

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO



Município de Canela

**VOLUME II - DIAGNÓSTICO DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

1. IDENTIFICAÇÕES

1.1 Contratante

Quadro 1. Identificação do contratante.

| | |
|-----------------------------|---|
| Nome/Razão Social | Município de Canela/RS |
| CNPJ: | 88.585.518/0001-85 |
| Endereço: | Rua Dona Carlinda, nº 455 – Centro. CEP: 95.680-000 |
| Telefone: | 54 3282.5100 |
| Representante Legal: | Prefeito Constantino Orsolin |

1.2 Empreendimento

Quadro 2. Identificação do empreendimento.

| | |
|---------------------|---|
| Atividade: | Revisão/atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico |
| Localização: | Canela/RS |

Quadro 3. Identificação do contrato.

| | |
|--|--|
| Processo administrativo: | 2.004/2021 |
| Chamamento Público – Credenciamento | Credenciamento nº 01/2021 do Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – Pró Sinos |
| Objeto: | Revisão/Atualização do Plano Municipal de Saneamento Básico – PLAMSB do município de Canela/RS. |
| Contrato: | 086/2023 |
| Ordem de início: | 26/07/2023 |

1.2.1 Contratada

Quadro 4. Identificação da empresa contratada.

| | |
|-----------------------------|--|
| Nome/ razão social: | Garden Consultoria Projetos e Gestão Ltda. |
| Nome fantasia: | Garden Projetos |
| CNPJ: | 07.351.538/0001-90 |
| Endereço: | Av. Perimetral Bruno Segalla, nº 8954, Sala 703, Edifício Povegliano Corporate - Bairro Floresta - Caxias do Sul/RS - CEP: 95099-522 |
| Telefone: | (54) 3027-6956 |
| Representante legal: | Elton Leonardo Boldo (CPF nº 003.185.510-55) |
| Registro CRBio: | 000859-03/2015 |
| Registro CREA: | RS140992 |
| Registro IBAMA: | CTF 1960748 |
| Endereço eletrônico: | www.garden.eng.br |



Contratante

Prefeito Municipal

Constantino Orsolin

**Secretário do Meio Ambiente e Fiscal
Administrativo**

Leandro Pereira Heidtmann

Fiscal Técnico

Cristiano Kern Hickel

Gestor do Contrato

William Leonardo Bohorquez Hurtado

Equipe Executora

Anderson Duarte Machado

Cibelle Machado Carvalho

Elias Bianchi

Elton Leonardo Boldo

Fernando Rodrigues Da Luz

Gabriel Pitágoras Tolla Nunes Pinheiro

Gabriel Ribeiro Pozzebon

Guilherme Grazziotin Ruffato

Guilherme Silveira Cardoso

Guilherme Zenato Lazzari

Ivana Rech Boldo

Kélven Matheus Ritzel Barboza

Leonardo Crippa Sbabo

Marla Griebler

Mateus de Oliveira

Marcos Grizzon

Stefano Ballardin

Priscila Cristina Manera Marchett

Vinícius Triches

Rafaela Mondadori

| Comitê Executivo de acordo com a Portaria 1124/2023 | | |
|--|-------------------------------------|--|
| Nome | Suplente | Órgão |
| Leandro Pereira | Fernando Giorgi Muhler | Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Mobilidade Urbana |
| David da Silva | Marianita Aguiar | Secretaria Municipal da Fazenda e Desenvolvimento Econômico |
| Marcelo Savi | Felipe de Oliveira | Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Agricultura |
| Alexandre dos Santos | João Port da Silveira | Secretaria Municipal de Assistência, Desenvolvimento Social, Cidadania e Habitação. |
| Roberto de Oliveira | Fabiane Tramontin | Secretaria Municipal e Educação, Esportes e Lazer. |
| Ruth Rutzen | Rúbia da Silva | Secretaria Municipal de Governança Planejamento e Gestão |
| Luiz Antônio Macedo | Guilherme de Souza dos Santo | Secretaria Municipal da Saúde |

Os membros integrantes do Comitê Executivo, responsáveis pela operacionalização do processo de elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico.

| Comitê Coordenador – Portaria 1168/2023 | |
|--|--|
| Nome | Órgão |
| Carlos Canani Ítalo Fagundes Carlos Frozi Luiza Wasen | Conselho Municipal de Meio Ambiente de Canela - COMDEMA |
| Emília Guedes e José Pinto | Câmara de Vereadores |
| Moisés de Souza Gilmar Alves Ferreira | Secretaria Municipal de Turismo e Cultura |
| Patrícia Pletsch Fernando dos Santos | Conselho Municipal do Plano Diretor |
| Marcos Zimmermann Ricardo Mentz | ACIC |

Membros integrantes do Comitê de Coordenação são responsáveis pela orientação, assessoramento ao poder executivo, coordenação e acompanhamento da revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico.



APRESENTAÇÃO

O presente produto faz parte do Contrato nº 086/2023, do chamamento público – credenciamento nº 1/2021, com autorização do Processo Administrativo nº 2.004/2021, entre o Consórcio Público de Saneamento Básico – Pró-Sinos e a empresa Garden Consultoria Projetos e Gestão Ltda, sob o CNPJ 07.351.538/0001-90, com endereçamento na Av. Perimetral Bruno Segalla, nº 8954, Sala 703, Edifício Povegliano Corporate - Bairro Floresta - Caxias do Sul/RS - CEP: 95099-522.

O propósito deste documento consiste na revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico em conformidade com o termo de referência estipulado pela Prefeitura Municipal de Canela e pela FUNASA (2020). O presente documento delinea o diagnóstico abrangente sobre as questões relacionadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário do município de Canela/RS.



SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. IDENTIFICAÇÕES..... | 2 |
| 1.1 Contratante..... | 2 |
| 1.2 Empreendimento | 2 |
| 1.2.1 Contratada | 2 |
| 2. SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 23 |
| 2.1 Descrição geral do serviço de abastecimento de água existente no município | 23 |
| 2.1.1 Estrutura geral do serviço de abastecimento de água: infraestrutura, tecnologia e operação. | 23 |
| 2.1.1.1 Captação e Adução..... | 24 |
| 2.1.1.2 Estação de tratamento de Água – ETA I..... | 25 |
| 2.1.1.3 Lodo da ETA I | 29 |
| 2.1.1.4 Estação de tratamento de água (ETA II) | 31 |
| 2.1.1.5 Lodo da ETA II | 34 |
| 2.1.1.6 Captação subterrânea..... | 36 |
| 2.1.1.7 Reservatórios | 37 |
| 2.1.2 Rede de distribuição, ligações prediais, consumo, paralisações e perdas de distribuição | 40 |
| 2.1.3 Soluções Coletivas de Abastecimento de Água..... | 41 |
| 2.1.3.1 SAC – Bugres e Rancho Grande | 41 |
| 2.1.3.2 SAC – São João..... | 42 |
| 2.1.4 Considerações do Comitê Executivo, Coordenador e CONDEMA sobre abastecimento de água no município de Canela..... | 43 |
| 2.1.4.1 Audiência Pública..... | 44 |
| 2.1.5 Levantamento das outorgas e cadastros de poços artesianos no município de Canela..... | 45 |
| 2.1.6 Consumo, disponibilidade e demanda no abastecimento de água | 50 |
| 2.1.7 Levantamento dos recursos hídricos do município, possibilitando a identificação de mananciais para abastecimento futuro. | 51 |
| 2.1.8 Levantamento da população atingida com falta de água..... | 53 |



| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.1.9 | Informações sobre a qualidade da água bruta e do produto final do serviço de abastecimento de água no município | 54 |
| 2.1.10 | Identificação e análise das principais deficiências do serviço de abastecimento de água | 55 |
| 2.1.11 | Análise crítica dos planos diretores de abastecimento de água da área de planejamento, quando houver | 56 |
| 2.1.12 | Usos da Água | 57 |
| 2.1.13 | Identificação e análise da situação econômico-financeira do serviço de abastecimento de água | 58 |
| 2.1.13.1 | Tarifação..... | 59 |
| 2.1.14 | Caracterização da prestação dos serviços segundo indicadores | 61 |
| 3. | SERVIÇO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO | 67 |
| 3.1 | Descrição geral do serviço de esgotamento sanitário existente no município.. | 67 |
| 3.1.1 | Estrutura do serviço de esgotamento sanitário | 68 |
| 3.1.1.1 | Estação de Tratamento de Esgoto – Vila Miná | 70 |
| 3.1.1.2 | Estação de Tratamento de Esgoto – Aracy Corrêa | 71 |
| 3.1.1.3 | Estação de Tratamento de Esgoto – Renascer..... | 73 |
| 3.1.1.4 | Estação de Tratamento de Esgoto Chacrão I..... | 74 |
| 3.1.1.5 | Estações de Tratamento Chacrão II..... | 75 |
| 3.1.1.6 | Estação de Tratamento São Luiz | 76 |
| 3.1.1.7 | Estação de tratamento de esgoto do Lago..... | 77 |
| 3.1.1.8 | Estação de tratamento de esgoto Santa Marta | 78 |
| 3.1.1.9 | Estação de tratamento de esgoto Reserva da Serra..... | 79 |
| 3.1.1.10 | Estação de tratamento de Esgoto Santa Terezinha | 82 |
| 3.1.2 | Identificação e análise das principais deficiências referentes ao sistema de esgotamento sanitário | 94 |
| 3.1.3 | Indicação das áreas de risco de contaminação | 95 |
| 3.1.4 | Identificação de principais fundos de vale, corpos d'água receptores e possíveis áreas para locação de ETE | 97 |



| | | |
|---------|--|-----|
| 3.1.5 | Identificação e análise da situação econômico-financeira do serviço de esgotamento sanitário | 101 |
| 3.1.6 | Caracterização da prestação dos serviços segundo indicadores | 101 |
| 3.2 | Levantamento e avaliação das tecnologias existentes para o tratamento e reuso das águas residuais, passíveis de implementação no município | 103 |
| 3.2.1.1 | Levantamento do tipo de tratamento e destino do esgotamento sanitário..... | 114 |
| 3.2.1.2 | Reuso | 117 |
| 3.3 | Ensaio de infiltração com ênfase em esgotamento sanitário | 118 |
| 3.3.1 | Resultados dos testes de infiltração | 122 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 01 – Bairro Saiqui..... | 122 |
| 3.3.1.2 | Ensaio 02 – Bairro Caçador | 123 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 03 – Bairro Jardim das Fontes | 125 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 04 – Bairro São Lucas | 126 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 05 – Bairro Ulisses de Abreu | 127 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 06 – Bairro Laje da Pedra..... | 128 |
| 3.3.1.2 | Ensaio 07 - Bairro Alpes Verdes | 129 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 08 – Bairro Eugênio Ferreira | 130 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 09 - Chapadão..... | 131 |
| 3.3.1.1 | Ensaio 10 – Banhado Grande | 132 |
| 3.3.2 | Solos..... | 133 |
| 3.3.2.1 | Saiqui | 133 |
| 3.3.2.2 | Caçador..... | 136 |
| 3.3.2.3 | Jardim das Fontes..... | 138 |
| 3.3.2.4 | São Lucas | 140 |
| 3.3.2.5 | Ulisses de Abreu | 142 |
| 3.3.2.6 | Laje de Pedra | 144 |
| 3.3.2.7 | Alpes Verdes..... | 146 |



| | | |
|------------|--|------------|
| 3.3.2.8 | Eugênio Ferreira..... | 148 |
| 3.3.2.9 | Chapadão..... | 150 |
| 3.3.2.10 | Banhado Grande | 150 |
| 3.3.2.11 | Conclusões do estudo | 151 |
| 3.4 | ASPECTOS QUANTITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS: MICROBACIAS URBANAS | 153 |
| 3.5 | Metodologia..... | 153 |
| 3.5.1 | Fisiografia das microbacias..... | 155 |
| 3.5.2 | Regionalização de vazões | 158 |
| 3.5.3 | Amostragem de vazões | 159 |
| 3.5.4 | Séries utilizadas e representatividade | 162 |
| 3.5.5 | Incertezas do modelo..... | 163 |
| 3.6 | Microbacia – 01 | 163 |
| 3.6.1 | Quadro-resumo..... | 163 |
| 3.6.2 | Localização | 163 |
| 3.6.3 | Medição das vazões | 166 |
| 3.6.4 | Aplicação do método – Regionalização..... | 166 |
| 3.7 | Microbacia – 02 | 167 |
| 3.7.1 | Quadro-resumo..... | 167 |
| 3.7.2 | Localização | 167 |
| 3.7.3 | Medição das vazões | 169 |
| 3.7.4 | Aplicação do método – Regionalização..... | 170 |
| 3.8 | Microbacia – 03 | 171 |
| 3.8.1 | Quadro-resumo..... | 171 |
| 3.8.2 | Localização | 171 |
| 3.8.3 | Medição das vazões | 174 |
| 3.8.4 | Aplicação do método – Regionalização..... | 174 |
| 3.9 | Microbacia – 04 | 175 |
| 3.9.1 | Quadro-resumo..... | 175 |
| 3.9.2 | Localização | 175 |
| 3.9.3 | Medição das vazões | 177 |
| 3.9.3.1 | Aplicação do método – Regionalização | 178 |



