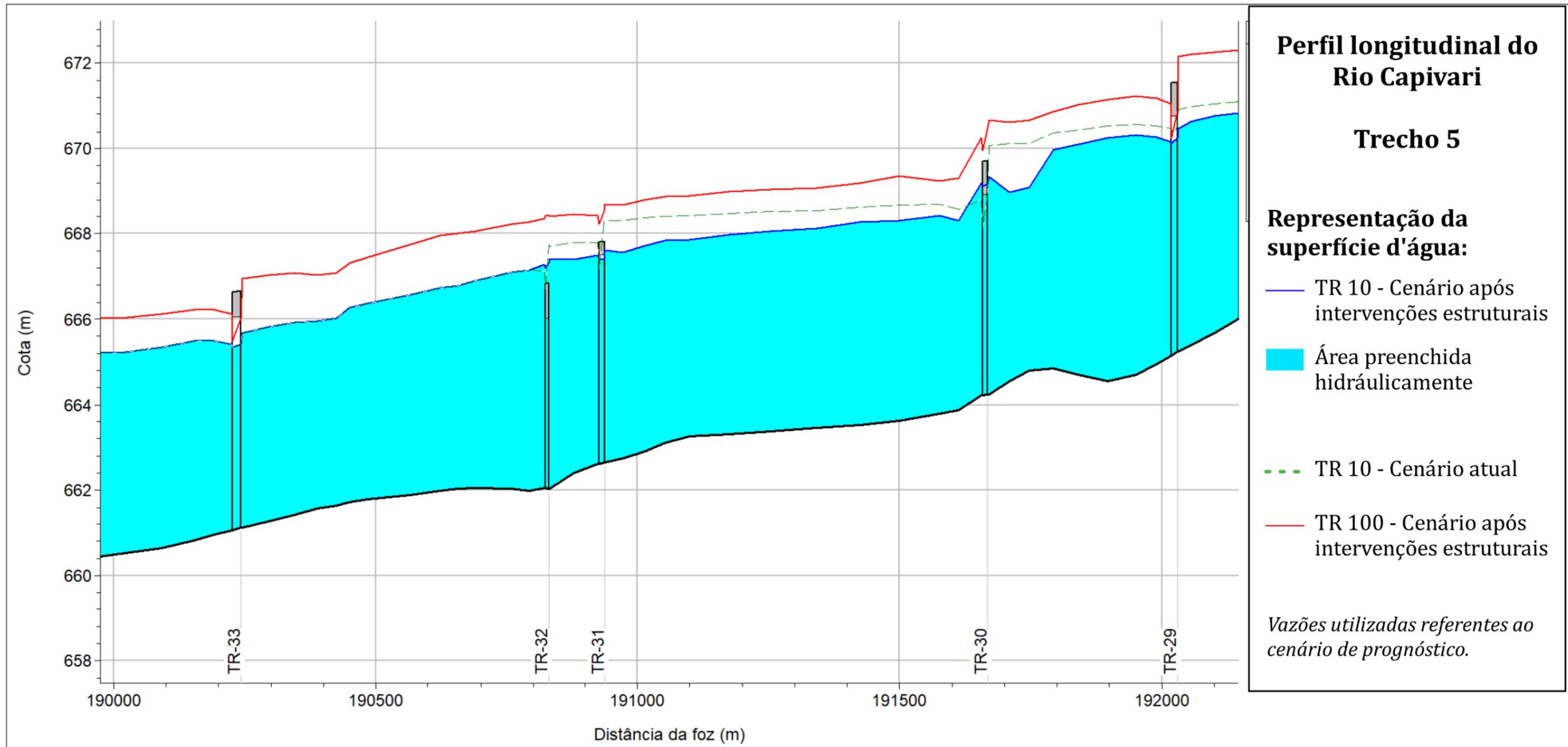
1  
2  
3

Figura 10.3. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 3 da BHC.



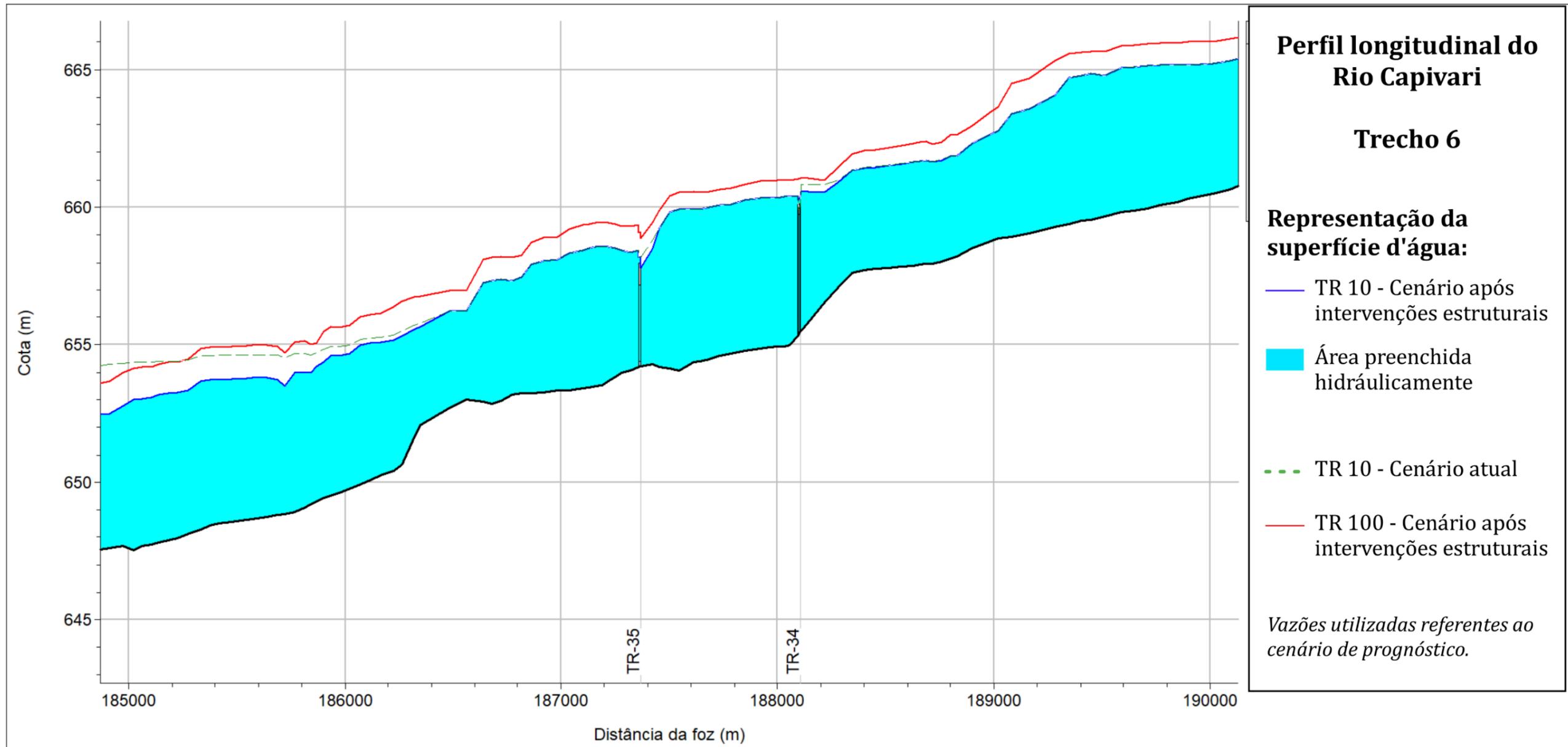
1  
2  
3

Figura 10.4. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 4 da BHC.



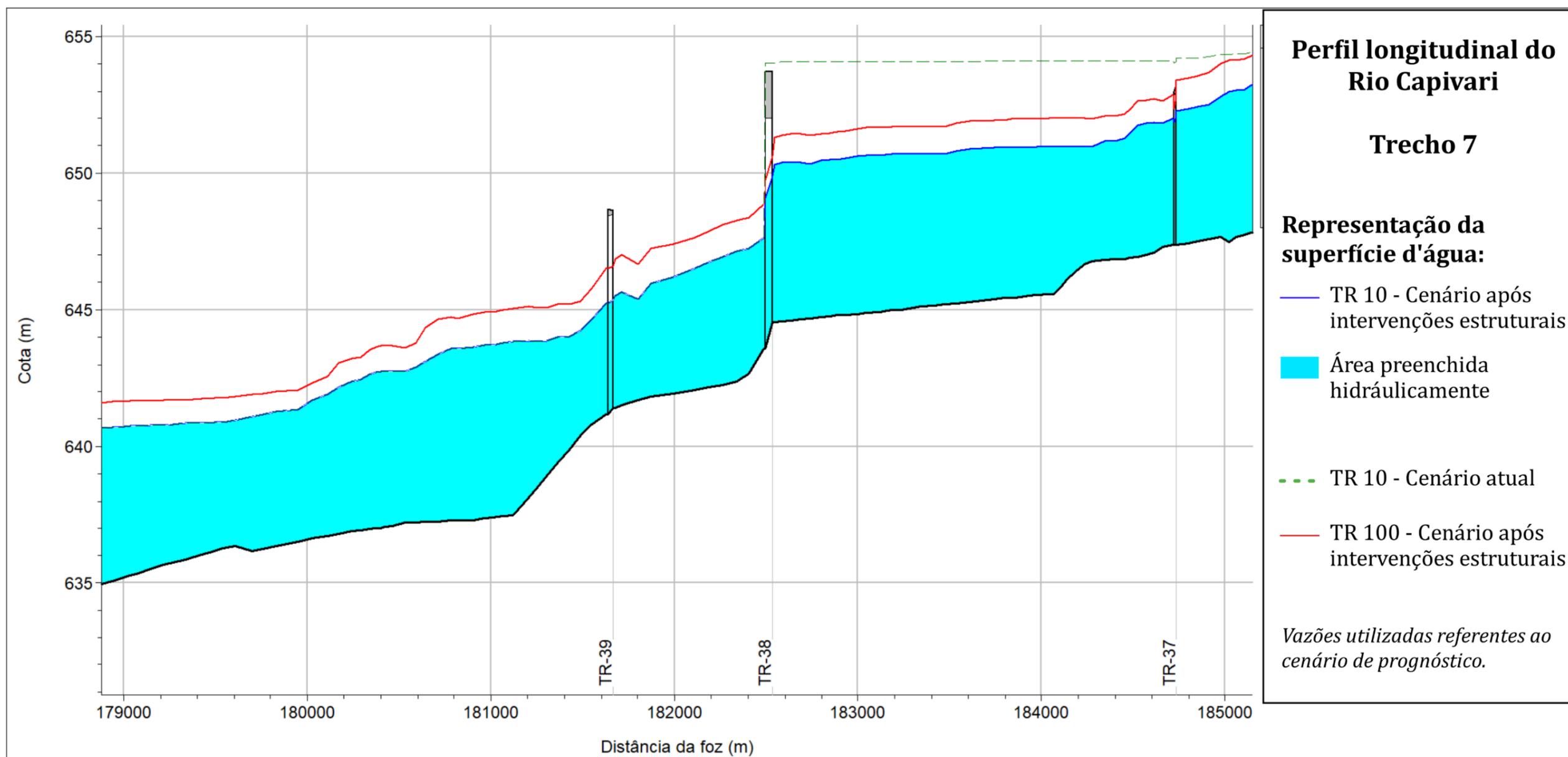
1  
2  
3

Figura 10.5. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 5 da BHC.