| | | |
|----------|--|-----|
| 3.10 | Microbacia – 05 | 179 |
| 3.10.1 | Quadro-resumo | 179 |
| 3.10.2 | Localização | 179 |
| 3.10.3 | Medição das vazões | 181 |
| 3.10.4 | Aplicação do método – Regionalização | 182 |
| 3.11 | Microbacia – 06 | 182 |
| 3.11.1 | Quadro-resumo | 182 |
| 3.11.2 | Localização | 183 |
| 3.11.3 | Medição das vazões | 186 |
| 3.11.4 | Aplicação do método – Regionalização | 186 |
| 3.12 | Microbacia – 07 | 187 |
| 3.12.1 | Quadro-resumo | 187 |
| 3.12.2 | Localização | 187 |
| 3.12.3 | Medição das vazões | 189 |
| 3.12.4 | Aplicação do método – Regionalização | 190 |
| 3.13 | Microbacia – 08 | 191 |
| 3.13.1 | Quadro-resumo | 191 |
| 3.13.2 | Localização | 191 |
| 3.13.2.1 | Medição das vazões | 193 |
| 3.13.2.2 | Aplicação do método – Regionalização | 193 |
| 3.14 | Microbacia – 09 | 194 |
| 3.14.1 | Quadro-resumo | 194 |
| 3.14.2 | Localização | 194 |
| 3.14.2.1 | Medição das vazões | 198 |
| 3.14.2.2 | Aplicação do método – Regionalização | 198 |
| 3.15 | Microbacia – 10 | 199 |
| 3.15.1 | Quadro-resumo | 199 |
| 3.15.2 | Localização | 199 |
| 3.15.3 | Medição das vazões | 203 |
| 3.15.3.1 | Aplicação do método – Regionalização | 203 |



| | |
|--|------------|
| 3.16 ESTUDOS DE VIABILIDADE AMBIENTAL, COM ESTIMATIVA DE CAPACIDADE DE ATENDIMENTO E PADRÃO DE QUALIDADE NECESSÁRIO EM FUNÇÃO DO CORPO RECEPTOR..... | 204 |
| 3.16.1 Vazão de Referência e Enquadramento | 205 |
| 3.16.2 Considerações do Comitê Executivo, Coordenador e CONDEMA sobre esgotamento sanitário no município de Canela..... | 208 |
| 4. REFERÊNCIA..... | 210 |
| 5. ANEXOS..... | 216 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ponto de captação de água brut | 24 |
| Figura 2. Rio Santa Cruz próximo a captação..... | 24 |
| Figura 3. Foto aérea da EBAB..... | 25 |
| Figura 4. Adutoras..... | 25 |
| Figura 5. ETA I - Centro de Canela..... | 25 |
| Figura 6. ETA I - Vista aérea..... | 25 |
| Figura 7. Calha Parshall..... | 26 |
| Figura 8. Aplicação de sulfato de alumínio..... | 26 |
| Figura 9. Floculador..... | 26 |
| Figura 10. Floculador..... | 26 |
| Figura 11. Decantador modular..... | 27 |
| Figura 12. Decantador circular..... | 27 |
| Figura 13. Filtros menores..... | 28 |
| Figura 14. Filtros maiores..... | 28 |
| Figura 15. Cilindros de cloro gás..... | 28 |
| Figura 16. Laboratório..... | 28 |
| Figura 17. Entorno do ponto de lançamento..... | 29 |
| Figura 18. Corpo hídrico receptor do lodo no | 29 |
| Figura 19. Vista aérea da ETA I..... | 30 |
| Figura 20. Placa indicando a licença ambiental da ETA..... | 31 |
| Figura 21. Calha Parshall..... | 32 |
| Figura 22. Entrada da água de reuso..... | 32 |
| Figura 23. Floculador..... | 32 |
| Figura 24. Floculador..... | 32 |
| Figura 25. Decantador primário..... | 33 |
| Figura 26. Decantador secundário..... | 33 |
| Figura 27. Filtros..... | 33 |
| Figura 28. Filtros..... | 33 |
| Figura 29. Cilindros de cloro gás..... | 34 |
| Figura 30. Recipiente de ácido fluossilícico..... | 34 |
| Figura 31. Leito prévio de lodo..... | 34 |



| | |
|--|----|
| Figura 32. Caçamba estacionária..... | 34 |
| Figura 33. Vista aérea da ETA II. | 35 |
| Figura 34. Estrutura do poço Jardim das Fontes..... | 36 |
| Figura 35. Poço Jardim das Fontes..... | 36 |
| Figura 36. Reservatório R04..... | 38 |
| Figura 37. Reservatório R05..... | 38 |
| Figura 38. Mapa do sistema de Abastecimento de Água - SAA Canela..... | 39 |
| Figura 39. Poço da SAC Bugres/Rancho Grande. | 42 |
| Figura 40. Reservatório da SAC Bugres/Rancho Grande. | 42 |
| Figura 41. Local do poço da SAC São João..... | 43 |
| Figura 42. Reservatório da SAC São João..... | 43 |
| Figura 43. Nuvens de palavras..... | 45 |
| Figura 44. Localização dos poços cadastrados ou com outorga. | 49 |
| Figura 45. Fluxograma do Abastecimento de Água de Canela. | 51 |
| Figura 46. Levantamento dos recursos hídricos superficiais. | 52 |
| Figura 47. Volume de água produzido X Volume exportado. | 64 |
| Figura 48. Consumo de água per capita. | 64 |
| Figura 49. Percentual de perdas na distribuição. | 65 |
| Figura 50. Mapa de cobertura do Sistema de Esgotamento Sanitário no município de Canela/RS. | 69 |
| Figura 51. Vista aérea da ETE - Vila Miná..... | 70 |
| Figura 52. ETA na Vila Miná - Desativada pelo Ministério Público. | 70 |
| Figura 53. Vista aérea da ETA na Vila Miná - Desativada pelo Ministério Público. | 70 |
| Figura 54. ETE Aracy Corrêa. | 72 |
| Figura 55. Licença do SES da ETE Aracy Corrêa. | 72 |
| Figura 56. Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Aracy Corrêa..... | 72 |
| Figura 57. ETE Renascer. | 73 |
| Figura 58. SES - Renascer..... | 73 |
| Figura 59. Vista aérea da ETE Renascer. | 73 |
| Figura 60. Placa da Licença Operação da ETE Chacrão I. | 74 |
| Figura 61. Estação de Tratamento de Esgoto Chacrão I..... | 74 |
| Figura 62. ETE - Fossa Filtro..... | 75 |
| Figura 63. Estrutura que iria se integrar a ETE Renascer. | 75 |



| | |
|---|----|
| Figura 64. Placa da Licença ETE Chacrão II..... | 76 |
| Figura 65. ETA Chacrão II..... | 76 |
| Figura 66. Placa da Licença ETE São Luiz. | 76 |
| Figura 67. ETE Fossa Filtro..... | 76 |
| Figura 68. Área entorno da ETE São Luiz..... | 77 |
| Figura 69. Ao redor da ETE São Luiz..... | 77 |
| Figura 70. ETE do Lago..... | 77 |
| Figura 71. Vista aérea da ETE do Lago. | 77 |
| Figura 72. Vista de cima da ETE da Lagoa. | 78 |
| Figura 73. Saída decantador para desinfecção na ETE Santa Marta..... | 78 |
| Figura 74. Reatores biológicos na ETE Santa Marta..... | 78 |
| Figura 75. Placa da Licença ETE Reserva da Serra – Licença vencida..... | 80 |
| Figura 76. Entrada da ETE..... | 80 |
| Figura 77. ETE Reserva da Serra. | 80 |
| Figura 78. Leitões de secagem. | 80 |
| Figura 79. Vista aérea e Croqui da ETE - Reserva da Serra..... | 82 |
| Figura 80. ETE - Santa Terezinha..... | 83 |
| Figura 81. Licença Operação da ETE Santa Terezinha. | 84 |
| Figura 82. Entrada do esgoto bruto..... | 85 |
| Figura 83. Gradeamento..... | 85 |
| Figura 84. Gradeamento..... | 85 |
| Figura 85. Caixa de Areia..... | 85 |
| Figura 86. Medidor de Vazão Ultrassônico..... | 86 |
| Figura 87. Floculador..... | 86 |
| Figura 88. Flotador Mecânico..... | 86 |
| Figura 89. Flotador Mecânico..... | 86 |
| Figura 90. Flotador de ar dissolvido. | 86 |
| Figura 91. Efluente Pré- Tratado. | 86 |
| Figura 92. Tanque anóxico - Removedor de DBO e Nitrogênio. | 87 |
| Figura 93. Reator biológico de leito móvel (MBBR)..... | 87 |
| Figura 94. Filtro Biológico – Percolador aerado..... | 88 |
| Figura 95. Filtro..... | 88 |
| Figura 96. Tratamento Terciário. | 89 |

| | |
|--|-----|
| Figura 97. Flotador..... | 89 |
| Figura 98. Efluente do tratamento terciário..... | 89 |
| Figura 99. Ultravioleta..... | 89 |
| Figura 100. Biodigestor anaeróbico..... | 90 |
| Figura 101. Tanque de lodo..... | 90 |
| Figura 102. Centrífuga..... | 91 |
| Figura 103. Lodo..... | 91 |
| Figura 104. Croqui ETE- Santa Terezinha..... | 92 |
| Figura 105. Ponto de lançamento de efluente das ETEs..... | 93 |
| Figura 106. Áreas com risco de contaminação..... | 96 |
| Figura 107. Critérios espacializados..... | 99 |
| Figura 108. Apropriabilidade de áreas para locação de ETE..... | 100 |
| Figura 109. População total atendida com esgotamento sanitário e Quantidade de ligações totais de esgotos..... | 102 |
| Figura 110. Volume de esgoto tratado..... | 103 |
| Figura 111. Exemplo de decantador primário..... | 105 |
| Figura 112. Sistema fossa, filtro e sumidouro..... | 110 |
| Figura 113. Sistemas alagados construídos..... | 111 |
| Figura 114. Biodigestor tipo "chinês"..... | 112 |
| Figura 115. Densidade de habitações por hectare..... | 116 |
| Figura 116. Gráfico de chuva nos dias anteriores à realização dos ensaios..... | 118 |
| Figura 117. Mapa de localização dos ensaios de infiltração..... | 121 |
| Figura 118. Ensaio de infiltração 01..... | 123 |
| Figura 119. Ensaio de infiltração 01..... | 123 |
| Figura 120. Ensaio de infiltração 02..... | 124 |
| Figura 121. Ensaio de infiltração 02..... | 124 |
| Figura 122. Ensaio de infiltração 03..... | 125 |
| Figura 123. Ensaio de infiltração 03..... | 125 |
| Figura 124. Ensaio de infiltração 04..... | 126 |
| Figura 125. Ensaio de infiltração 04..... | 126 |
| Figura 126. Ensaio de infiltração 05..... | 127 |
| Figura 127. Ensaio de infiltração 05..... | 127 |
| Figura 128. Ensaio de infiltração 06..... | 128 |



| | |
|--|-----|
| Figura 129. Ensaio de infiltração 06. | 128 |
| Figura 130. Ensaio de infiltração 07. | 129 |
| Figura 131. Ensaio de infiltração 07. | 129 |
| Figura 132. Ensaio de infiltração 08. | 130 |
| Figura 133. Ensaio de infiltração 08. | 130 |
| Figura 134. Ensaio de infiltração 09. | 131 |
| Figura 135. Ensaio de infiltração 09. | 131 |
| Figura 136. Ensaio de infiltração 10. | 132 |
| Figura 137. Ensaio de infiltração 10. | 132 |
| Figura 138. Mapa do bairro Saiqui. | 135 |
| Figura 139. Mapa do bairro Caçador. | 137 |
| Figura 140. Mapa do bairro Jardim das Fontes. | 139 |
| Figura 141. Mapa do bairro São Lucas. | 141 |
| Figura 142. Mapa do bairro Ulisses de Abreu. | 143 |
| Figura 143. Mapa do bairro Laje de Pedra. | 145 |
| Figura 144. Mapa do bairro Alpes Verdes. | 147 |
| Figura 145. Mapa do bairro Eugênio Ferreira. | 149 |
| Figura 146. Mapa de viabilidade de instalação do sistema de tratamento individual. . | 152 |
| Figura 147. Microbacias na área urbana de Canela. | 154 |
| Figura 148. Curva de permanência das vazões na estação Nova Palmira. | 162 |
| Figura 149. Mapa de localização da Microbacia 01. | 164 |
| Figura 150. Arroio no exutório da Microbacia 01. | 165 |
| Figura 151. Arroio a montante do ponto de medição. | 165 |
| Figura 152. Arroio a jusante do ponto de medição. | 165 |
| Figura 153. Seção instalada para medição de vazão no Exutório 01. | 166 |
| Figura 154. Medição da vazão no Exutório 01. | 166 |
| Figura 155. Mapa de localização da Microbacia 02. | 168 |
| Figura 156. Arroio no exutório da Microbacia 02. | 169 |
| Figura 157. Arroio a montante do ponto de medição. | 169 |
| Figura 158. Arroio a jusante do ponto de medição. | 169 |
| Figura 159. Seção instalada para medição de vazão no Exutório 02. | 170 |
| Figura 160. Medição da vazão no Exutório 02. | 170 |
| Figura 161. Mapa de localização da Microbacia 03. | 172 |



| | |
|--|-----|
| Figura 162. Arroio no exutório da Microbacia 03. | 173 |
| Figura 163. Arroio a montante do ponto de medição. | 173 |
| Figura 164. Arroio a jusante do ponto de medição. | 173 |
| Figura 165. Seção instalada para medição de vazão no Exutório 03. | 174 |
| Figura 166. Execução da medição no Exutório 03. | 174 |
| Figura 167. Mapa de localização da Microbacia 04. | 176 |
| Figura 168. Arroio principal da Microbacia 04. | 177 |
| Figura 169. Arroio a montante do ponto de medição. | 177 |
| Figura 170. Arroio a jusante do ponto de medição. | 177 |
| Figura 171. Seção instalada para medição de vazão. | 178 |
| Figura 172. Execução da medição. | 178 |
| Figura 173. Mapa de localização da Microbacia 05. | 180 |
| Figura 174. Trecho a jusante do ponto de medição. | 181 |
| Figura 175. Trecho a montante do ponto de medição. | 181 |
| Figura 176. Seção instalada para medição de vazão. | 181 |
| Figura 177. Execução da medição. | 181 |
| Figura 178. Mapa de localização da Microbacia 06. | 184 |
| Figura 179. Arroio principal da Microbacia 06. | 185 |
| Figura 180. Arroio a montante do ponto de medição. | 185 |
| Figura 181. Arroio a jusante do ponto de medição. | 185 |
| Figura 182. Seção instalada para medição de vazão. | 186 |
| Figura 183. Execução da medição. | 186 |
| Figura 184. Mapa de localização da Microbacia 07. | 188 |
| Figura 185. Arroio principal da Microbacia 06. | 189 |
| Figura 186. Arroio a montante do ponto de medição. | 189 |
| Figura 187. Arroio a jusante do ponto de medição. | 189 |
| Figura 188. Seção instalada para medição de vazão. | 190 |
| Figura 189. Execução da medição. | 190 |
| Figura 190. Mapa de localização da Microbacia 08. | 192 |
| Figura 191. Arroio principal da Microbacia 08. | 192 |
| Figura 192. Arroio principal da Microbacia 08. | 192 |
| Figura 193. Local da seção para medição de vazão. | 193 |
| Figura 194. Execução da medição. | 193 |



| | |
|---|-----|
| Figura 195. Mapa de localização da Microbacia 09..... | 196 |
| Figura 196. Arroio principal da Microbacia 09. | 197 |
| Figura 197. Arroio a montante do ponto de medição..... | 197 |
| Figura 198. Arroio a jusante do ponto de medição. | 197 |
| Figura 199. Local da seção para medição de vazão. | 198 |
| Figura 200. Execução da medição. | 198 |
| Figura 201. Mapa de localização da Microbacia 10..... | 201 |
| Figura 202. Arroio principal da Microbacia 10. | 202 |
| Figura 203. Arroio a montante do ponto de medição..... | 202 |
| Figura 204. Arroio a jusante do ponto de medição. | 202 |
| Figura 205. Local da seção para medição de vazão. | 203 |
| Figura 206. Execução da medição. | 203 |
| Figura 207. Nuvens de Palavras para esgotamento sanitário. | 209 |
| Figura 208. Mobilização social com os Comitês..... | 209 |



LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1. Características da rede de distribuição..... | 40 |
| Tabela 2. Parâmetros da qualidade de água de acordo com SNIS (2021). | 54 |
| Tabela 3. Limites das classes e valores de apropriabilidade..... | 98 |
| Tabela 4. Ponto Ensaio 01. | 122 |
| Tabela 5. Ponto Ensaio 02. | 123 |
| Tabela 6. Ponto Ensaio 03. | 125 |
| Tabela 7. Ponto Ensaio 04. | 126 |
| Tabela 8. Ponto Ensaio 05. | 127 |
| Tabela 9. Ponto Ensaio 06. | 128 |
| Tabela 10. Ponto Ensaio 07. | 129 |
| Tabela 11. Ponto Ensaio 08. | 130 |
| Tabela 12. Ponto Ensaio 09. | 131 |
| Tabela 13. Ponto Ensaio 10. | 132 |
| Tabela 14. Cálculo da velocidade média na vertical..... | 160 |
| Tabela 15. Distância recomendada entre as verticais. | 161 |
| Tabela 16. Dado obtido na amostragem de vazão. | 166 |
| Tabela 17. Dados obtidos na regionalização das vazões para a microbacia 01 (L/s). | 166 |
| Tabela 18. Dado obtido na amostragem de vazão. | 170 |
| Tabela 19. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 02 (L/s). | 170 |
| Tabela 20. Dado obtido na amostragem de vazão. | 174 |
| Tabela 21. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 03(L/s). . | 174 |
| Tabela 22. Dado obtido na amostragem de vazão. | 178 |
| Tabela 23. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 04 (L/s). | 178 |
| Tabela 24. Dado obtido na amostragem de vazão. | 182 |
| Tabela 25. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 05 (L/s). | 182 |
| Tabela 26. Dado obtido na amostragem de vazão. | 186 |
| Tabela 27. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 06 (L/s). | 186 |
| Tabela 28. Dado obtido na amostragem de vazão. | 190 |
| Tabela 29. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 07 (L/s). | 190 |
| Tabela 30. Dado obtido na amostragem de vazão. | 193 |
| Tabela 31. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 08 (L/s). | 194 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 32. Dado obtido na amostragem de vazão..... | 198 |
| Tabela 33. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 09 (L/s). 198 | |
| Tabela 34. Dado obtido na amostragem de vazão..... | 203 |
| Tabela 35. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 10 (L/s). 203 | |
| Tabela 39. Padrões de emissão para o efluente tratado..... | 205 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1. Identificação do contratante..... | 2 |
| Quadro 2. Identificação do empreendimento..... | 2 |
| Quadro 3. Identificação do contrato..... | 2 |
| Quadro 4. Identificação da empresa contratada..... | 2 |
| Quadro 5. Dados gerais do poço Jardim das Fontes. | 36 |
| Quadro 6. Reservatórios..... | 37 |
| Quadro 7. Relação de poços cadastrados..... | 46 |
| Quadro 8. Relação de poços com outorga ou indeferimento de outorga. | 48 |
| Quadro 9. Parâmetros e amostras. | 55 |
| Quadro 10. Informações financeiras do serviço de abastecimento de água (2021). | 58 |
| Quadro 11. Tarifação..... | 59 |
| Quadro 12. Serviços..... | 59 |
| Quadro 13. Multas | 60 |
| Quadro 14. Valores para cobrança de indenização de indenização de hidrômetros. | 60 |
| Quadro 15. Preços das ligações de água..... | 61 |
| Quadro 16. Indicadores da prestação de serviço de abastecimento de água. | 61 |
| Quadro 17. Receitas e despesas. | 101 |
| Quadro 18. Indicadores SNIS (2021) | 102 |
| Quadro 19. Vantagens e desvantagens dos lodos ativados..... | 106 |
| Quadro 20. Vantagens e desvantagens do sistema de reator UASB. | 107 |
| Quadro 21. Vantagens e desvantagens dos filtros biológicos. | 108 |
| Quadro 22. Vantagens e desvantagens das lagoas de e estabilização. | 108 |
| Quadro 23. Pontos escolhidos para os ensaios de infiltração. | 119 |



| | |
|---|-----|
| Quadro 24. Resultados dos ensaios de infiltração. | 133 |
| Quadro 25. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Saiqui. | 134 |
| Quadro 26. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Caçador. | 136 |
| Quadro 27. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Jardim das Fontes..... | 138 |
| Quadro 28. Resultados do ensaio de infiltração no bairro São Lucas. | 140 |
| Quadro 29. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Ulisses de Abreu. | 142 |
| Quadro 30. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Laje de Pedra..... | 144 |
| Quadro 31. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Alpes Verdes..... | 146 |
| Quadro 32. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Eugênio Ferreira. | 148 |
| Quadro 33. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Eugênio Ferreira. | 150 |
| Quadro 34. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Eugênio Ferreira. | 151 |
| Quadro 35. Classificação quanto ao fator de forma. | 155 |
| Quadro 36. Classificação quanto ao coeficiente de compacidade. | 156 |
| Quadro 37. Classificação quanto à densidade de drenagem. | 157 |
| Quadro 38. Quadro resumo da estação fluviométrica Nova Palmira..... | 162 |
| Quadro 39. Resumo de informações..... | 163 |
| Quadro 40. Resumo de informações..... | 167 |
| Quadro 41. Resumo de informações..... | 171 |
| Quadro 42. Resumo de informações..... | 175 |
| Quadro 43. Resumo de informações..... | 179 |
| Quadro 44. Resumo de informações..... | 182 |
| Quadro 45. Resumo de informações..... | 187 |
| Quadro 46. Resumo de informações..... | 191 |
| Quadro 47. Resumo de informações..... | 194 |
| Quadro 48. Resumo de informações..... | 199 |
| Quadro 49. Enquadramento das Microbacias Urbanas de Canela..... | 206 |
| Quadro 50. Viabilidade de lançamento de efluente em cada microbacia. | 207 |



ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2. SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico, o abastecimento de água potável é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição. Neste capítulo será apresentado o resultado do diagnóstico relativo aos serviços de fornecimento de água do município de Canela, acompanhado de uma análise, quando pertinente, da situação em que se encontram os aspectos relacionados ao sistema em questão.

2.1 Descrição geral do serviço de abastecimento de água existente no município

O município de Canela estruturou a gestão dos serviços públicos de abastecimento de água potável mediante sua concessão à Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, celebrando em 28/12/2004 Contrato de Concessão de Serviços de Água e Esgoto, com prazo de vigência de 25 anos. Em 2024 assinou o aditivo de contrato com a Corsan de acordo com o novo marco de saneamento Lei 14026/2020.

De acordo com esse contrato, a CORSAN tem a responsabilidade de prestar serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na área urbana e adjacente, incluindo a captação, tratamento e distribuição de água potável, bem como a coleta, tratamento e destino final de esgoto. Além disso, é responsável pelo faturamento, cobrança e arrecadação dos serviços, atendimento ao público e controle de qualidade, sempre levando em consideração os princípios sociais, ambientais, técnicos e econômicos e a Política Estadual de Saneamento.

Atualmente a responsabilidade de fiscalização das prestações de serviço nas áreas de abastecimento de água e esgotamento sanitário é da AGESAN-RS (Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento do Rio Grande do Sul).

2.1.1 Estrutura geral do serviço de abastecimento de água: infraestrutura, tecnologia e operação.

A CORSAN fornece água para a cidade de Canela por meio de um sistema de abastecimento de água (SAA) integrado com a cidade de Gramado, que atende, segundo SNIS (2021), 41.976 habitantes na cidade de Canela (SNIS, 2022). Porém segundo o IBGE

essa porcentagem é de 94,20% para a rede geral de distribuição e 2,96% para poços profundo ou artesiano, totalizando um total de 46.107 habitantes utilizando a rede geral de distribuição de água.

O SAA de Canela contempla a captação direta, a adução de água bruta, duas estações de tratamento de água (ETA I e ETA II), bombeamento de água tratada, 14 reservatórios e as redes de distribuição.

2.1.1.1 Captação e Adução

A água que abastece de forma majoritária o município de Canela é captada em manancial superficial (Rio Santa Cruz), em uma localidade conhecida como Poço da Faca que se situa fora dos limites territoriais de Canela (coordenadas: -29,30444450 e -50,72666670) pertencendo ao município de São Francisco de Paula. Neste ponto, a captação ocorre diretamente nas margens do rio, sem a presença de barragem (Figura 1) e o manancial encontra-se sem sinais aparentes de eutrofização (Figura 2). A vazão de captação outorgada é de 0,6 m³/s num regime de bombeamento de 24 h/dia e 7 dias/semana (Outorga de Direito n° 000.181/2019), tendo validade até 16/04/2024¹.