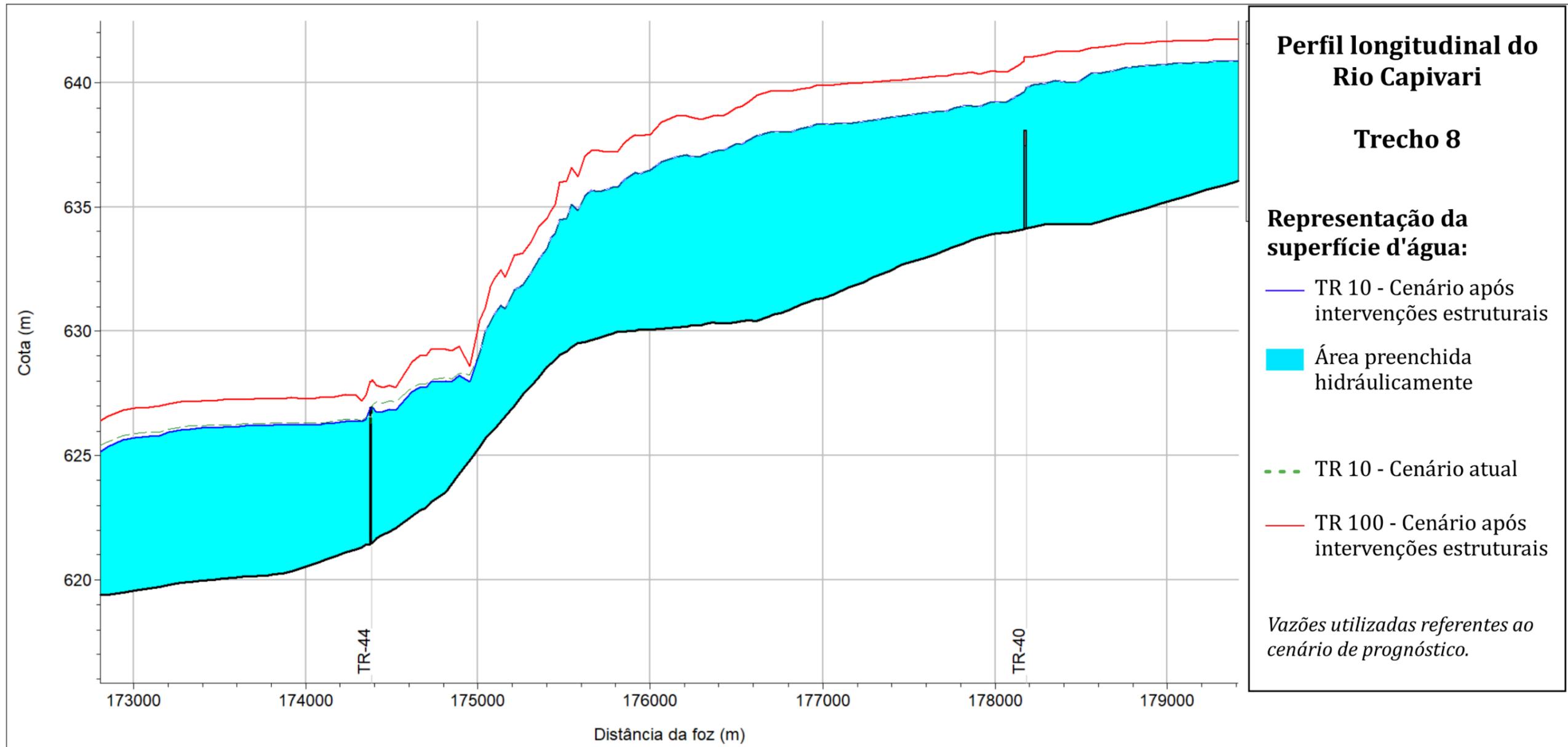
1  
2  
3

Figura 10.6. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 6 da BHC.



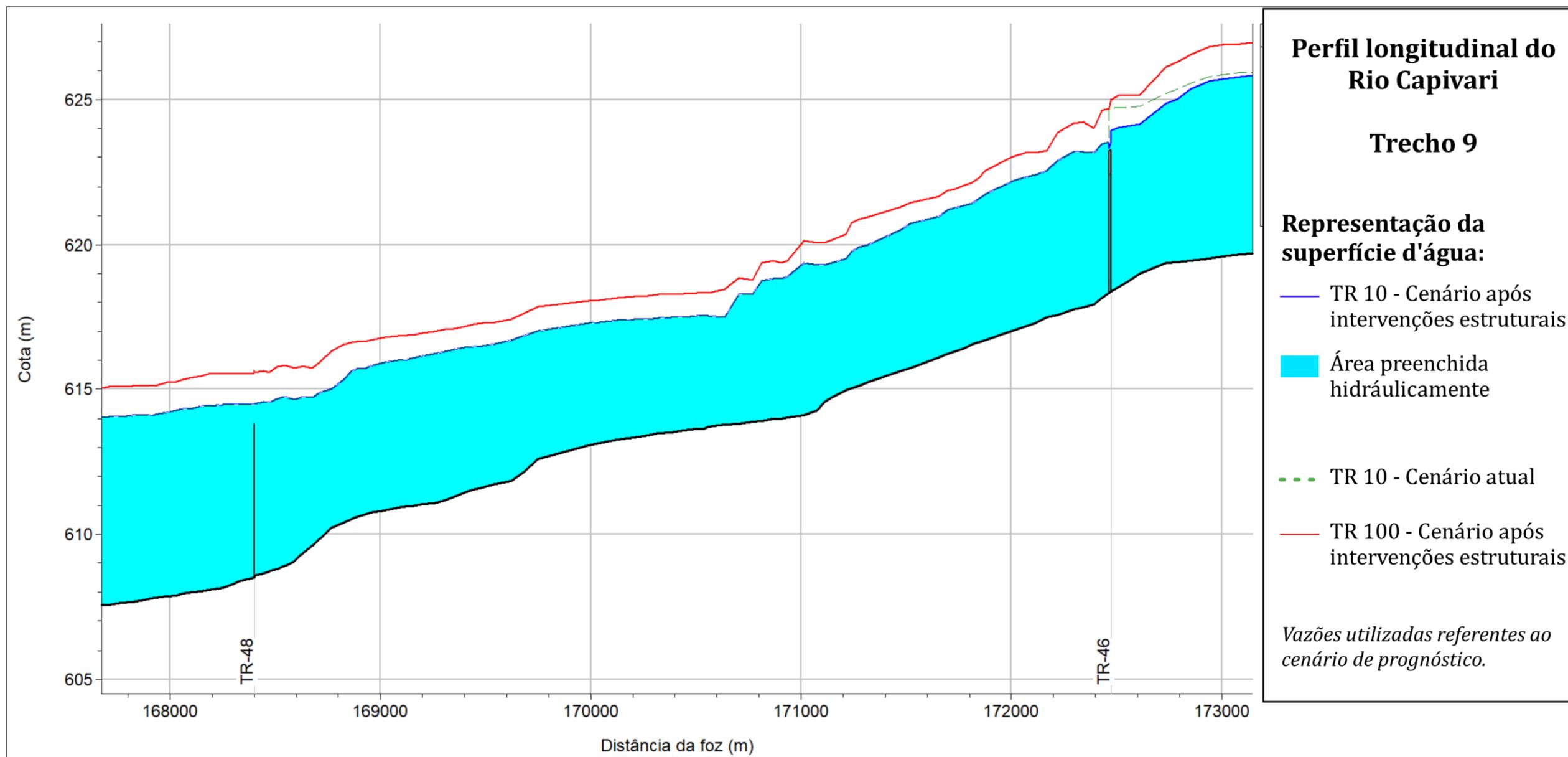
1  
2  
3

Figura 10.7. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 7 da BHC.



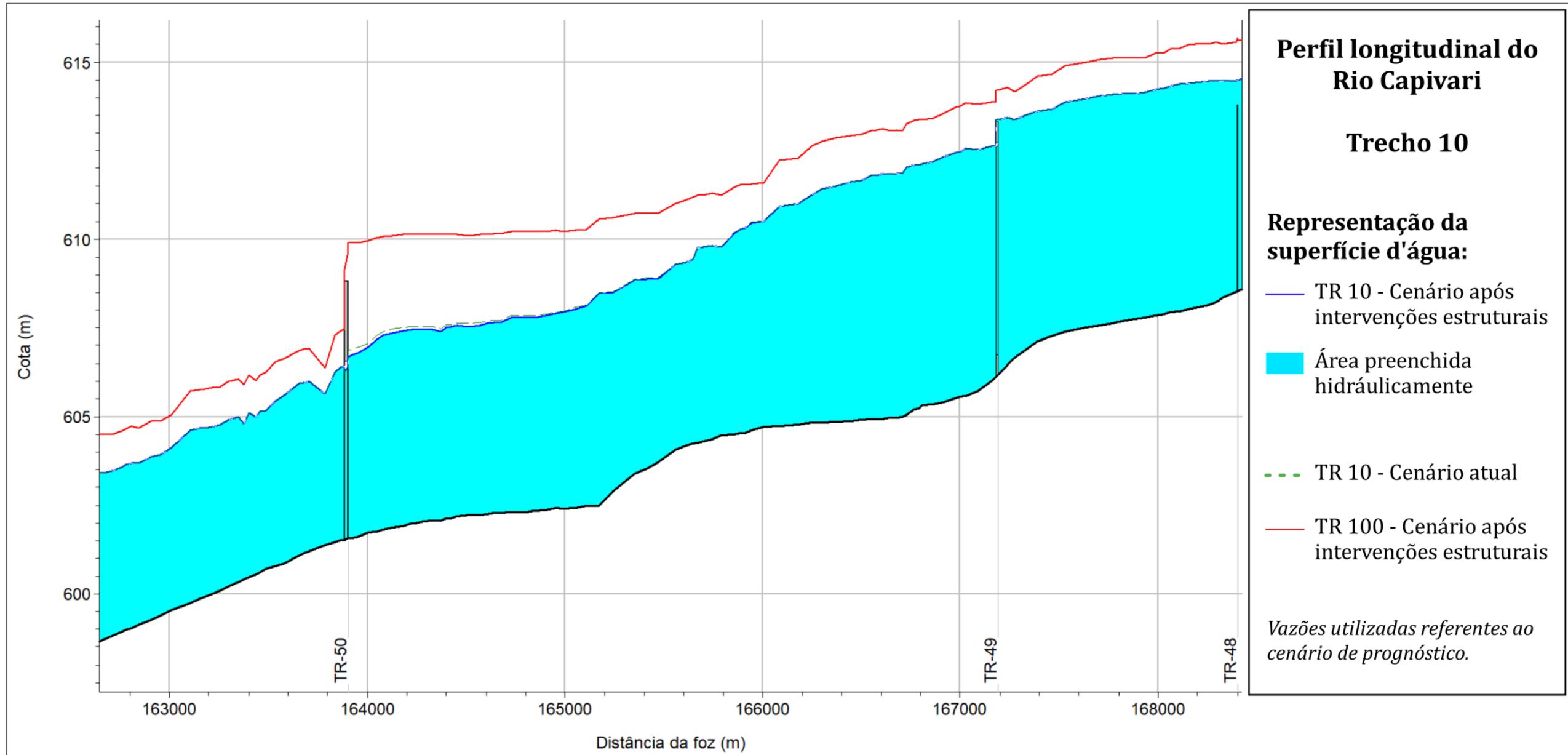
1  
2  
3

Figura 10.8. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 8 da BHC.