Figura 1. Ponto de captação de água brut



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 2. Rio Santa Cruz próximo a captação.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Para aduzir a água bruta até as ETAs do município são empregados 5 grupos de motobombas (3 para a ETA II e 2 para a ETA I) que ficam instaladas na casa de bombas da estação de bombeamento de água bruta (EBAB) que pode ser vista na Figura 3. A água bruta é conduzida para as ETAs por duas adutoras de ferro fundido com Diâmetro Nominal

¹ Até abril de 2024, a renovação da outorga ainda não havia sido publicada.

(DN) de 300 mm e 400 mm (Figura 4). A adutora que leva a água bruta para a ETA I (300 mm) tem um comprimento de aproximadamente 10.000 m, enquanto que a que aduz água para ETA II (400 mm) tem um comprimento aproximado de 11.250 m.

Figura 3. Foto aérea da EBAB.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 4. Adutoras.

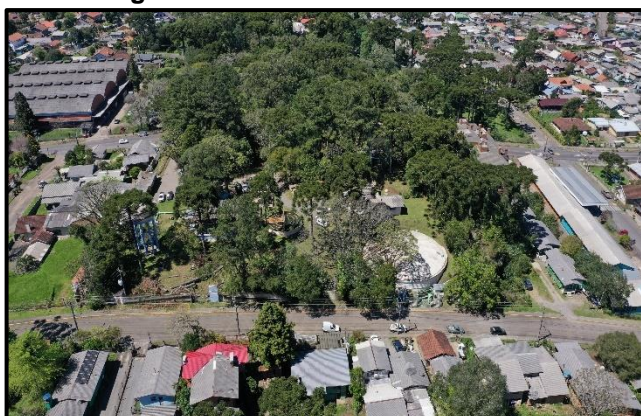


Fonte: Garden Projetos (2024).

2.1.1.2 Estação de tratamento de Água – ETA I

A ETA I fica localizada no endereço Rua João do Simplício, nº 760, Bairro Centro. Foi construída na década de 60 e em 1974 sofreu melhorias, quando foi instalado seu decantador modular. Atualmente, tem capacidade de tratamento de 100 a 110 l/s e opera 24 horas por dia. A água tratada na ETA I é distribuída unicamente para o município de Canela. Nas figuras, a seguir, é possível visualizar a imagem aérea da ETA I.

Figura 5. ETA I - Centro de Canela.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 6. ETA I - Vista aérea.



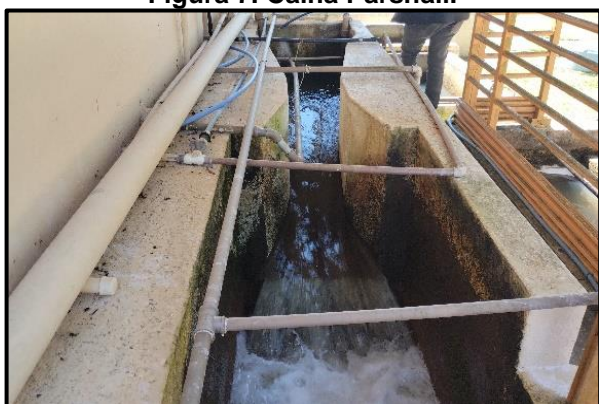
Fonte: Garden Projetos (2024).

Os procedimentos para tratamento de água na ETA I são de natureza físico-química, compreendendo os seguintes processos: (1) mistura rápida (coagulação), (2)

mistura lenta (floculação), (3) decantação, (4) filtração e (5) desinfecção. Essas etapas são realizadas para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.

1) Coagulação: a vazão de entrada da água bruta é quantificada pela Calha Parshall, que também promove a agitação ideal para recebimento de agentes coagulantes. No caso da referida ETA o coagulante utilizado é o Sulfato de alumínio, sendo aplicado nesta etapa para promover a formação de colóides das partículas finas (Figura 7 e Figura 8).

Figura 7. Calha Parshall.



Fonte: Garden Projetos (2023).

Figura 8. Aplicação de sulfato de alumínio.



Fonte: Garden Projetos (2023).

2) Floculação: Na ETA I há dois módulos de floculadores hidráulicos com chicanas (Figura 9). Neste tipo de floculador objetiva-se que a água percorra um caminho com diversas mudanças de direção, provocando uma agitação lenta que irá promover a agregação das partículas formadas na coagulação, possibilitando que estas sejam separadas por processos físicos na etapa seguinte.

Figura 9. Floculador.



Fonte: Garden Projetos (2023)

Figura 10. Floculador.



Fonte: Garden Projetos (2023).

3) Decantação: Após o processo de floculação, a água floculada é direcionada aos de decantadores que na ETA I, são dois: um decantador modular e um circular. O decantador modular (Figura 11) é mais antigo, enquanto que o decantador circular (Figura 12) foi instalado posteriormente.

Nessa etapa, ocorre a separação física das partículas suspensas mais pesadas formadas durante a floculação, conhecidas como flocos. Essas partículas, impulsionadas pela força da gravidade, apresentam um movimento descendente e se depositam no fundo do tanque decantador, formando uma camada sólida chamada de lodo. A decantação das partículas suspensas possibilita a clarificação da água, ao mesmo tempo em que a camada de lodo formada no fundo do decantador precisa ser removida periodicamente. Nesta etapa há a adição de cal para ajuste de pH.

Figura 11. Decantador modular.



Fonte: Garden Projetos (2023).

Figura 12. Decantador circular.



Fonte: Garden Projetos (2023).

4) Filtração: A água que passou pelo processo de decantação é direcionada para os filtros onde a água clarificada atravessa o meio filtrante removendo as partículas menores que não saíram na sedimentação. No caso da ETA I são 4 filtros de dupla camada, dentre estes, há 2 filtros menores (Figura 13) que recebem água do decantador modular e 2 maiores (Figura 14) que recebem água do decantador circular. A lavagem de dois filtros é realizada a cada turno.

Figura 13. Filtros menores.



Fonte: Garden Projetos (2023).

Figura 14. Filtros maiores.



Fonte: Garden Projetos (2023).

5) Desinfecção e fluoretação: A desinfecção visa a eliminação dos agentes patogênicos presentes na água. Na ETA I a água é desinfectada com a utilização de cloro gás (Figura 15), havendo consumo de aproximadamente 25 kg/dia. A água é colocada em contato com o cloro em um tanque que fica alocado no subsolo do laboratório (Figura 16), onde são realizadas as análises físico-químicas. Nesta etapa também ocorre a fluoretação, que conforme regrado pela Portaria 10/99, fica estabelecido a necessidade de um teor de concentração ideal de flúor na água destinada para o abastecimento humano entre uma faixa de 0,6 a 0,9 mg/l para reduzir a incidência de cáries na população.

Figura 15. Cilindros de cloro gás.



Fonte: Garden Projetos (2023).

Figura 16. Laboratório.



Fonte: Garden Projetos (2023).

2.1.1.3 Lodo da ETA I

O descarte de lodo é um ponto crítico da ETA I², visto que é realizado, de forma inadequada em área urbana (Figura 48) no próprio manancial de captação (Figura 49) sem nenhum tipo de tratamento. O local de descarte de lodo é localizado a oeste da ETA, nas coordenadas -29,3594 e -50,8060.

O lodo gerado no processo de potabilização da água em estações de tratamento é enquadrado como resíduo sólido classe II A (não perigoso e não inerte), de acordo com a NBR 10.004/2004. A disposição inadequada deste resíduo pode provocar a degradação do meio ambiente, contaminando o solo e mananciais.

Figura 17. Entorno do ponto de lançamento de lodo.



Fonte: Garden Projetos (2023).

Figura 18. Corpo hídrico receptor do lodo no ponto de lançamento.

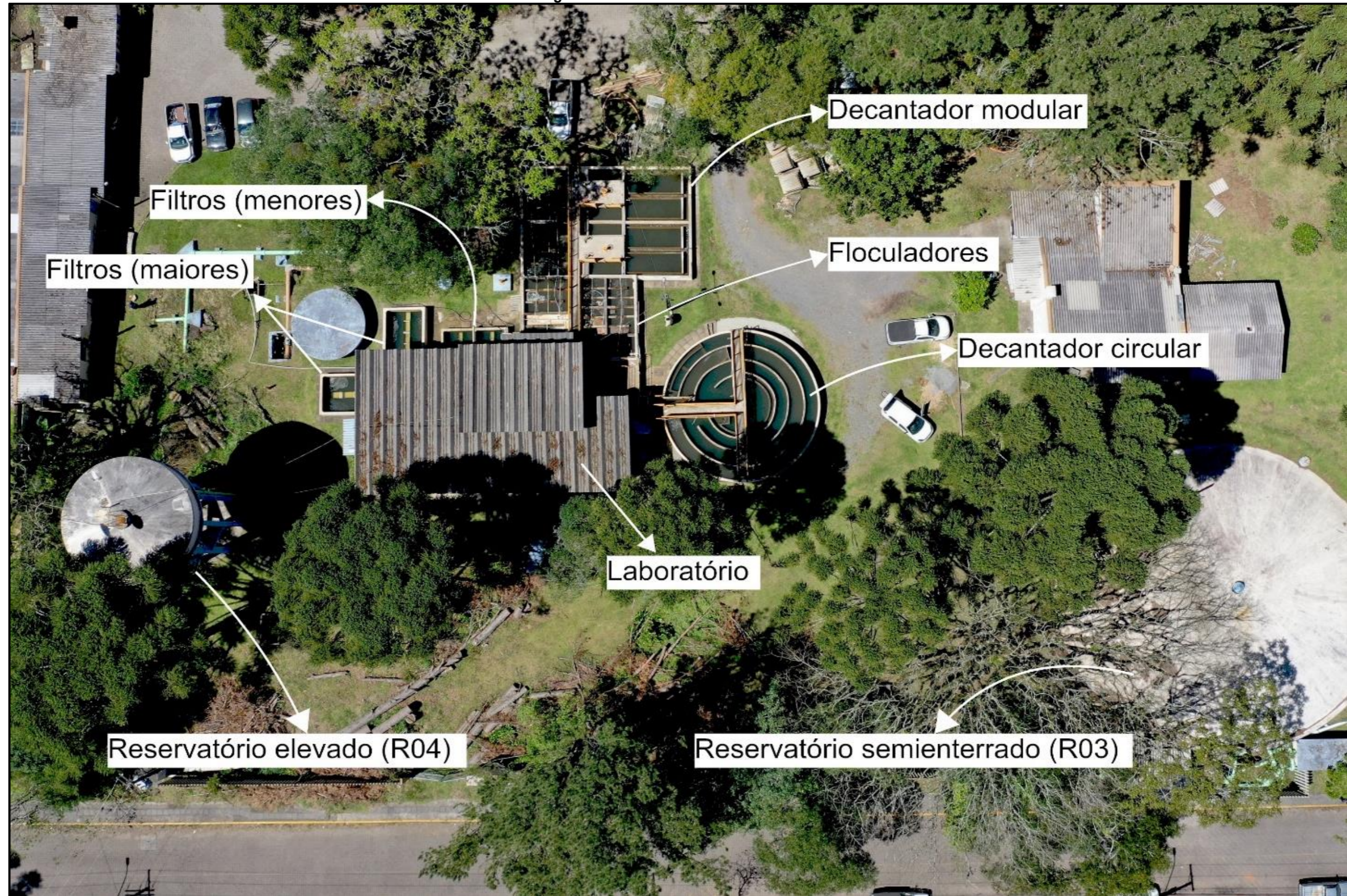


Fonte: Garden Projetos (2023).

A figura a seguir apresenta a vista aérea da Estação de Tratamento de Água (ETA I).

² Compete à prefeitura e a agência reguladora fiscalizar o aprimoramento das atividades de sua responsabilidade, as quais foram concedidas à concessionária.

Figura 19. Vista aérea da ETA I.



Fonte: Garden Projetos (2024)

2.1.1.4 Estação de tratamento de água (ETA II)

A ETA II está localizada na rua Júlio Travi, nº 30, bairro Industrial e frequentemente recebe escolas para atividades de educação ambiental. Possui capacidade de tratamento de 320 a 330 l/s e fornece água para os municípios de Canela e Gramado, havendo separação de vazão para cada município conforme demanda.

Desde o ano de 2019 a ETA II vem sofrendo uma série de melhorias e atualmente encontra-se ainda em expansão, estando em execução a construção de mais dois módulos de tratamento com previsão de conclusão no ano de 2025 que ampliarão a capacidade de tratamento para aproximadamente 600 l/s. Na entrada da ETA há placa indicando o número e a validade da licença de operação em local de fácil visibilidade conforme mostra a Figura 20.

Figura 20. Placa indicando a licença ambiental da ETA.



Fonte: Garden Projetos (2024)

Os procedimentos para tratamento de água na ETA 2 são de natureza físico-química, compreendendo os seguintes processos: (1) mistura rápida (coagulação), (2) mistura lenta (floculação), (3) decantação, (4) filtração e (5) desinfecção. Essas etapas são realizadas para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde e acontecem em dois módulos de tratamento.

A seguir será apresentada as etapas do tratamento de água da ETA II:

- 1) Coagulação:** A vazão de entrada de água bruta na ETA II é medida na Calha Parshall (Figura 21) por meio de um sensor ultrassônico. Além da água bruta advinda da captação, soma-se a vazão de entrada cerca de 20 l/s proveniente da água de reuso

dos tanques de lodo (Figura 22). O coagulante (Sulfato de alumínio) é lançado na Calha Parshall, uma vez que esta promove a agitação ideal.

Figura 21. Calha Parshall.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 22. Entrada da água de reuso.



Fonte: Garden Projetos (2024).

2) Floculação: Após a Calha Parshall a vazão de água bruta é dividida entre os dois módulos de tratamento da ETA II, passando para a floculação. Os floculadores (Figura 23) da ETA II são do tipo hidráulicos com chicanas de fluxo horizontal e vertical.

Figura 23. Floculador



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 24. Floculador.



Fonte: Garden Projetos (2024).

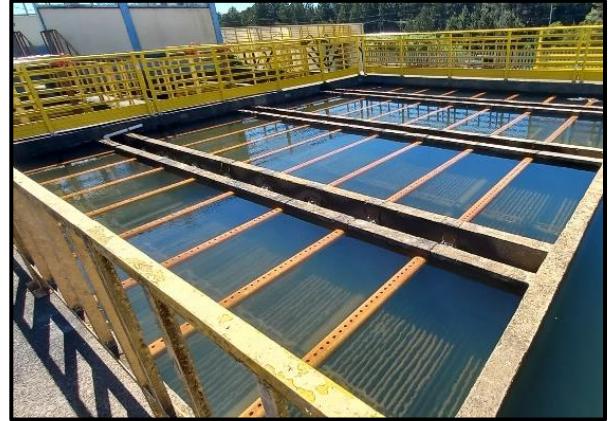
3) Decantação: Na ETA II a água passa por dois arranjos de decantadores, sendo o decantador primário (Figura 25) tradicional, onde há pré-cloração e adição de cal para redução de pH. O segundo decantador (Figura 26) é de fluxo ascendente. Nos decantadores de fluxo ascendente a água entra por baixo da unidade, tendo seu fluxo forçado por entre placas que são fixadas em um ângulo aproximado de 60°, fazendo com que os sólidos se acumulem entre estas placas.

Figura 25. Decantador primário.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 26. Decantador secundário.



Fonte: Garden Projetos (2024).

4) Filtração: Na ETA II são seis unidades de filtros (Figura 27) compostos por areia, brita, antracito e carvão ativado. A cada turno é realizada a limpeza de dois filtros por retro lavagem.

Figura 27. Filtros.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 28. Filtros.



Fonte: Garden Projetos (2024).

5) Desinfecção e fluoretação: Assim como na ETA I, na ETA II utiliza-se o cloro gás (Figura 29) para desinfecção da água tratada, havendo um consumo médio diário de 70 kg. Há 3 tanques de mistura para desinfecção, sendo dois para cada filtro, no subsolo do laboratório (que é responsável pelas análises físico-químicas e microbiológicas). A fluoretação ocorre com a dosagem de ácido fluossilícico (Figura 30).

Figura 29. Cilindros de cloro gás.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 30. Recipiente de ácido fluossilícico.



Fonte: Garden Projetos (2024).

2.1.1.5 Lodo da ETA II

Na ETA II, o lodo proveniente da lavagem dos filtros e dos decantadores é colocado inicialmente em um leito (Figura 31), onde recebe a adição de polímero. A aplicação de polímero é indispensável pois este viabiliza o adensamento e desidratação do lodo, uma vez que um lodo com alto teor de água tem sua disposição limitada ou até mesmo inviabilizada. Na sequência o lodo é direcionado para um depósito onde duas centrífugas, em que apenas uma funciona por vez, realizam a secagem do mesmo. A caçamba estacionária (Figura 32) onde o lodo fica depositado demora de 10 a 15 dias para estar completamente cheia e posteriormente o lodo é destinado para a empresa terceirizada Compostagem Santa Rosa.

Figura 31. Leito prévio de lodo.



Fonte: Garden Projetos (2024).

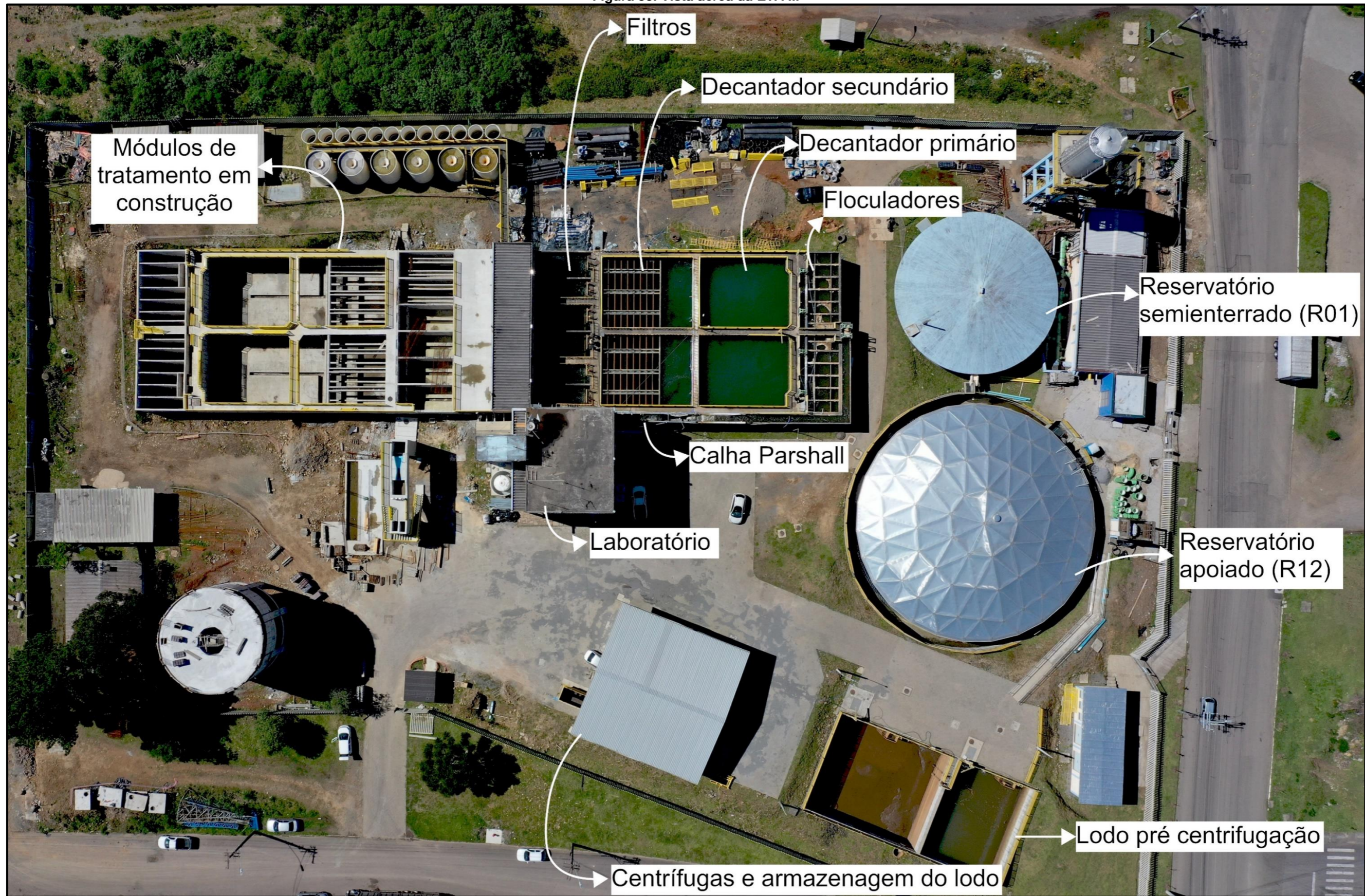
Figura 32. Caçamba estacionária.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Na Figura 33 é possível visualizar a imagem aérea da ETA II com seus principais componentes identificados.

Figura 33. Vista aérea da ETA II.



Fonte: Garden Projetos (2024).

2.1.1.6 Captação subterrânea

Para complementar o suprimento de água da cidade de Canela, também ocorre a captação de água a partir de fontes subterrâneas (aquífero). A CORSAN é proprietária e responsável pela administração do poço tubular JDF-01 (Cadastro de Uso nº 2018/009.001), que fica localizado na rua Silvino Rafael Zanatta, nº 241, Bairro Jardim das Fontes. De acordo com os projetos de redes de água, o poço contribui para o abastecimento nos bairros Jardim das Fontes e Saiqui.

No Quadro 5 são apresentados alguns dos principais dados do poço de acordo com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e Sistema de Outorgas de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT-RS).

Quadro 5. Dados gerais do poço Jardim das Fontes.

| | |
|----------------------------|---|
| Coordenadas: | Latitude: -29,3301 Longitude: -50,7826 |
| Situação: | Bombeando |
| Data de perfuração: | 09/12/1989 |
| Profundidade: | 110 m |
| Diâmetro: | 8" |
| Vazão média: | 12 m ³ /h |
| Nível estático: | 10,98 m |

Fonte: SIAGAS (2023); SIOUT (2023).

A área onde o poço está situado possui cercamento adequado e identificação com logotipo da CORSAN (Figura 34 e Figura 35).

Figura 34. Estrutura do poço Jardim das Fontes.



Fonte: Garden Projetos (2024)

Figura 35. Poço Jardim das Fontes.



Fonte: Garden Projetos (2024)

O tratamento da água do poço Jardim das Fontes é simplificado, onde realiza-se apenas a desinfecção e fluoretação, que são feitas, utilizando respectivamente hipoclorito de sódio e fluossilicato de sódio. São realizadas análises microbiológicas na água tratada semanalmente e na água bruta mensalmente. Ainda, realiza-se análise química na água tratada diariamente.

Segundo a CORSAN, além do poço Jardim das Fontes ainda há dois poços que se encontram com o status fora de operação, em montagem, em projeto ou em análise.

2.1.1.7 Reservatórios

O SAA de Canela possui 14 reservatórios, que juntos, são capazes de acumular 8.890 m³ de água. No Quadro 6 são apresentadas as informações sintetizadas de cada um dos reservatórios e na Figura 36 e Figura 37 é possível visualizar os reservatórios R04 e R05, respectivamente.

Quadro 6. Reservatórios.

| Reservatório | Endereço | Tipo | Volume (m ³) | |
|--------------|----------|---------------------------------|--------------------------|------|
| 1 | R01 | Rua Julio Travi, 30 ETA II | Semi enterrado | 1500 |
| 2 | R12 | Rua Julio Travi, 30 ETA II | Apoiado | 3000 |
| 3 | R02 | Rua Julio Travi, 30 ETA II | Elevado | 250 |
| 4 | R14 | Rua Julio Travi, 30 ETA II | Elevado | 100 |
| 5 | R03 | Rua João Simplicio, 760 ETA I | Semi enterrado | 1500 |
| 6 | R04 | Rua João Simplicio, 760 ETA I | Elevado | 250 |
| 7 | R05 | Rua João Simplicio, 760 ETA I | Elevado | 100 |
| 8 | R08 | Rua das Galhas, 33 | Elevado | 30 |
| 9 | R06 | Rua das Galhas, 33 | Semi enterrado | 1500 |
| 10 | R07 | Rua Rui Barbosa, 620 | Semi enterrado | 500 |
| 11 | R10 | Av. do Parque, 684 L. Pedra | Elevado | 100 |
| 12 | R09 | Adílio Boeira Saiqui | Elevado | 20 |
| 13 | R11 | Cond. Vivendas da Serra | Elevado | 30 |
| 14 | R13 | Rua Oito de Abril, 379 | Apoiado | 10 |

Fonte: Corsan (2023).

Figura 36. Reservatório R04.



Fonte: Garden Projetos (2024).