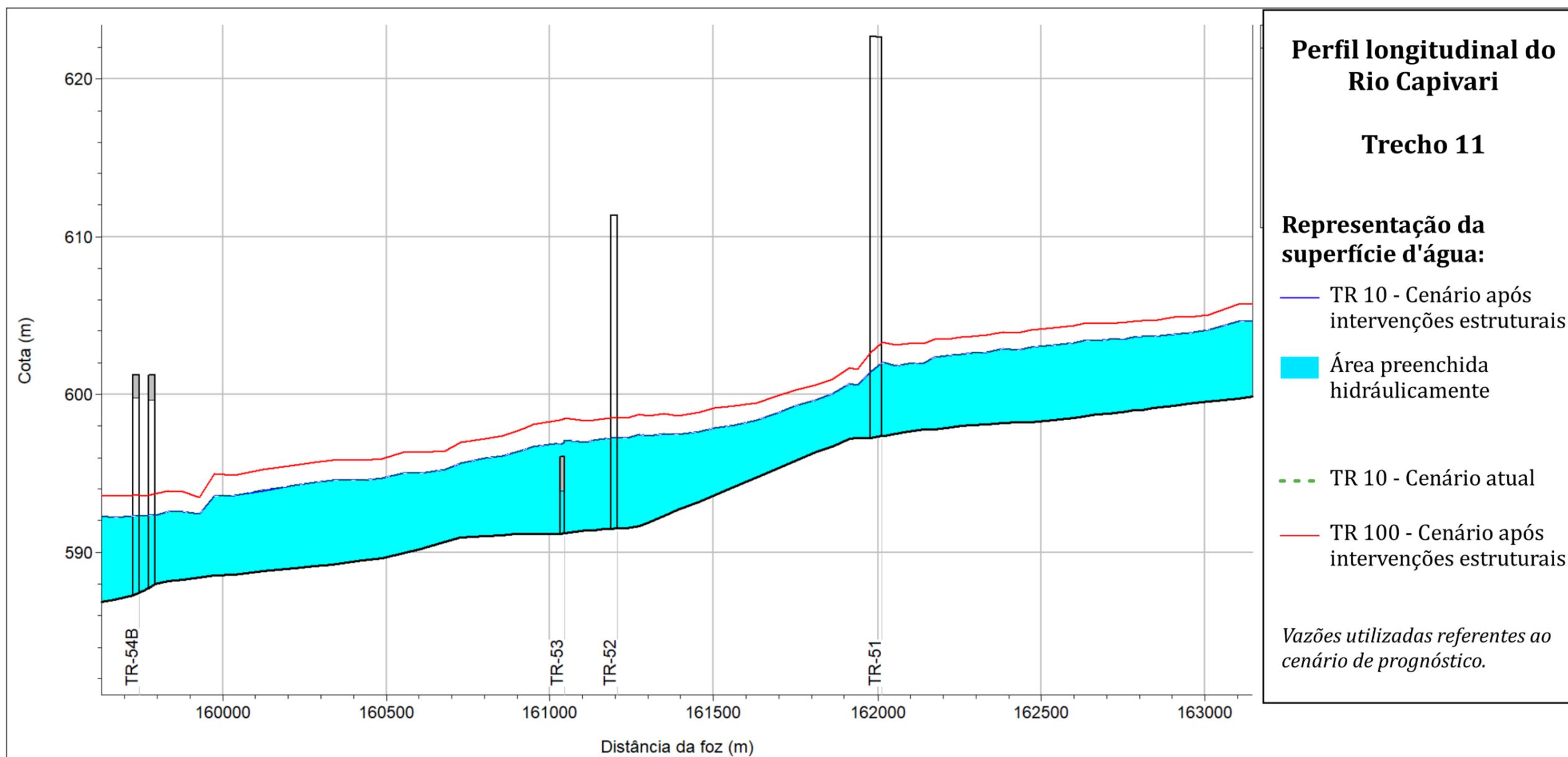
1  
2  
3

Figura 10.9. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 9 da BHC.



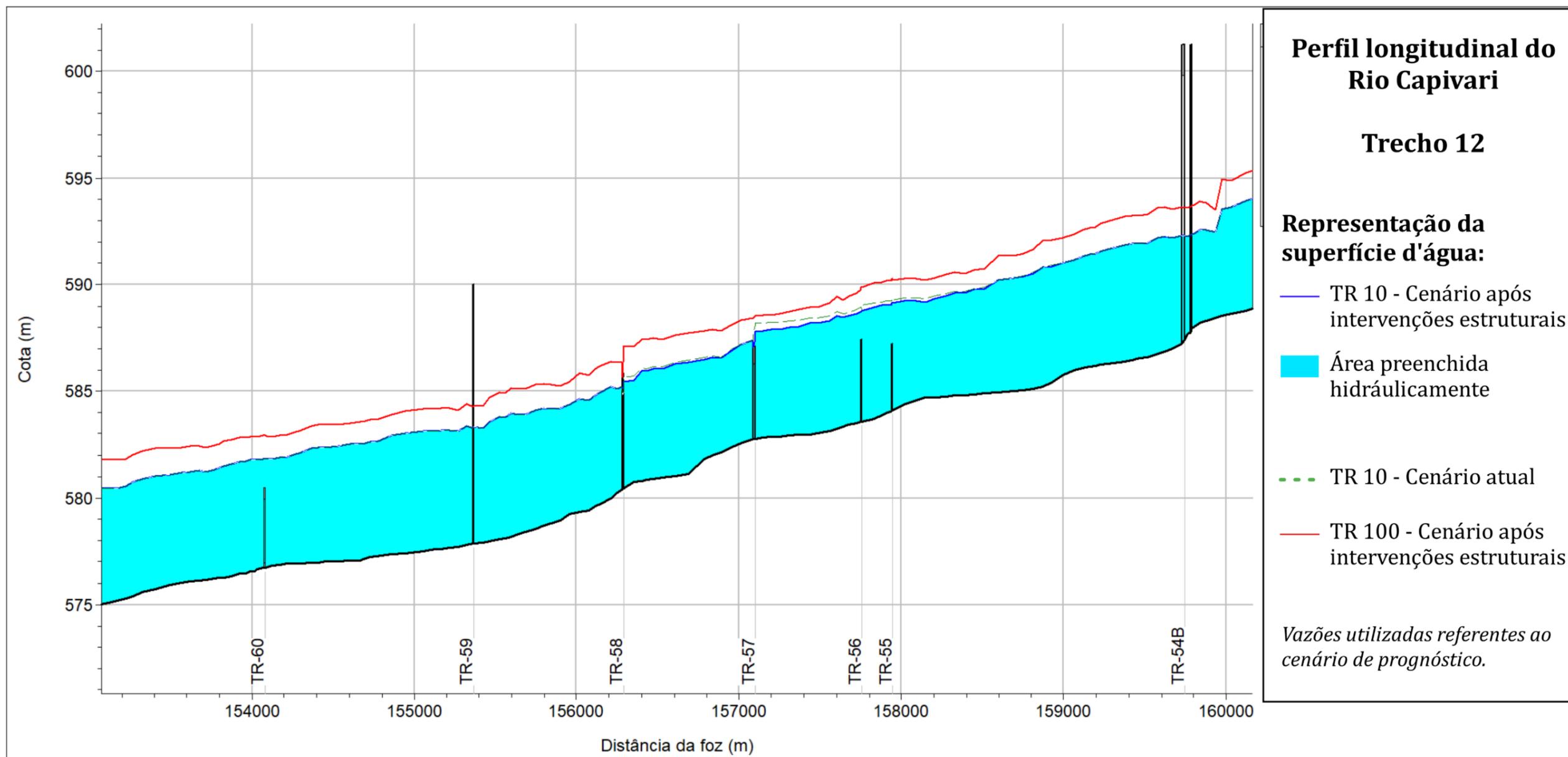
1  
2  
3

Figura 10.10. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 10 da BHC.



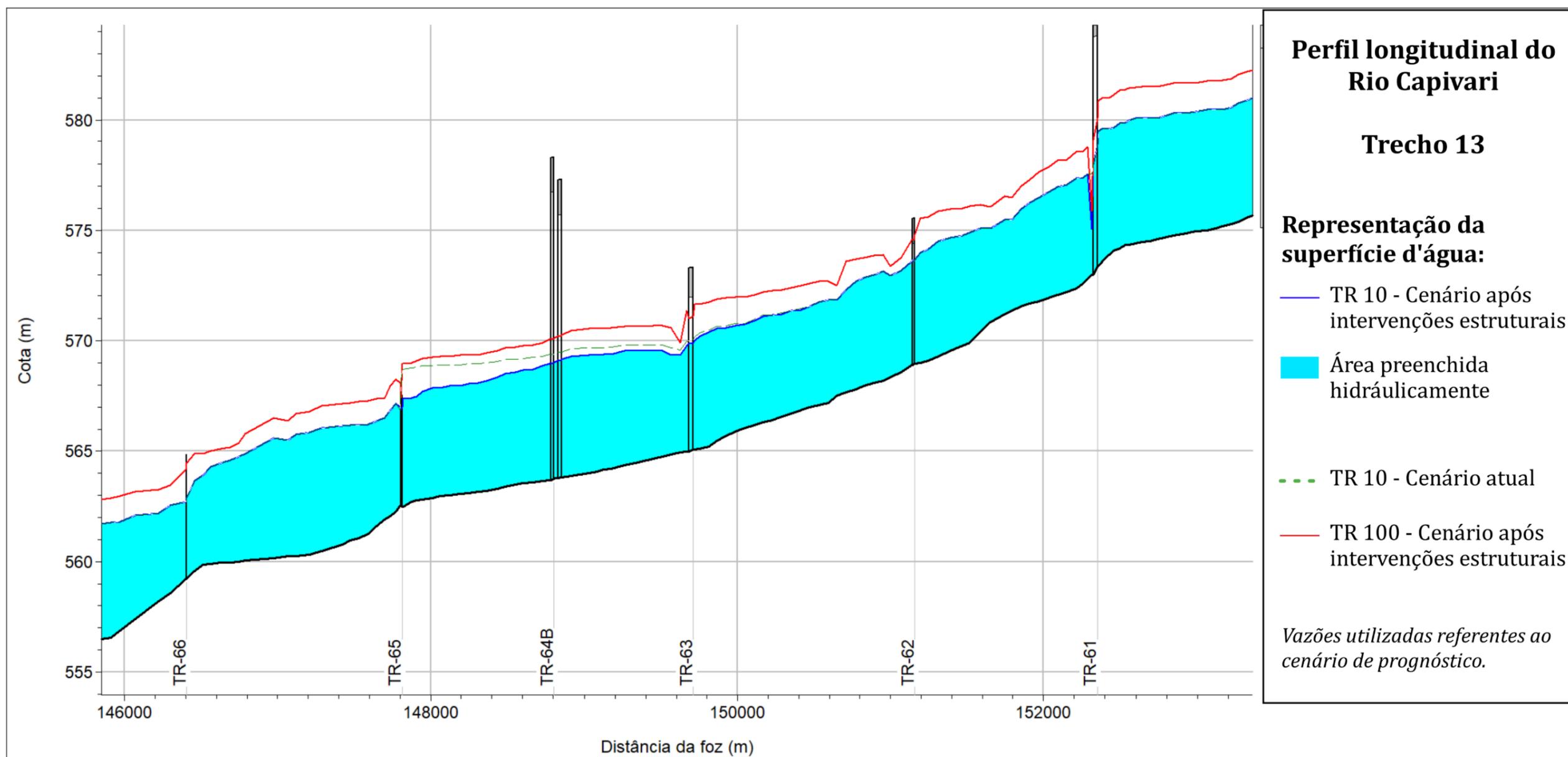
1  
2  
3

Figura 10.11. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 11 da BHC.



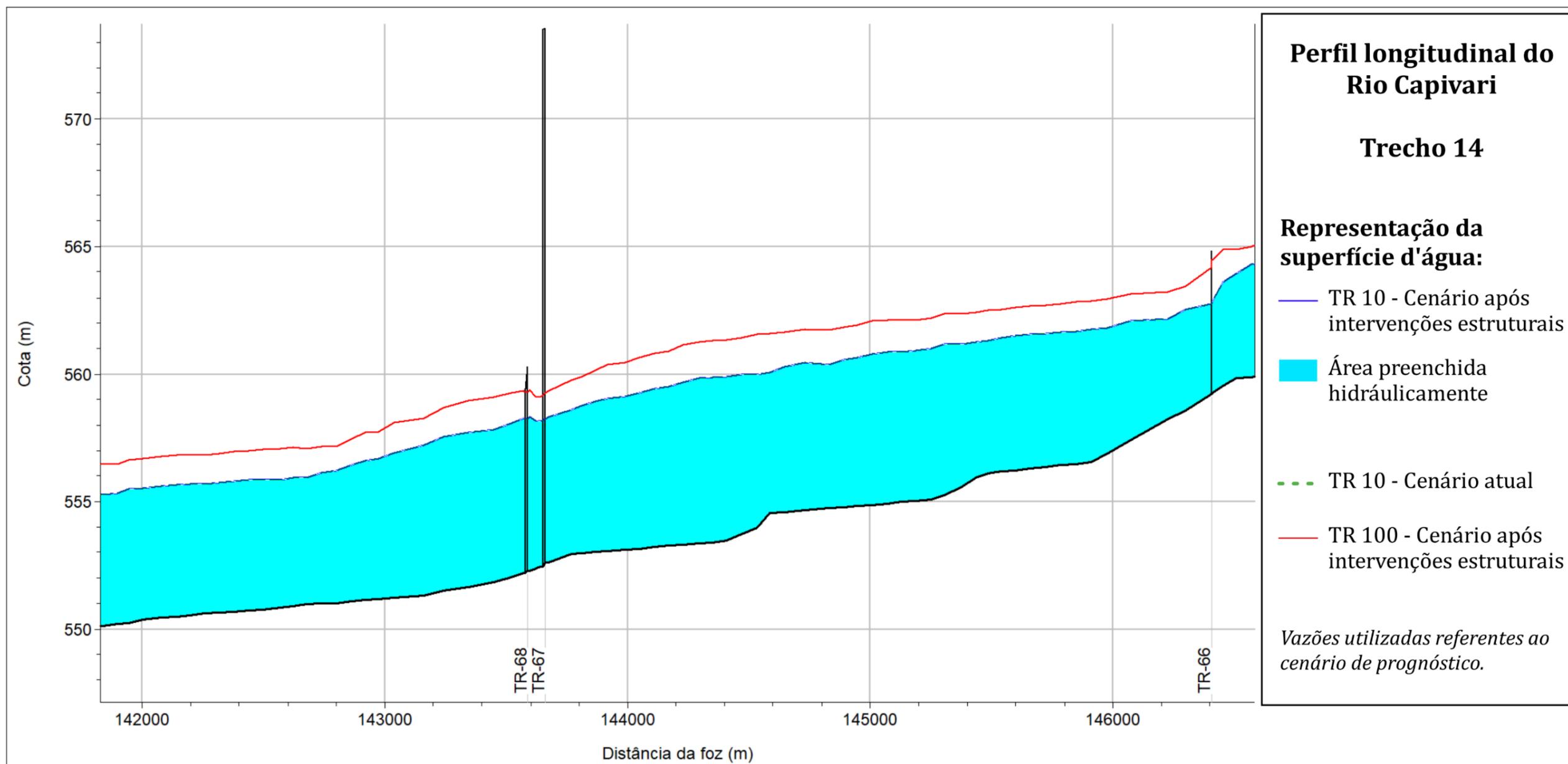
1  
2  
3

Figura 10.12. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 12 da BHC.