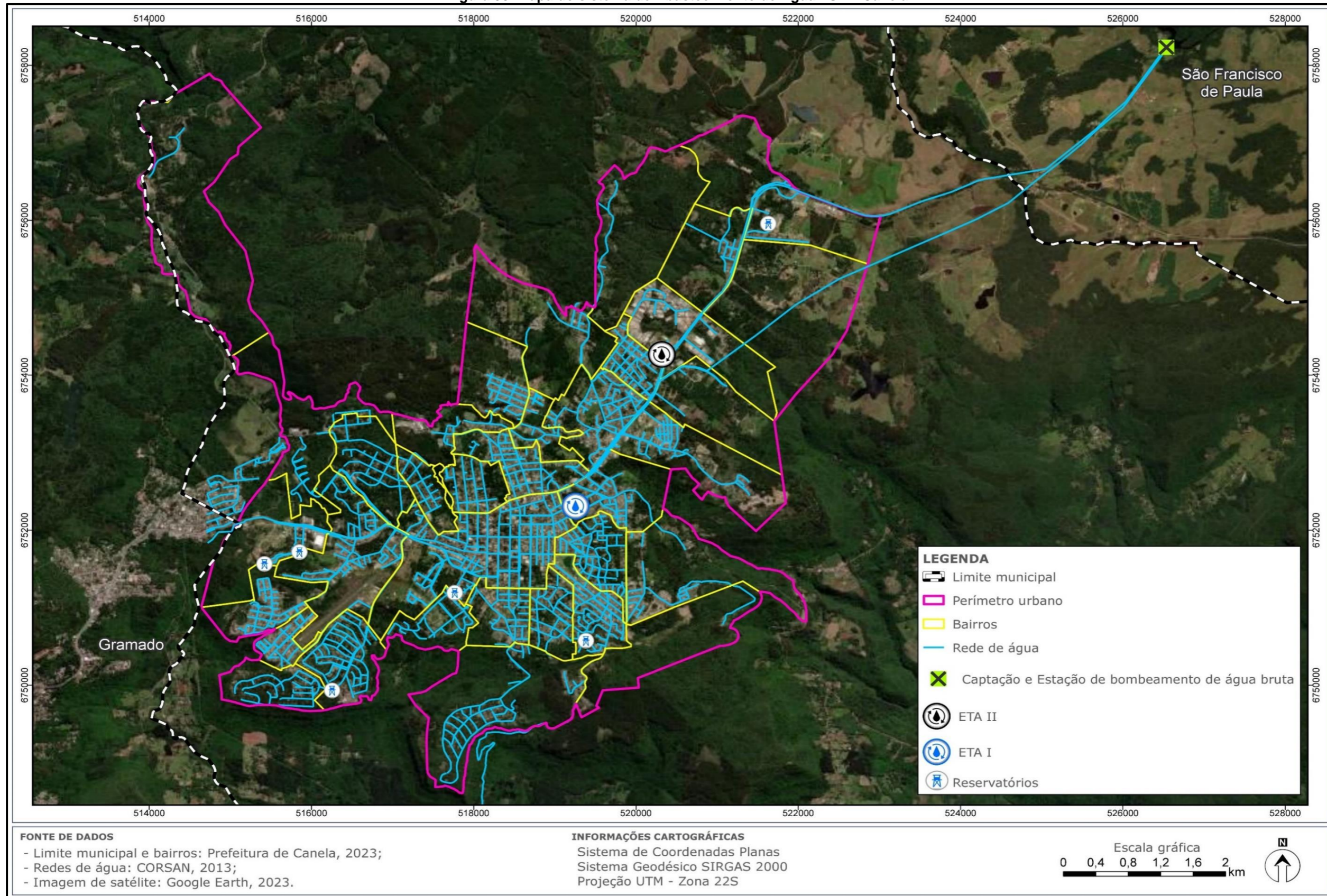
Figura 37. Reservatório R05.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A seguir será apresentado o mapa das redes de água do sistema de abastecimento de água, incluindo a localização das Estações de Tratamento de Água I e II (ETA I e ETA II), bem como dos reservatórios do município.

Figura 38. Mapa do sistema de Abastecimento de Água - SAA Canela.³



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

³ Alguns reservatórios estão localizados no mesmo local.

2.1.2 Rede de distribuição, ligações prediais, consumo, paralisações e perdas de distribuição

No âmbito do abastecimento de água, é crucial levar em conta a infraestrutura de distribuição, as ligações prediais e o consumo per capita. Segundo dados de SNIS (2021), Canela conta com 13.028 ligações ativas de água (todas com hidrômetros) e 22.720 economias ativas. Além disso, o consumo diário médio per capita de água é de 185,6 litros, que, em comparação com a média do estado do Rio Grande do Sul (129,2 litros), é 45% maior.

De acordo com a Corsan, a rede de distribuição de água potável de Canela (no mês de setembro de 2023) conta com uma extensão total de 193.650 m de tubulações com diferentes diâmetros e materiais. A caracterização da rede de distribuição do município de Canela é apresentada na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Características da rede de distribuição.

| Diâmetro (mm) | Material | Extensão (m) |
|---------------|-----------------------|--------------|
| 32 mm | Distribuidor precário | 4.196 |
| 60 mm | FC | 11.432 |
| 75 mm | FC | 3.800 |
| 100 mm | FC | 4.300 |
| 125 mm | FC | 460 |
| 150 mm | FC | 2.800 |
| 200 mm | FC | 3.600 |
| 150 mm | FºFº | 3.800 |
| 40 mm | PVC | 1.344 |
| 50 mm | PVC | 900 |
| 60 mm | PVC | 95.389 |
| 75 mm | PVC | 3.000 |
| 85 mm | PVC | 30.229 |
| 100 mm | PVC | 13.000 |
| 100 mm | PVC DEFOFO | 8.900 |
| 200 mm | PVC DEFOFO | 6.500 |

Fonte: Corsan (2023).

Em questão de paralisações, foram contabilizadas 29 ocasiões no ano de 2021, em que o sistema de abastecimento de água ficou paralisado. Somadas, estas ocorrências representam um total de 220 horas de paralisação. A quantidade total anual,

incluindo repetições, de economias ativas atingidas por paralisações no sistema de distribuição de água foi de 99.483 economias.

O Índice de Perdas na Distribuição indica a porcentagem de perdas de água no sistema de distribuição, seja por vazamentos, falhas no sistema ou outras causas. No município de Canela em 2021, este índice atingiu o valor de 19,56%, fazendo com que Canela tenha uma média abaixo da média estadual (40,6%) neste quesito. Já o Índice de Perdas por Ligação representa a quantidade média de perdas de água por ligação, calculada em litros por dia. Neste índice o valor atingindo foi de 461,35 litros/dia/ligação.

Com base nessas informações, é crucial que a cidade de Canela implemente medidas concretas para gerenciar e diminuir as perdas de água em seu sistema de distribuição. Investir em infraestrutura, realizar manutenção preventiva e adotar tecnologias de monitoramento são ações que podem promover uma administração mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos. Além disso, é fundamental conscientizar a população sobre a importância de utilizar a água de maneira responsável, evitando desperdícios, para alcançar uma distribuição mais eficiente e justa desse recurso tão precioso.

2.1.3 Soluções Coletivas de Abastecimento de Água

A solução alternativa coletiva (SAC) é toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical (BRASIL, 2004).

2.1.3.1 SAC – Bugres e Rancho Grande

A Associação de Gestão Comunitária de Abastecimento e Tratamento de Água Rural de Bugres e Rancho Grande, inscrita sob o CNPJ 51.544.620/0001-2, abastece as comunidades de Bugres, Rancho Grande e Morro Calçado.

A SAC possui um sistema de abastecimento que conta com poço tubular, reservatório e rede de distribuição. A implantação do sistema foi executada pela Prefeitura Municipal de Canela em duas etapas (primeiramente para Linha Bugres e Morro Calçado, e, posteriormente extensão da rede para a Linha Rancho Grande). São abastecidas por este sistema aproximadamente 86 famílias além da Escola Municipal de

Educação Infantil e Ensino Fundamental Zeferino José Lopes, que, ao final de 2018, contava com 44 alunos.

O poço tubular da SAC (Figura 39) está localizado ao lado de um curso hídrico em uma propriedade com devido cercamento, onde há ocorrência de avicultura. O poço não possui outorga ou cadastro de uso de água e não se soube informar a respeito de sua vazão de produção. A associação conta com um Eng. Agrônomo que é responsável pela desinfecção do poço, sendo realizada anualmente.

O reservatório da comunidade (Figura 40) tem uma capacidade de 50 mil litros e encontra-se a uma distância linear de aproximadamente 300 m do poço, havendo uma diferença altimétrica entre ambos de cerca de 58 metros.

Figura 39. Poço da SAC Bugres/Rancho Grande.



Fonte: Garden Projetos (2023).

Figura 40. Reservatório da SAC Bugres/Rancho Grande.



Fonte: Garden Projetos (2023).

2.1.3.2 SAC – São João

Localizada na Linha São João, a SAC atende 44 famílias atualmente. A captação de água se dá em manancial subterrâneo, via poço tubular localizado em uma área às margens da rodovia Arnaldo Oppit, que conta com cercamento e com a passagem de um arroio nas proximidades (Figura 41). O poço não possui outorga ou cadastro de uso de água, porém teve sua vazão indicada como sendo de 7 m³/h. Segundo informado, a desinfecção do poço é realizada anualmente.

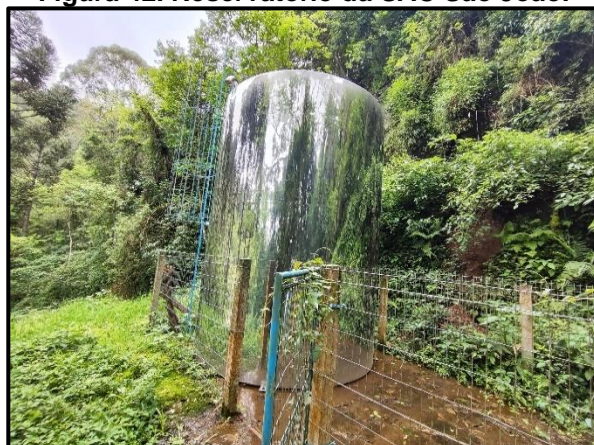
A reservação de água é feita em um reservatório com capacidade de 20 mil litros, que dista aproximadamente 25 metros e tem diferença altimétrica de cerca de 10 m em relação ao poço.

Figura 41. Local do poço da SAC São João.



Fonte: Garden Projetos (2023).

Figura 42. Reservatório da SAC São João.



Fonte: Garden Projetos (2023).

2.1.4 Considerações do Comitê Executivo, Coordenador e CONDEMA sobre abastecimento de água no município de Canela

Uma reunião foi realizada em conformidade com a mobilização social para apresentar o diagnóstico elaborado pela equipe executora ao comitê executivo e coordenador, que são responsáveis por representar a sociedade. Durante essa reunião, foram discutidos diversos problemas relacionados ao abastecimento de água. Foi destacada a escassez de reservatórios e os problemas nas redes de água, que têm impactado 14 bairros do município, resultando em falta d'água. O bairro Alpes Verdes foi identificado como o mais afetado, seguido por Sequoia, Centro, Leodoro Azevedo, Quinta da Serra, Santa Marta, Dante Suzano, Caracol, São Luís, Ulisses de Abreu, São Rafael, São Lucas e Saiqui⁴.

O Conselho Municipal do Meio Ambiente destacou a falta de água na área rural do município, enfatizando que existem projetos para atender aproximadamente 1.600 pessoas dessa região. O Conselho, como órgão deliberativo, encaminhou um ofício à Prefeitura Municipal de Canela solicitando a viabilidade da extensão de 1.500 metros da adutora de abastecimento de água na **linha Caçador**. Já foram realizadas reuniões com os habitantes locais, a Corsan e a prefeitura para discutir esse projeto. A proposta inclui uma extensão da rede de abastecimento de água em 1.500 metros, com um leve declive no trecho inicial e um pequeno aclave em seguida.

⁴ O mapa discutido, intitulado "Rede de Abastecimento de Água e Consumo", está disponível na Prancha 01, em anexo.

Este projeto visa atender à necessidade básica de água potável das famílias da região, melhorando as condições de vida e saúde. Além disso, foi identificada a falta de abastecimento na **comunidade rural do Morro Calçado**. A Associação de Moradores local solicitou ao Ministério Público a viabilidade de abastecimento de água nessa comunidade, propondo a derivação de água da Vila Irma e a instalação de uma caixa d'água de 50.000 litros para distribuição equitativa às residências. A associação dispõe de recursos financeiros provenientes do programa transfelere.gov para viabilizar esse projeto. No Morro do Calçado, apresenta uma demanda urgente por água.

Adicionalmente, em dezembro de 2023, foi feita uma solicitação ao Ministério Público visando avaliar a viabilidade do fornecimento de água na comunidade rural da **Linha São Paulo**. Foi pedido a derivação de água de um poço já existente e a reinstalação de uma rede de distribuição de água para assegurar uma distribuição equitativa às residências. Os benefícios desse projeto são significativos, uma vez que tem como objetivo suprir a necessidade fundamental de água potável para as famílias da região, contribuindo para a melhoria das condições de vida e saúde. Para tanto, é fundamental a realização de estudos de viabilidade e a emissão de parecer técnico sobre a viabilidade do projeto.

Além disso, moradores da linha São Paulo, salientaram que foi proposto para a administração pública do município de Canela, que incluía no aditivo do Contrato da CORSAN a responsabilidade pela gestão do poço artesiano, construção da rede e fornecimento de água para os moradores da localidade da Linha São Paulo.

É fundamental atender essa necessidade, inclusive para pequenos núcleos habitacionais formados em algumas localidades rurais. O CONDEMA, ressalta a importância de construir um termo de referência para o desenvolvimento rural durante a revisão do plano diretor. Além disso, destaca-se que, por questões de equilíbrio biodinâmico, é preferível perfurar um poço com uma vazão para atender às comunidades, em vez de vários pequenos poços que correm o risco de não garantir a segurança hídrica.