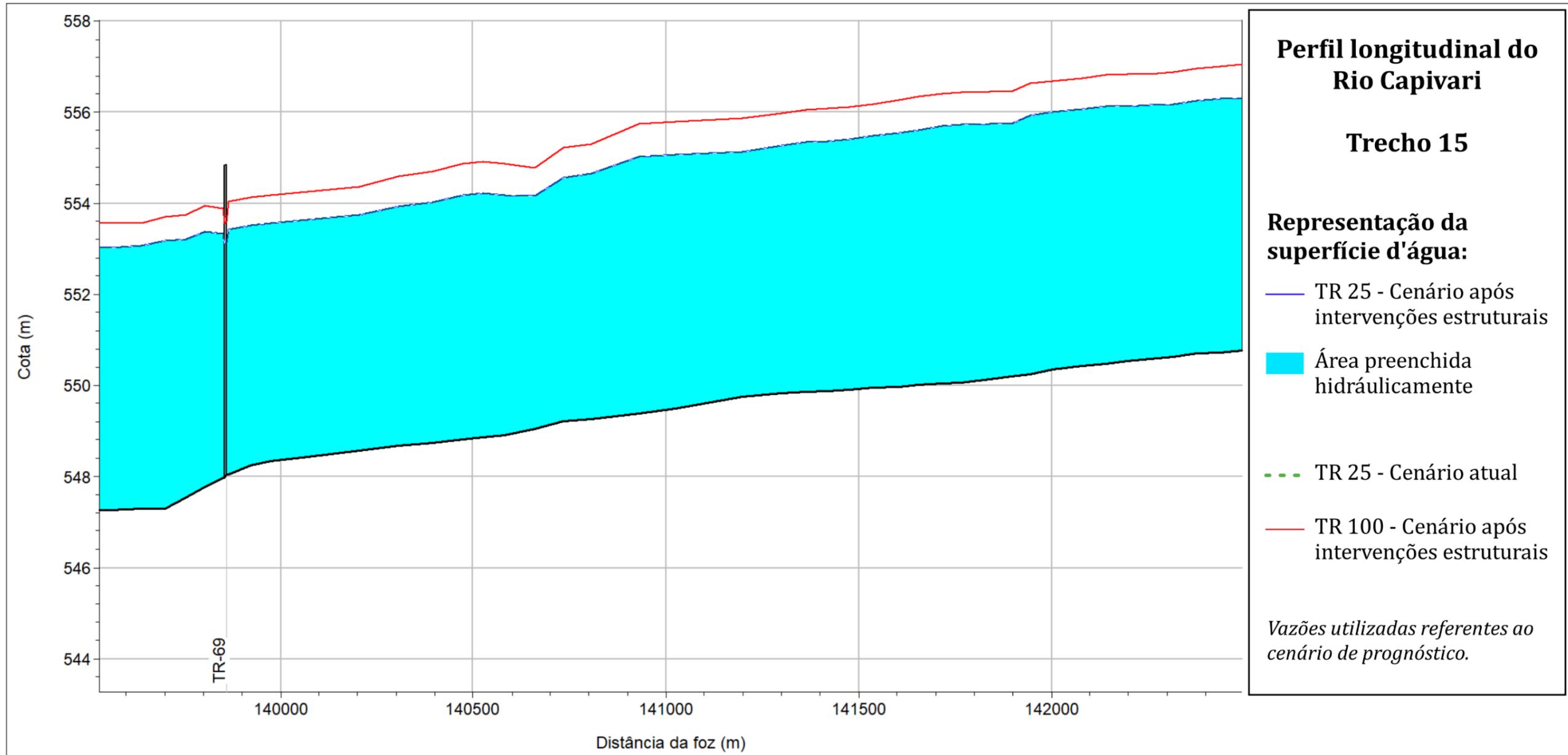
1  
2  
3

Figura 10.13. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 13 da BHC.



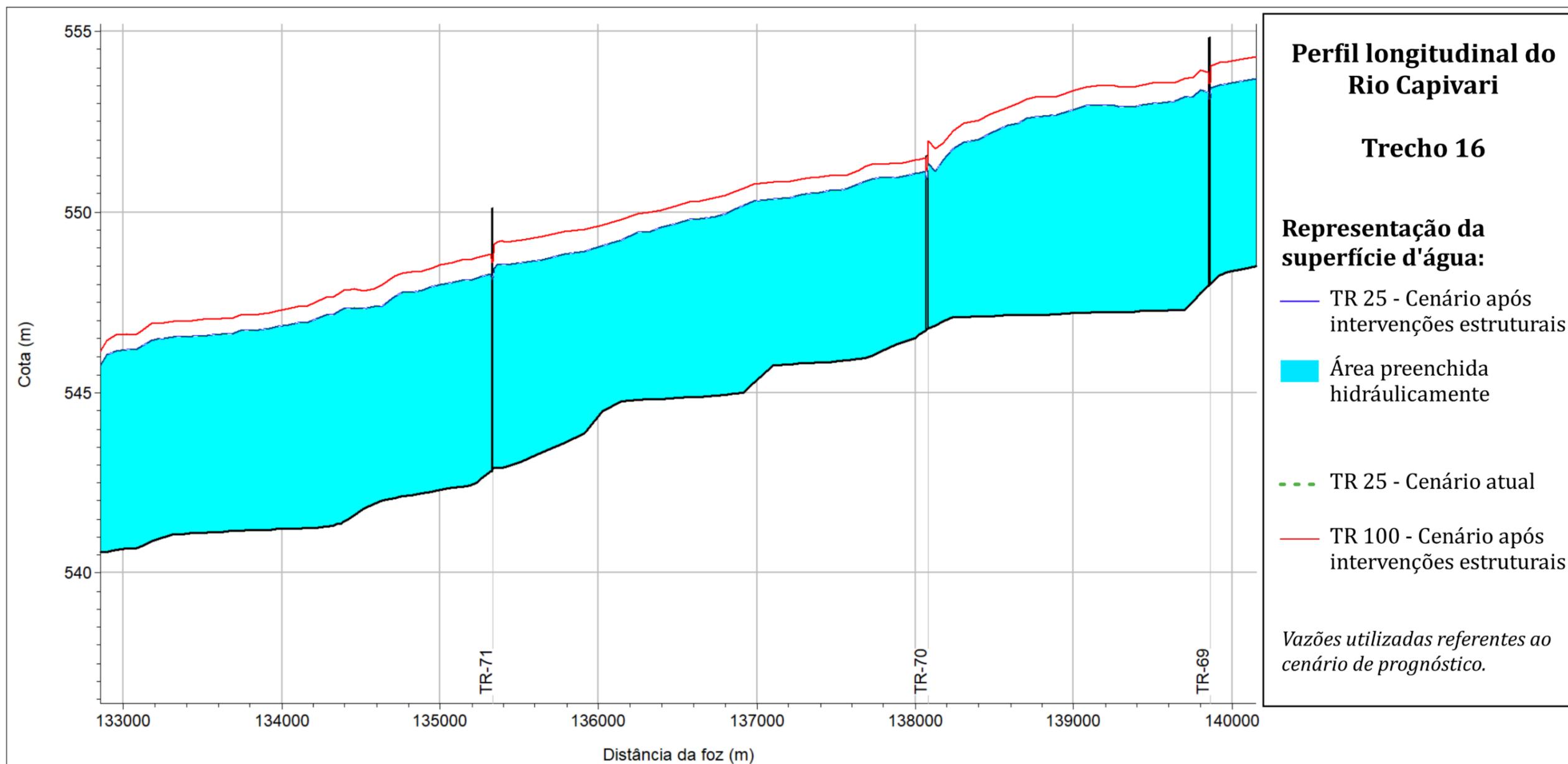
1  
2  
3

Figura 10.14. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 10 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 14 da BHC.



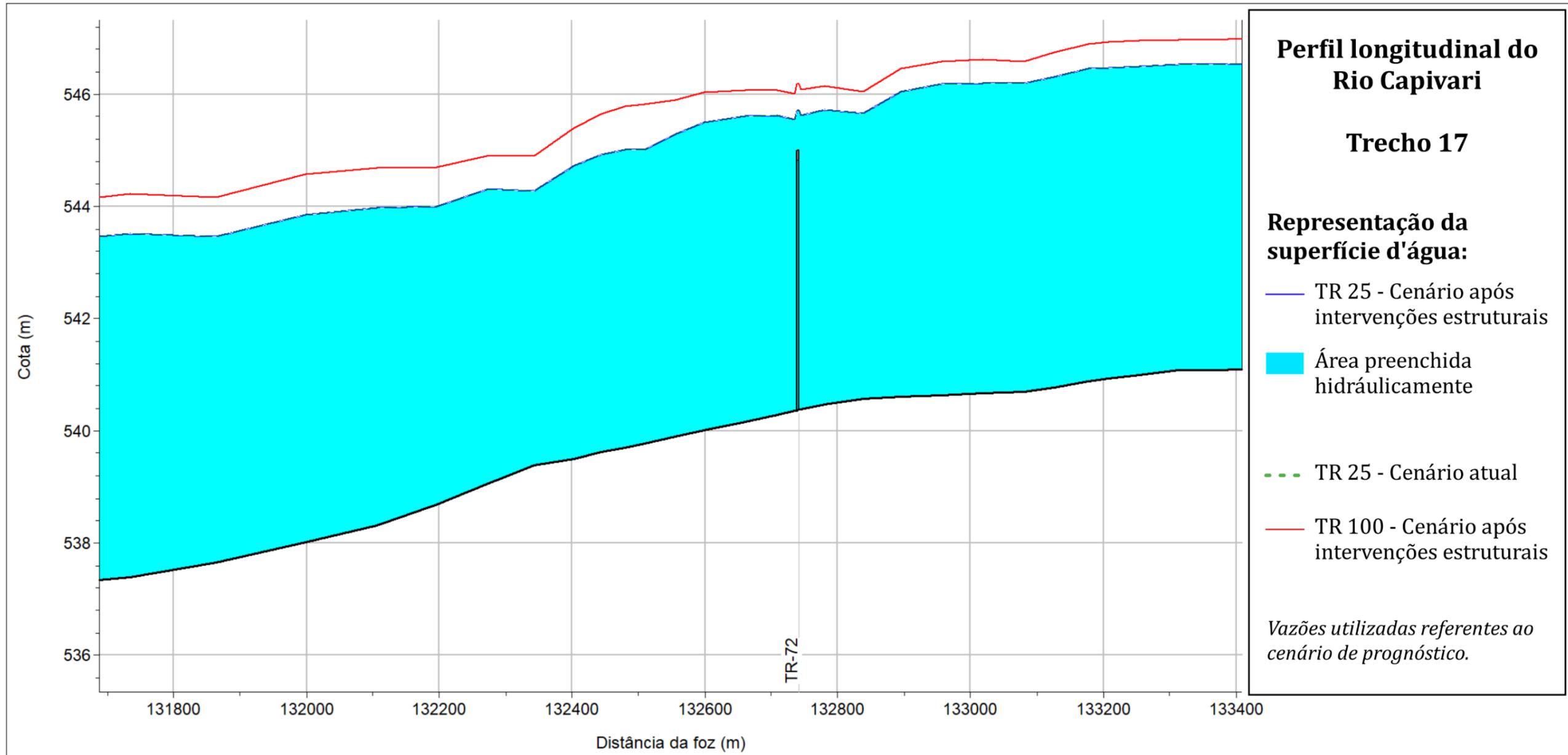
1  
2  
3

Figura 10.15. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 15 da BHC.



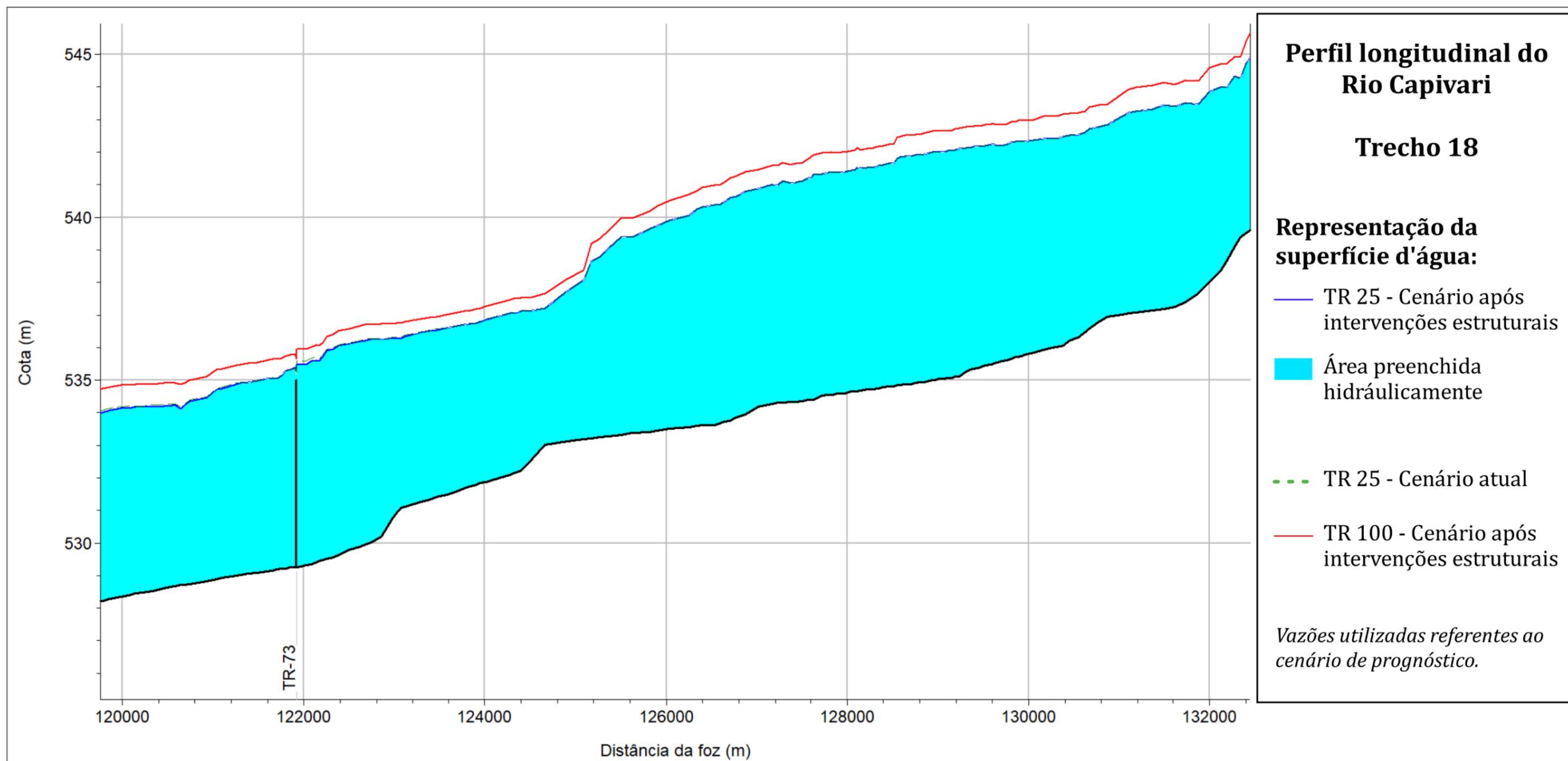
1  
2  
3

Figura 10.16. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 16 da BHC.



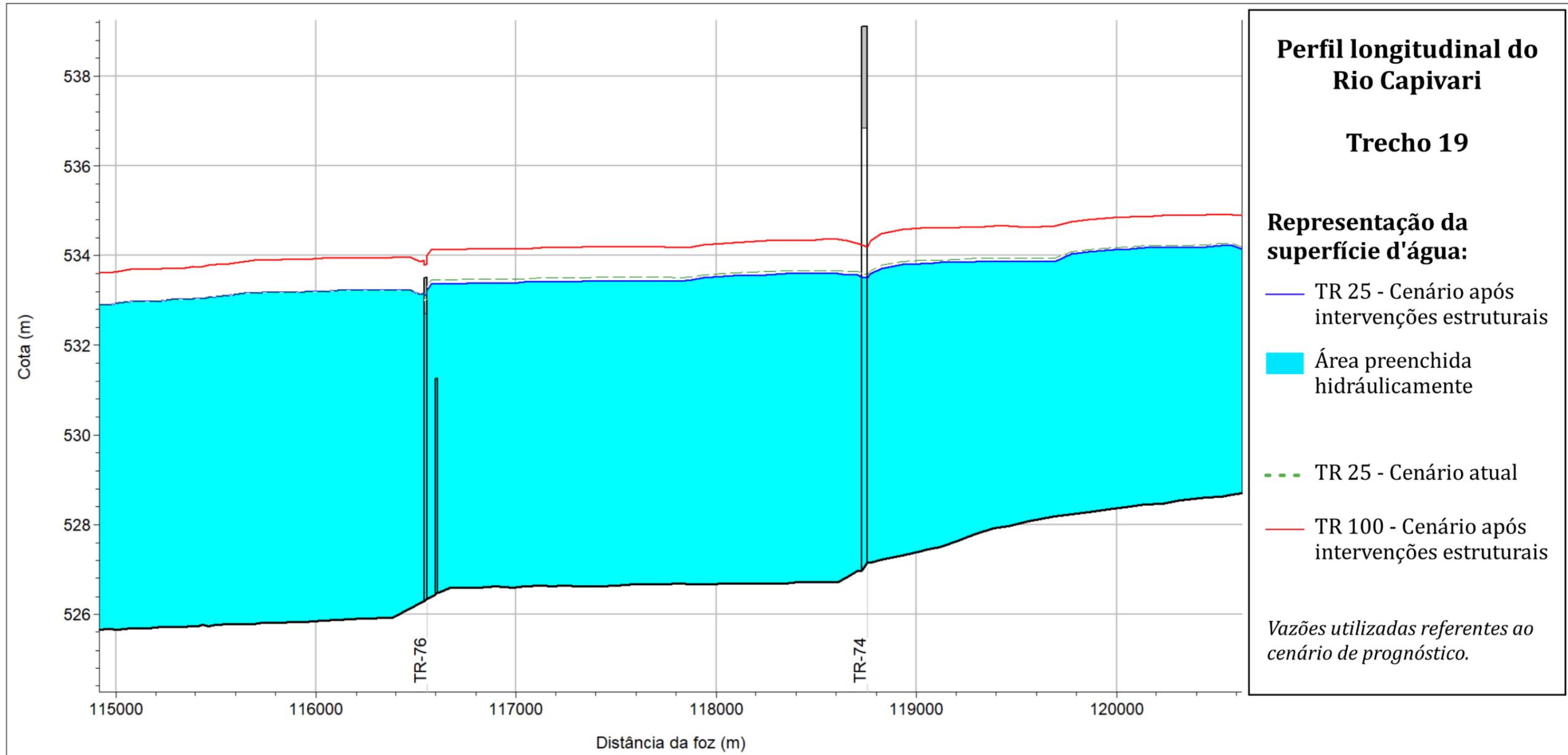
1  
2  
3

Figura 10.17. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 17 da BHC.



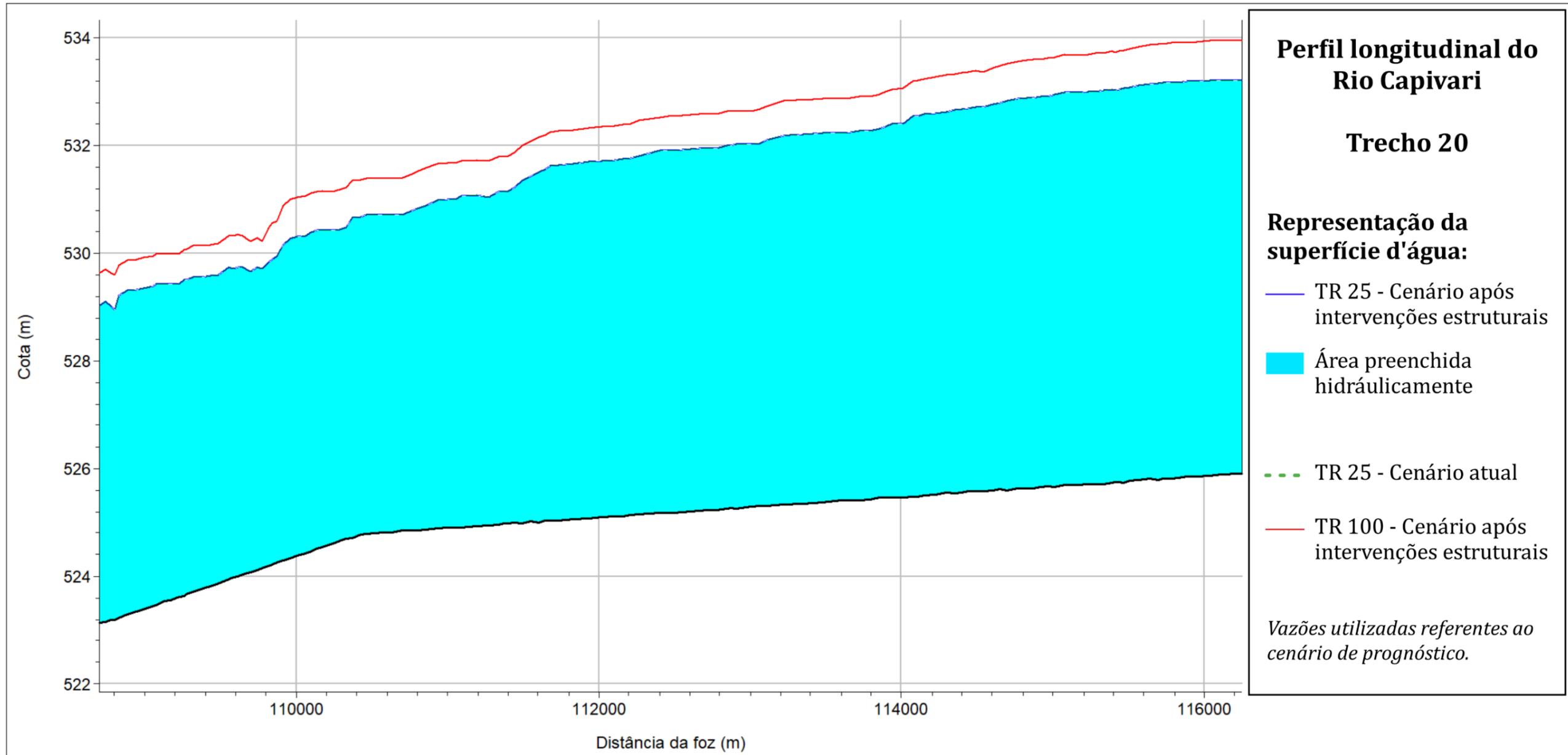
1  
2  
3

Figura 10.18. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 18 da BHC.