2.1.4.1 *Audiência Pública*

Durante a audiência pública para a apresentação do diagnóstico de abastecimento de água, foi empregada a metodologia de nuvens de palavras. Nessa abordagem, a empresa executora disponibilizou um código QR que continha uma única pergunta: "Em

quais bairros de Canela é frequente a falta de água?" As respostas obtidas indicaram que os bairros mais mencionados foram Vila Luiza, Alpes Verdes e Centro.

Figura 43. Nuvens de palavras.



Fonte: Garden Projetos (2024).

2.1.5 Levantamento das outorgas e cadastros de poços artesianos no município de Canela

As águas subterrâneas são consideradas um bem do Estado e para sua utilização é necessário que haja outorga ou dispensa desta. A outorga do direito de uso de recursos hídricos constitui o procedimento administrativo pelo qual a autoridade pública concedente autoriza o usuário requerente a utilizar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos por um período específico, conforme estabelecido nas condições detalhadas no respectivo ato administrativo. Este documento é fundamental para garantir ao usuário o direito de empregar os recursos hídricos de acordo com as disposições nele contidas.

A outorga é um mecanismo essencial para a administração dos recursos hídricos, pois viabiliza o monitoramento tanto em termos quantitativos quanto qualitativos do uso da água, promovendo uma distribuição mais equitativa e balanceada desse recurso. Por meio da outorga, é possível assegurar o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos pelos interessados, além de representar uma ferramenta significativa na mitigação de conflitos entre os diferentes setores usuários.

No estado do Rio Grande do Sul, o domínio das águas é preconizado pela Constituição Federal, regulando o compartilhamento entre os diversos usuários, conforme Lei nº 10.350/1994 e Decretos Estaduais nº 37.033/1996 e 52.931/2016.

Tratando especificamente de águas subterrâneas, de acordo com o Art. 6 da resolução estadual nº 91/2011 que aprova os critérios para dispensa outorga no Rio Grande do Sul: “a outorga é dispensada para captações de água subterrânea de até 2 m³/dia relacionadas aos usos de caráter individual para as necessidades básicas da vida, higiene e alimentação e atividades produtivas e econômicas de qualquer natureza, associadas a locais onde não haja rede pública disponível para conexão”.

No Rio Grande do Sul, o processo para realizar a solicitação da outorga é feito pelo SIOUT-RS, que também disponibiliza publicidade a este tipo de documentação. Cabe ressaltar que a outorga é o produto final, e, primeiramente antes de realizar a perfuração de um novo poço é necessário a obtenção de Licença Prévia para perfuração conforme Decreto Estadual nº 42.047/2002. Já para poços existentes, o passo inicial para a regularização e concessão dos atos de outorga é o Cadastro de Uso do poço no SIOUT-RS, onde tal cadastro será cruzado com a base de dados de disponibilidade hídrica, fornecendo suporte a gestão dos recursos, conferindo uma informação mais rápida e qualificada referente a disponibilidade de água do Estado.

O município de Canela conforme dados do SIOUT-RS tem 44 poços cadastrados. A relação destes poços é apresentada no Quadro 7.

Quadro 7. Relação de poços cadastrados.

| Número do cadastro | Tipo de intervenção | Finalidade de uso |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 2021/016.082 | Poço ponteira | - |
| 2017/036.165 | Poço tubular | - |
| 2017/025.117 | Poço tubular | - |
| 2020/025.260 | Poço tubular | Abastecimento comunitário |
| 2018/009.001 | Poço tubular | Abastecimento público |
| 2018/008.999 | Poço tubular | Abastecimento público |
| 2019/021.390 | Poço de pequeno diâmetro | Atividades comerciais |
| 2019/008.720 | Poço tubular | Atividades comerciais |
| 2017/016.790 | Poço de pequeno diâmetro | Atividades comerciais |
| 2019/016.162 | Poço tubular | Atividades comerciais, Consumo humano |

| Número do cadastro | Tipo de intervenção | Finalidade de uso |
|--------------------|--------------------------|--|
| 2022/025.770 | Poço de pequeno diâmetro | Atividades comerciais, Consumo humano, Vasos sanitários e/ou mictórios |
| 2023/004.301 | Poço tubular | Consumo humano |
| 2022/015.161 | Poço de pequeno diâmetro | Consumo humano |
| 2021/015.568 | Poço tubular | Consumo humano |
| 2021/015.565 | Poço tubular | Consumo humano |
| 2021/015.419 | Poço tubular | Consumo humano |
| 2019/021.406 | Poço tubular | Consumo humano |
| 2019/021.405 | Poço tubular | Consumo humano |
| 2016/018.521 | Poço tubular | Consumo humano |
| 2021/018.465 | Poço tubular | Consumo humano, Dessedentação animal, Irrigação |
| 2023/020.725 | Poço tubular | Consumo humano, Dessedentação animal, Limpeza geral, Vasos sanitários e/ou mictórios |
| 2023/011.204 | Poço tubular | Consumo humano, Irrigação |
| 2020/004.514 | Poço tubular | Consumo humano, Irrigação |
| 2023/003.920 | Poço tubular | Consumo humano, Irrigação, Limpeza geral, Turismo/lazer/balneário/recreação, Vasos sanitários e/ou mictórios |
| 2021/017.878 | Poço tubular | Consumo humano, Irrigação, Processo industrial |
| 2023/009.526 | Poço tubular | Consumo humano, Limpeza geral |
| 2020/007.148 | Poço de pequeno diâmetro | Consumo humano, Limpeza geral |
| 2017/000.646 | Poço tubular | Consumo humano, Limpeza geral, Paisagismo |
| 2023/011.738 | Poço tubular | Consumo humano, Limpeza geral, Vasos sanitários e/ou mictórios |
| 2023/015.302 | Poço tubular | Irrigação, Limpeza geral, Paisagismo |
| 2018/003.636 | Poço tubular | Lavanderia coletiva |
| 2018/013.674 | Poço tubular | Lavanderia coletiva, Limpeza geral, Piscinas de uso coletivo |
| 2023/010.688 | Poço tubular | Limpeza geral |
| 2022/014.984 | Poço tubular | Limpeza geral, Paisagismo, Sistema de combate a incêndios |
| 2020/016.165 | Poço de monitoramento | Monitoramento qualitativo |
| 2020/016.161 | Poço de monitoramento | Monitoramento qualitativo |
| 2020/016.158 | Poço de monitoramento | Monitoramento qualitativo |
| 2020/016.154 | Poço de monitoramento | Monitoramento qualitativo |
| 2020/016.151 | Poço de monitoramento | Monitoramento qualitativo |
| 2020/016.124 | Poço de monitoramento | Monitoramento qualitativo |
| 2023/002.382 | Poço tubular | Processo industrial |

| Número do cadastro | Tipo de intervenção | Finalidade de uso |
|--------------------|---------------------|---------------------------------|
| 2021/002.249 | Poço tubular | Processo industrial |
| 2017/029.092 | Poço tubular | Processo industrial |
| 2020/025.681 | Poço ponteira | Vasos sanitários e/ou mictórios |

Fonte: SIOUT-RS (2023).

Como pode ser visto no Quadro 8, o número de poços com outorga é bem menos expressivo, apenas 6 poços têm outorga de uso de água concedida e 2 poços tem outorga indeferida pela não prestação de complementações exigidas no processo.

Quadro 8. Relação de poços com outorga ou indeferimento de outorga.

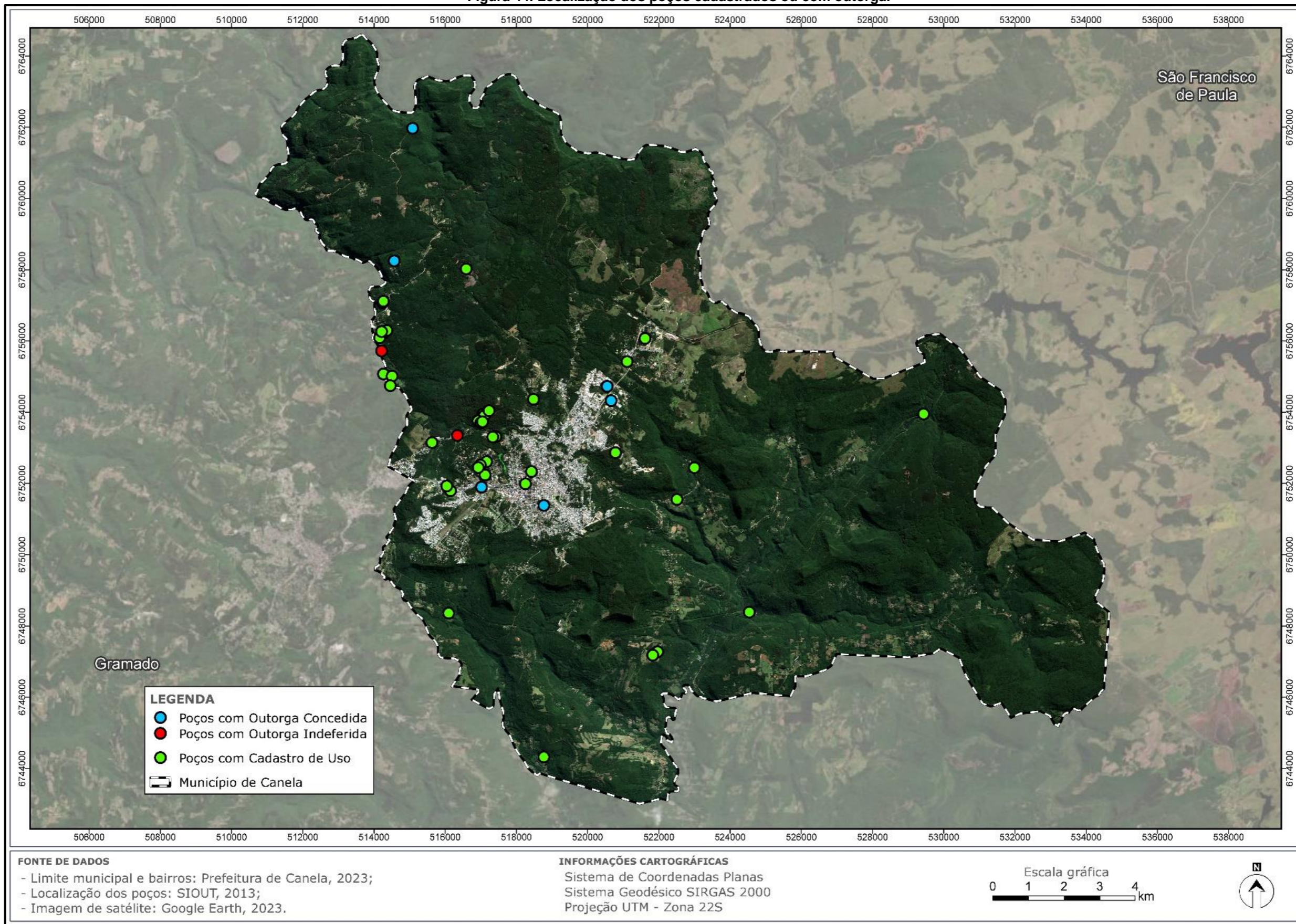
| Número da portaria | Vazão média (m ³ /dia) | Status | Finalidade |
|--------------------|-----------------------------------|------------|--|
| - | 9 | Indeferida | Atividades comerciais |
| - | 1,05 | Indeferida | Piscinas de uso coletivo |
| 001.935/2021 | 30 | Concedida | Consumo humano, Limpeza geral, Vasos sanitários e/ou mictórios |
| 003.261/2021 | 61,74 | Concedida | Lavanderia |
| 004.522/2023 | 27,45 | Concedida | Processo industrial |
| O-000.171/2019 | 14,34 | Concedida | Limpeza geral |
| O-001.507/2020 | 4,8 | Concedida | Lavagem coletiva de veículos |
| O-001.831/2020 | 50,005 | Concedida | Consumo humano, Limpeza geral |

Fonte: SIOUT-RS (2023)

Comparando tais dados, com os poços tubulares cadastrados no SIAGAS é possível perceber que ainda existe uma grande quantidade poços sem cadastro de uso e muito menos com outorgas no município. Os dados do SIAGAS são obtidos por meio de coletas de campo e projetos do Serviço Geológico do Brasil, assim como por dados enviados por empresas e instituições. Em Canela os poços do SIAGAS representam um total de 129 dados de poços.

A distribuição geoespacial dos poços cadastrados e com outorga (ou indeferimento da mesma), no município de Canela, é apresentado conforme mostra a Figura 44.