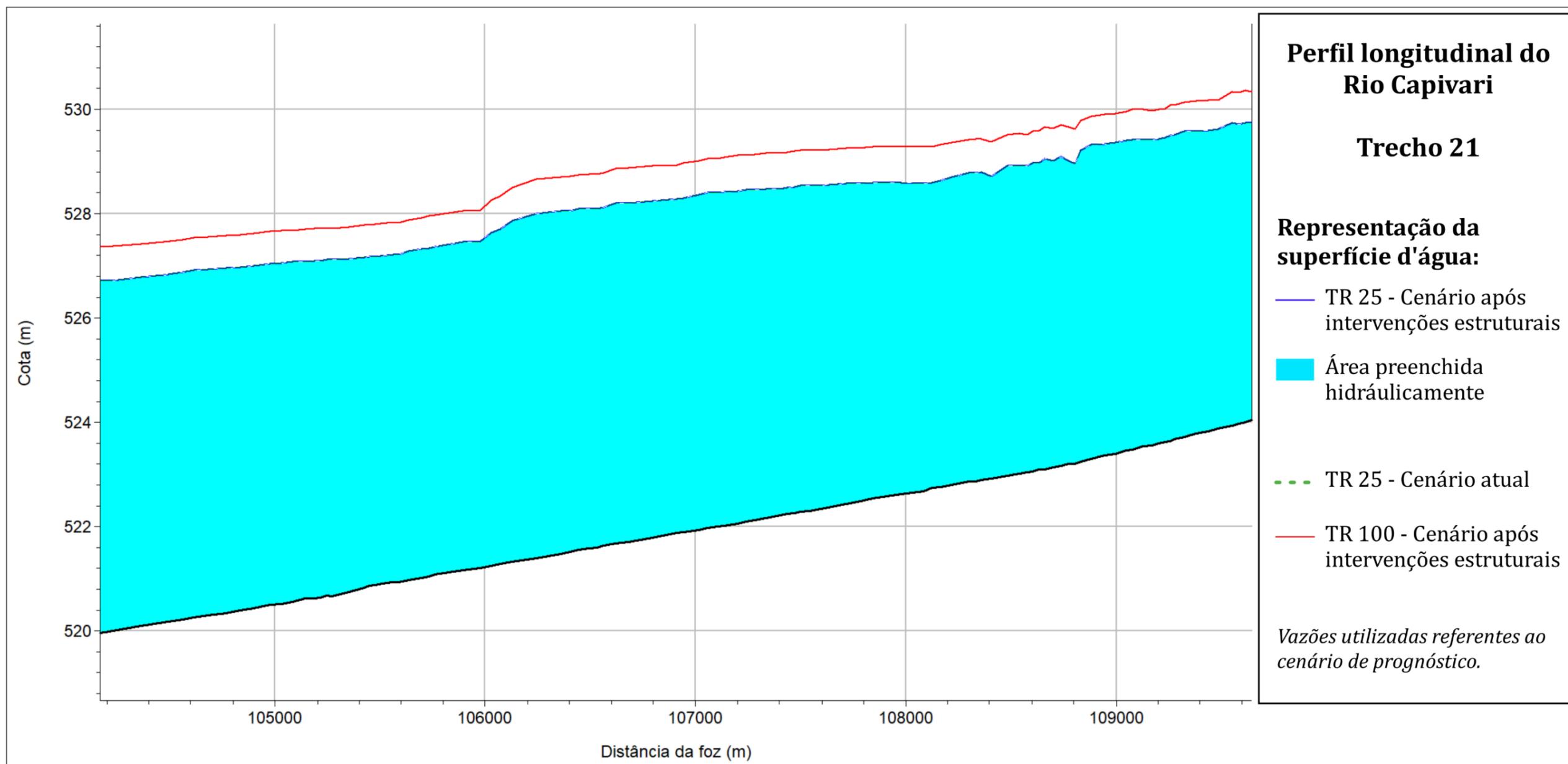
1  
2  
3

Figura 10.19. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 19 da BHC.



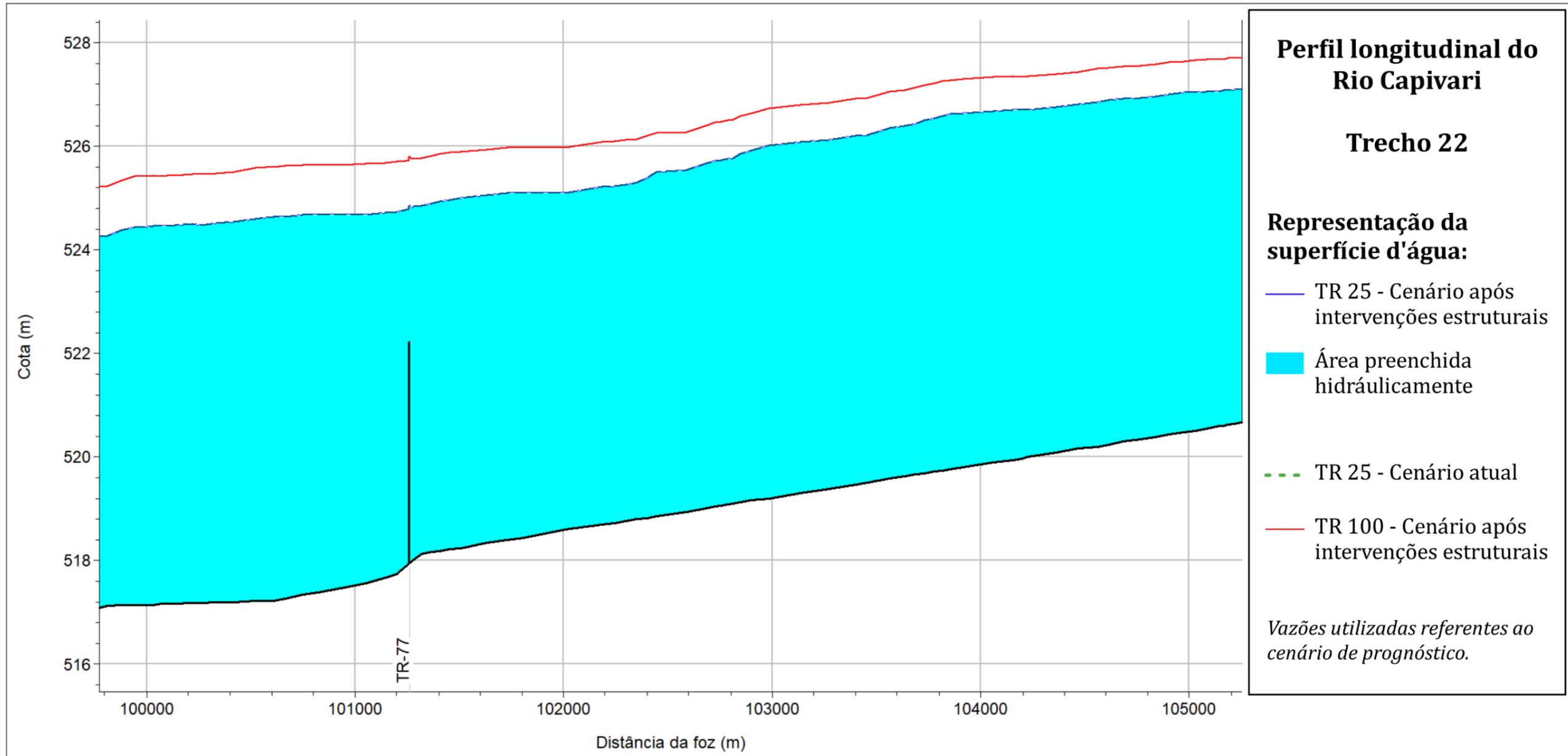
1  
2  
3

Figura 10.20. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 20 da BHC.



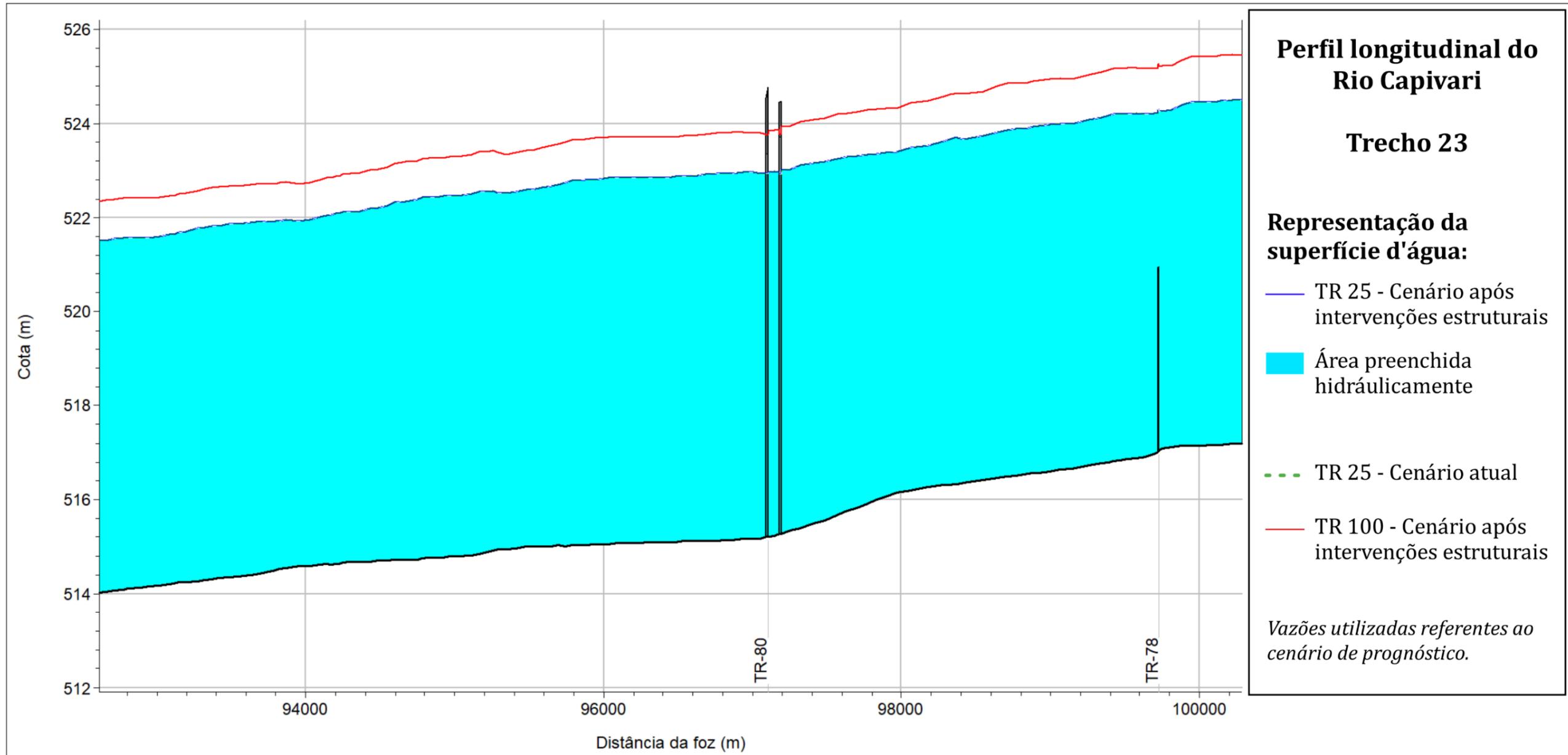
1  
2  
3

Figura 10.21. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 22 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 21 da BHC.



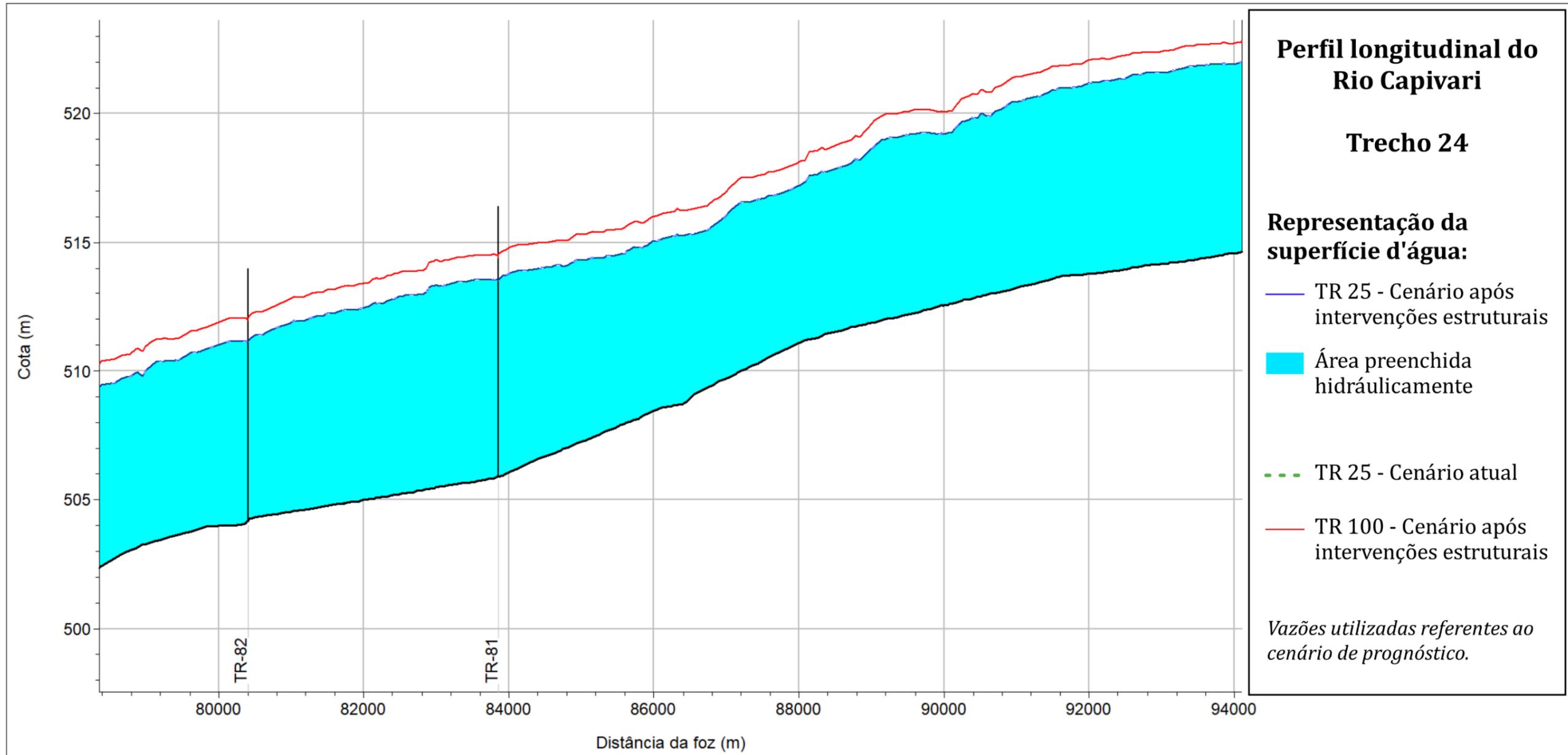
1  
2  
3

Figura 10.22. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 22 da BHC.



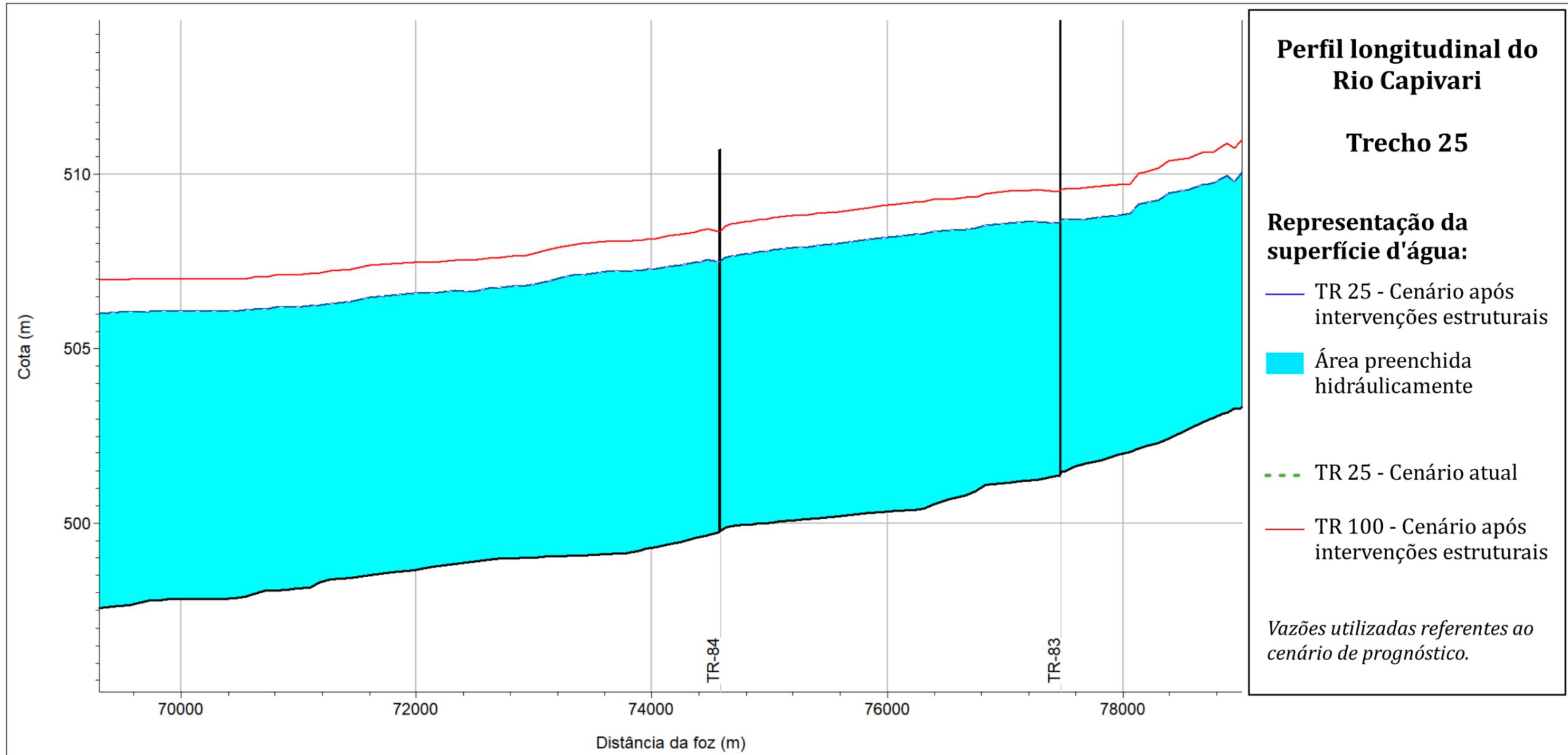
1  
2  
3

Figura 10.23. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 23 da BHC.



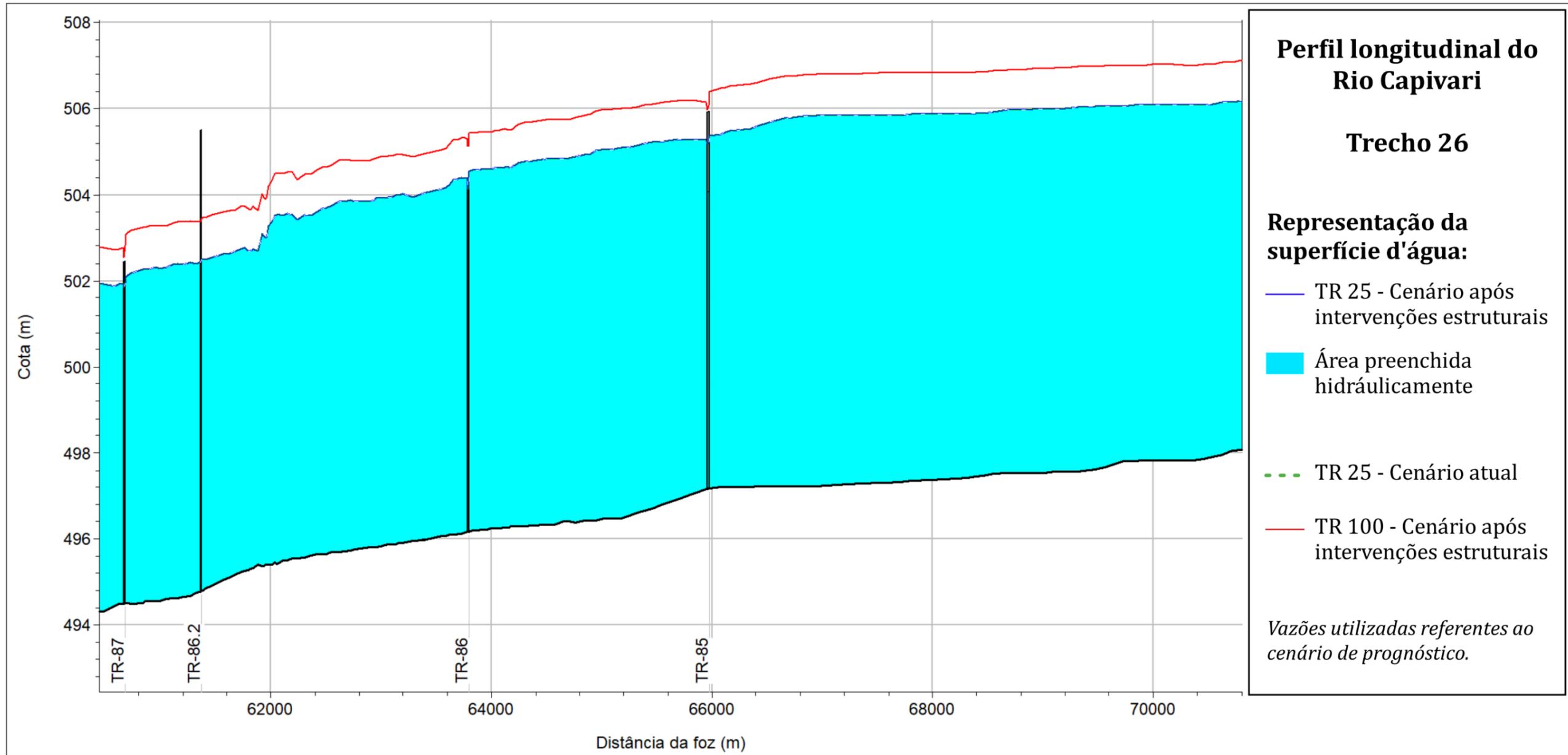
1  
2  
3

Figura 10.24. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 24 da BHC.



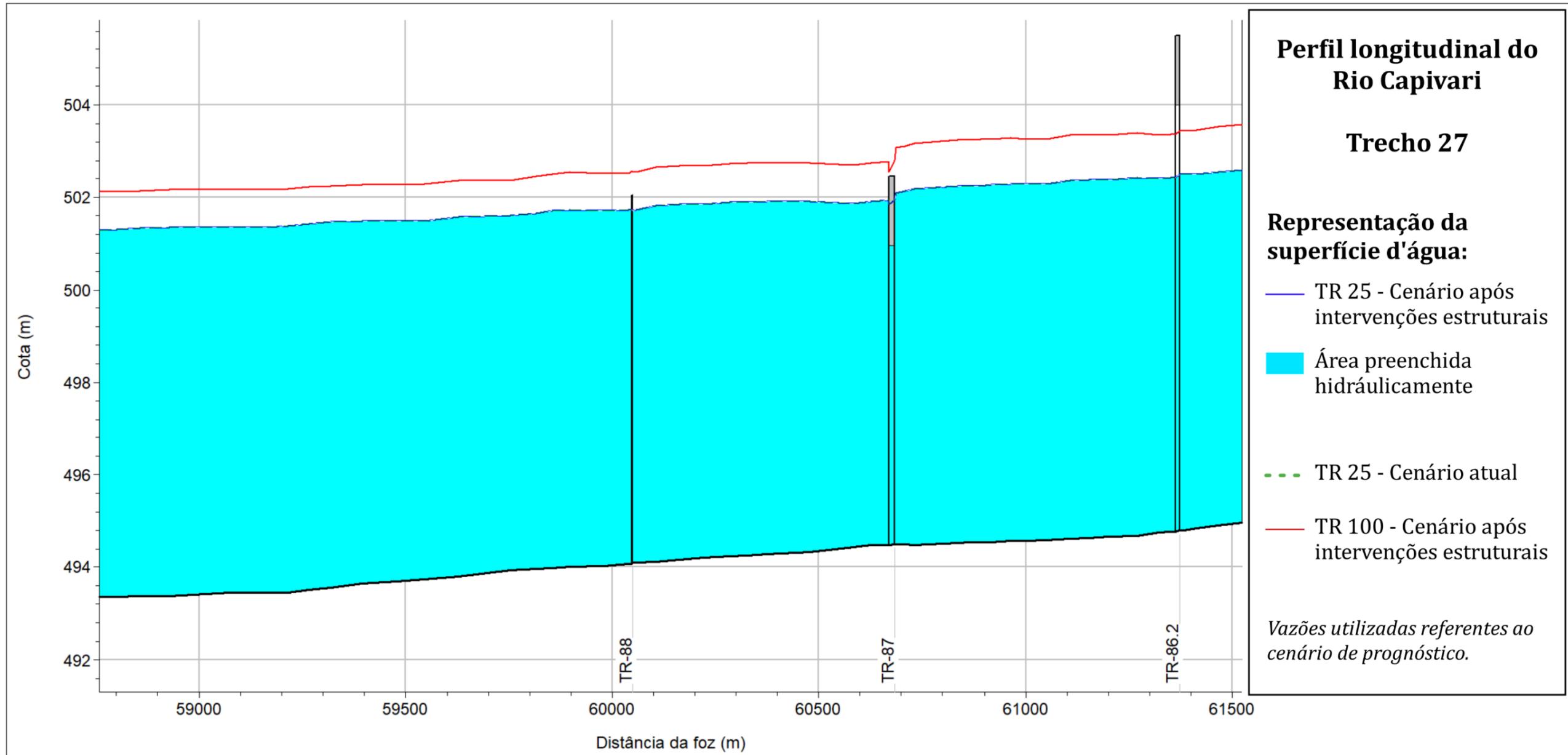
1  
2  
3

Figura 10.25. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 25 da BHC.



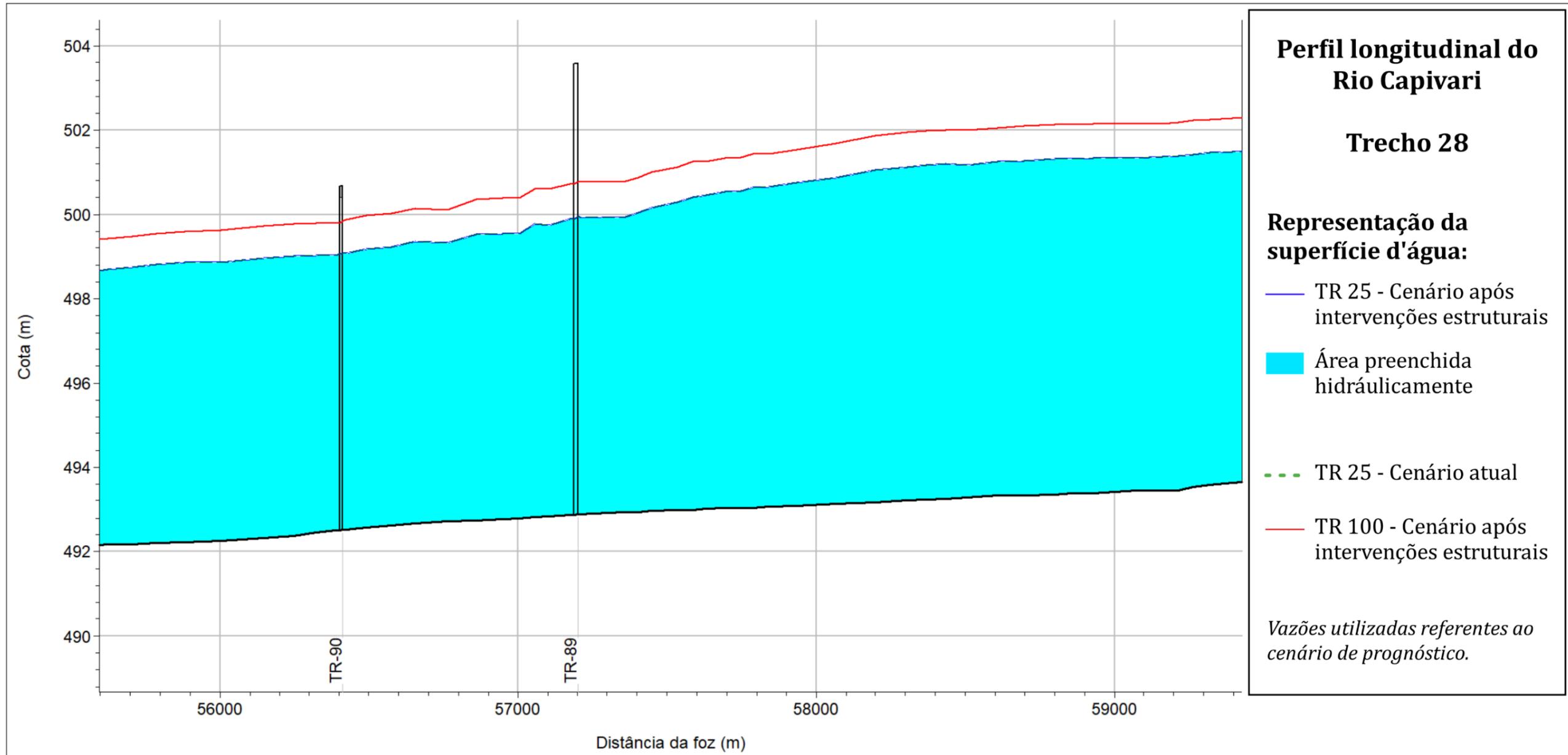
1  
2  
3

Figura 10.26. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 26 da BHC.



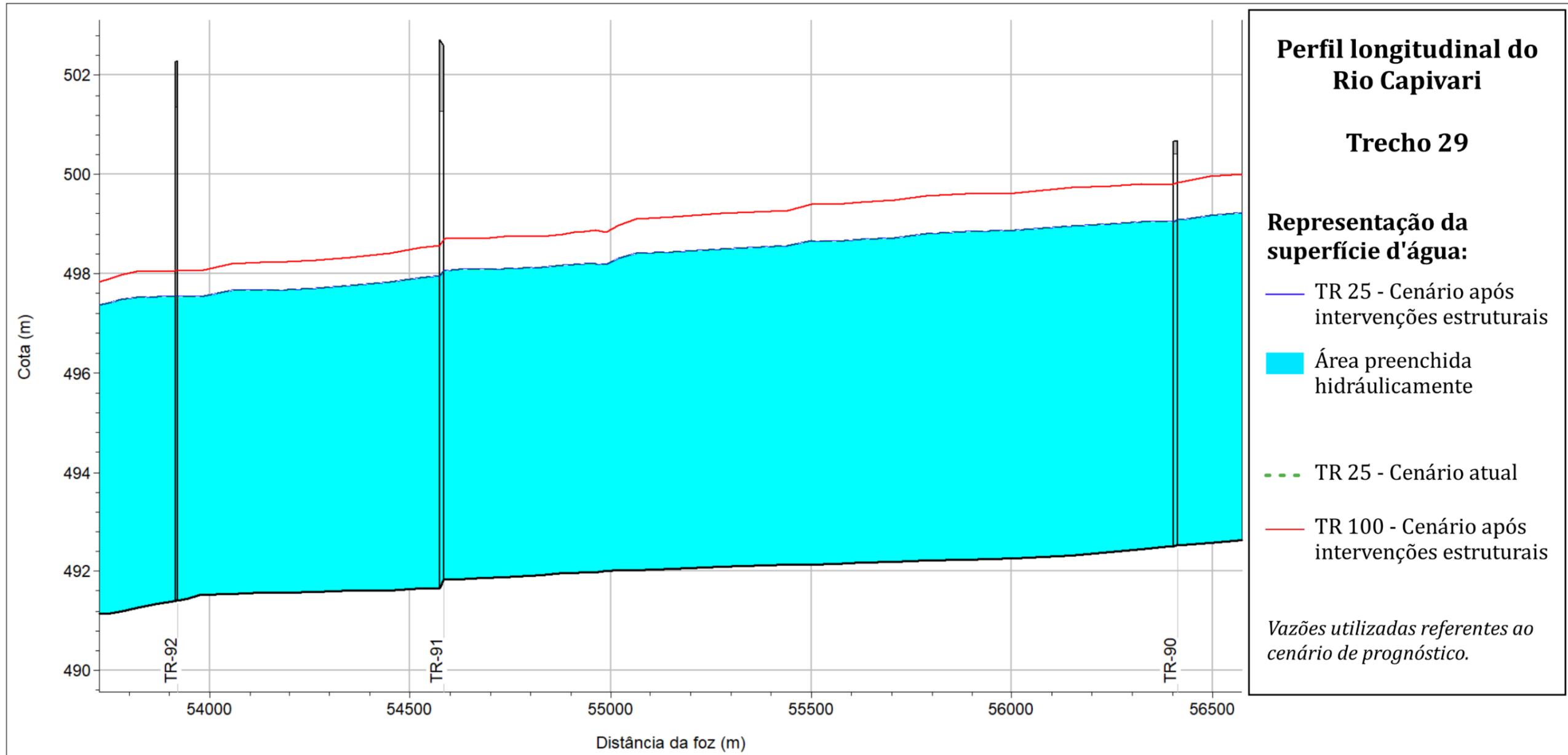
1  
2  
3

Figura 10.27. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 27 da BHC.



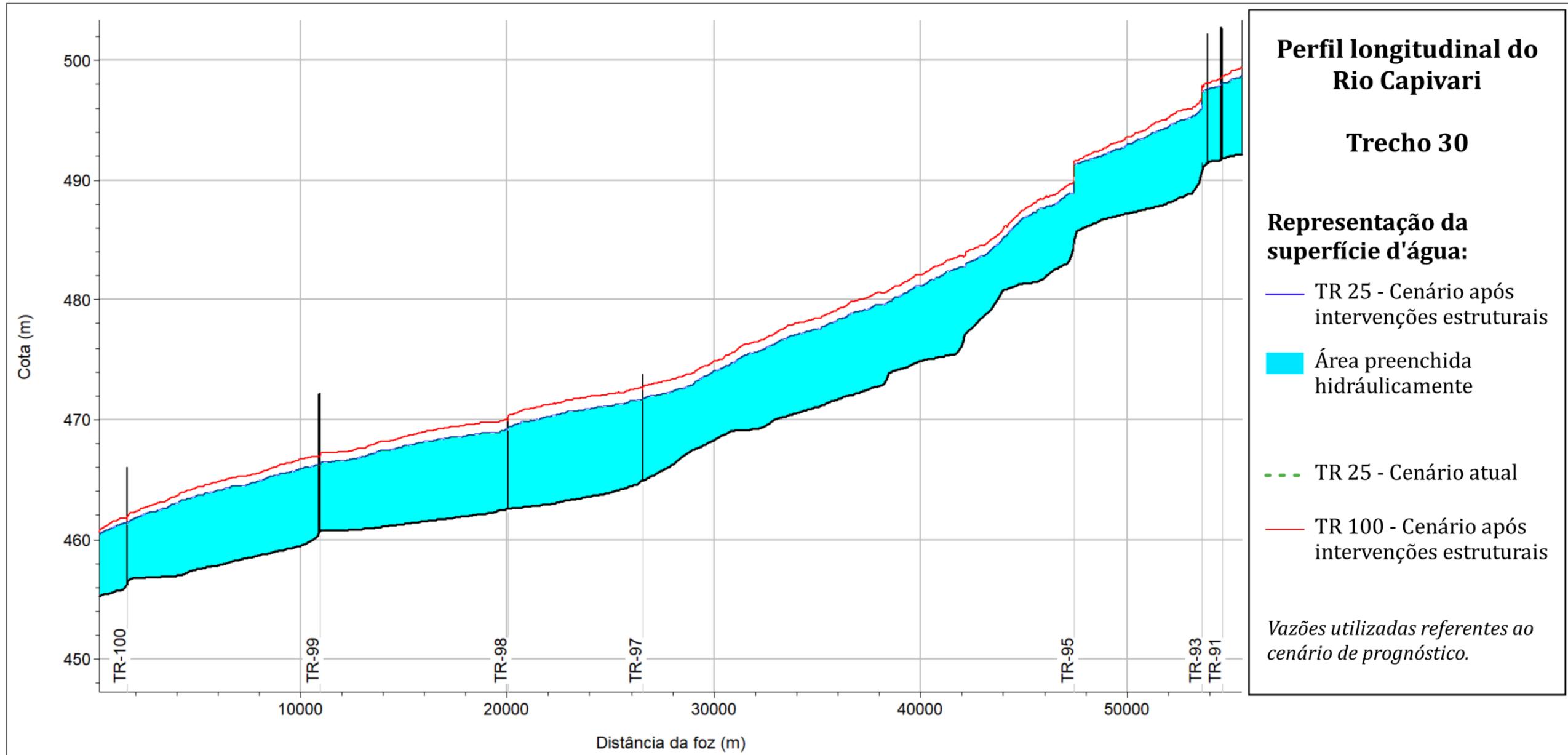
1  
2  
3

Figura 10.28. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 28 da BHC.



1  
2  
3

Figura 10.29. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 29 da BHC.



1

2

Figura 10.30. Perfil longitudinal do Rio Capivari e do desenvolvimento dos eventos hidrológicos com tempo de retorno de 25 e 100 anos para os cenários atual e após intervenções, no trecho 30 da BHC.