Figura 44. Localização dos poços cadastrados ou com outorga.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024)

2.1.6 Consumo, disponibilidade e demanda no abastecimento de água

Segundo dados de SNIS (2021), Canela tem um consumo diário per capita de água de 0,1856 m³. Uma vez que a população do município é de 48.946 habitantes (IBGE, 2023), teoricamente seriam necessários haver minimamente (desconsiderando perdas) uma oferta de 9.085 m³ de água por dia.

Entretanto, em diversas épocas do ano no município de Canela há uma forte incidência de turistas que deve ser vista como uma população flutuante e, portanto, considerada nos cálculos de demanda hídrica para abastecimento público. Segundo o Inventário da Oferta Turística (Prefeitura Municipal de Canela, 2023), o município conta com cerca de 6.000 leitos em hotéis, que representam um acréscimo potencial de aproximadamente 6.000 habitantes. Ainda, segundo representantes locais do IBGE há 6.283 residências de uso ocasional, que, considerando a taxa ocupacional de 3 habitantes por residência, podem representar um aumento de 18.849 habitantes.

Concomitantemente, devem ser considerados os diversos empreendimentos que estão atualmente em fase de implantação no município de Canela, onde estima-se que em um curto prazo, cerca de 800 unidades habitacionais serão construídas e podem significar um acréscimo populacional estimado de 2.400 habitantes dependentes de abastecimento.

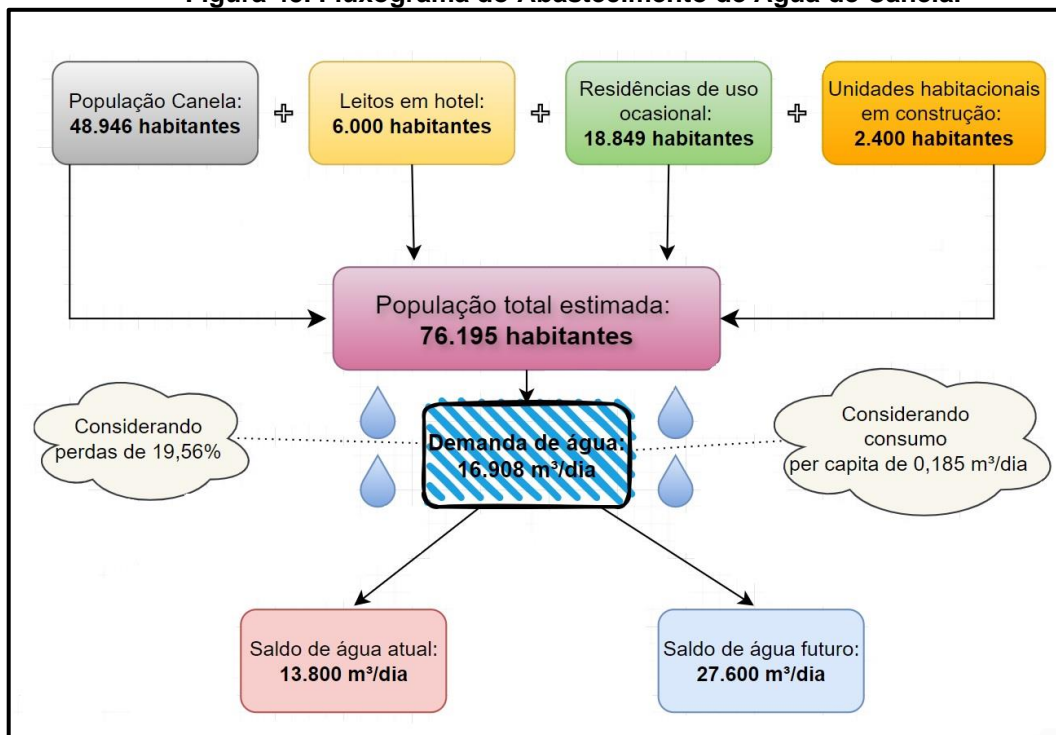
Desta forma, para fins de cálculo de demanda hídrica considerou-se uma população de 76.195 habitantes, o consumo per capita de 0,1856 m³ e as perdas na distribuição que segundo SNIS (2021) são de 19,56%. Assim, a demanda hídrica estimada resultou em 16.908 m³/dia.

A vazão de captação outorgada permite captar 51.840 m³/dia. Somadas, as duas ETAs, atualmente apresentam condições de tratar 38.016 m³/dia. Conforme dados de SNIS (2021), a média efetiva diária de água tratada foi de 30.568 m³/dia, porém, 55% desta água foi exportada, restando 13.800 m³/dia para Canela. De acordo com estes dados, conclui-se que considerando um cenário com 100% de ocupação no município, há uma situação potencial de déficit hídrico em função da limitação na quantidade de água tratada e seu volume exportado.

A futura expansão da ETA II possibilitará um aumento no volume de água tratada, permitindo uma maior oferta e conseqüentemente fortalecendo a segurança hídrica municipal. Com a duplicação da ETA II, estima-se que a capacidade de tratamento de água de Canela seja de aproximadamente 61.344 m³/dia. Isto é, caso

considerado o mesmo percentual de exportação de água ocorrido no ano de 2021, haverá ainda uma disponibilidade de 27.600 m³/dia, o que supriria com certa margem de segurança (mesmo considerando perdas de até 38%) a demanda atual.

Figura 45. Fluxograma do Abastecimento de Água de Canela.



Fonte: Garden Projetos (2024).

2.1.7 Levantamento dos recursos hídricos do município, possibilitando a identificação de mananciais para abastecimento futuro.

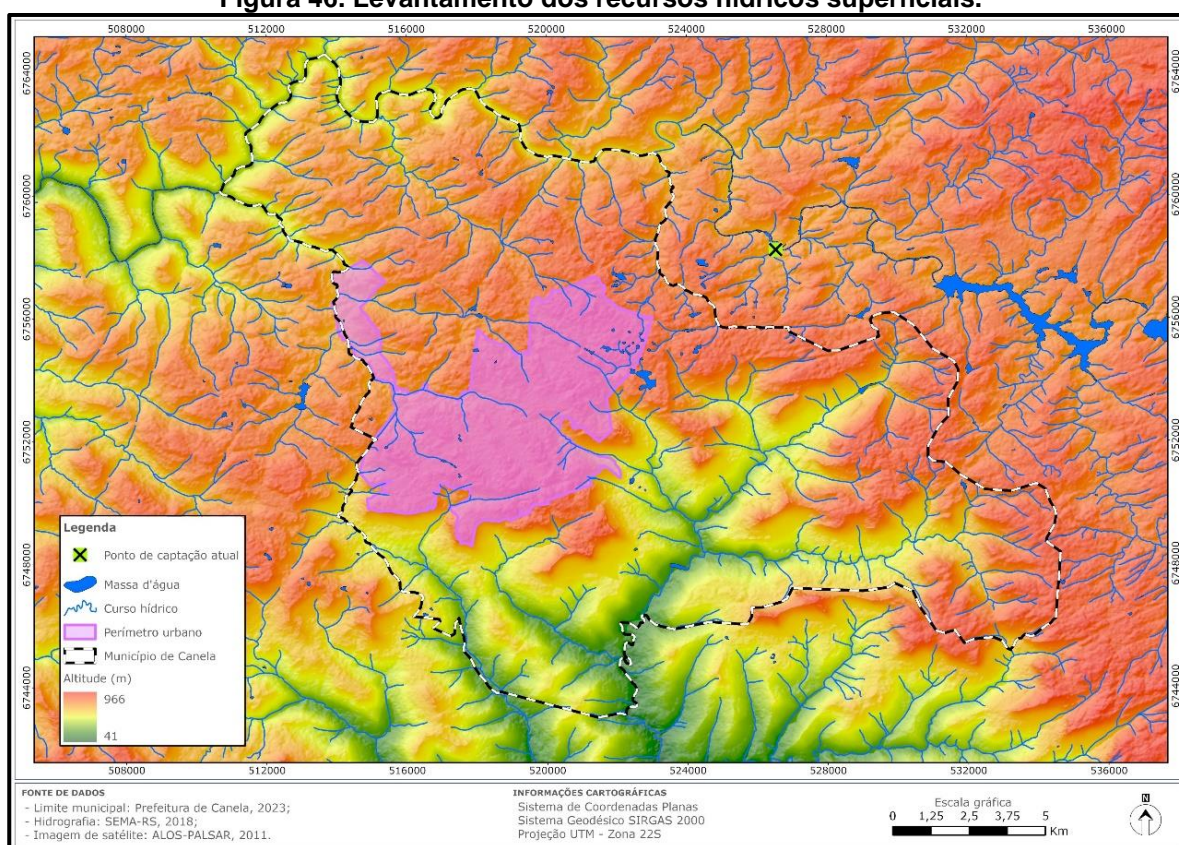
Para assegurar um serviço de abastecimento de água eficiente em Canela, é crucial escolher mananciais que possam suprir tanto a demanda atual quanto a futura da população. Atualmente, o sistema de abastecimento utiliza o Rio Caí como manancial principal, que, com a vazão de captação outorgada, é capaz de atender plenamente a demanda de água atual do município. Porém, frente as crescentes projeções de aumento demográfico, é necessário se haja conhecimento a respeito dos demais recursos hídricos existentes na região.

Para enfrentar esse desafio, realizou-se um mapeamento dos principais mananciais superficiais do município (Figura 46). No entanto, ressalta-se a necessidade de realizar um estudo detalhado e uma modelagem hídrica rigorosa para a capacidade de sustentação dos mananciais, analisar a qualidade e disponibilidade da água, além de considerar fatores ambientais e sociais que possam influenciar o suprimento hídrico a

longo prazo. Somente após uma avaliação criteriosa será possível determinar se esses mananciais são adequados para atender às demandas de abastecimento público, garantindo a segurança hídrica da região de forma sustentável. Dessa forma, poderá ser tomado decisões informadas e responsáveis em relação ao uso dessas fontes para atender às necessidades futuras de água da comunidade.

Além dos mananciais superficiais, pode-se considerar ainda, a possibilidade de aumentar a exploração das águas subterrâneas. O município de Canela está inserido em um contexto hidrogeológico onde aflora o sistema aquífero Serra Geral, conhecido por apresentar alta heterogeneidade e baixa capacidade específica, tendo seus poços vazões de produção em geral inferiores a 10 m³/h (REGINATO e STRIEDER, 2004). Portanto, também se faz necessário a elaboração de estudos e sondagens para que se possam identificar áreas com maior potencial para ocorrência de águas subterrâneas em quantidade satisfatória.

Figura 46. Levantamento dos recursos hídricos superficiais.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

2.1.8 Levantamento da população atingida com falta de água.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), cerca de 94,20% da população de Canela tem acesso à água por meio da rede de abastecimento público, enquanto 2,96% obtêm água de poços profundos ou artesianos, poços rasos, freáticos ou cacimbas, ou ainda de nascentes. Com base no censo demográfico de 2022 (IBGE, 2022), a população total de Canela é estimada em 48.946 habitantes, o que sugere aproximadamente 2.839 pessoas em situação de vulnerabilidade hídrica. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021), a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) oferece cobertura de 100% na área urbana, o que indica que essa parcela da população se concentra majoritariamente em áreas rurais.

O Conselho Municipal de Meio Ambiente (CONDEMA) ressaltou que, em média, 1.600 pessoas nas localidades de Linha São Paulo, Linha Caçador (Bairro Ulisses de Abreu) e Morro Calçado tem problema abastecimento de água. Essa população recorre a soluções alternativas individuais como poços, nascentes e arroios, para suprir suas necessidades de água. Devido à informalidade dessas fontes, torna-se desafiador garantir o acesso adequado à água, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, para essa parcela da população.

Sabe-se que Canela, assim como muitas outras localidades do Brasil, vem sofrendo um aumento na migração populacional para áreas rurais. Tal fenômeno é conhecido como “Nova Ruralidade”. Este, refere-se a transformações e mudanças nas áreas rurais que desafiam a visão tradicional e estereotipada do campo como um espaço exclusivamente agrícola.

As áreas rurais estão se diversificando economicamente, não dependendo apenas da agricultura. Há ainda, muitas pessoas que buscam uma vida mais tranquila e com maior qualidade que estabelecem residência em área rural. Também há o advento das tecnologias, que nos últimos tempos conectou áreas rurais e urbanas.

Tal situação merece atenção, uma vez que segundo o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Canela, das cerca de 900 famílias associadas, apenas 200 estão atreladas a agricultura. Vinculada a essa aproximação entre campo e cidade é imprescindível que haja concomitantemente a ampliação do acesso à infraestrutura básica.

Ainda, em área urbana também há relatos de bairros que sofrem com faltas de água frequentes em épocas de alta demanda ou em situações de estiagem.

2.1.9 Informações sobre a qualidade da água bruta e do produto final do serviço de abastecimento de água no município

No que tange a qualidade da **água bruta** que abastece o município de Canela, captada no Poço da Faca (Rio Sta. Cruz – Cai), a principal preocupação é a questão do uso de agrotóxicos nas plantações de batata que estão inseridas na bacia hidrográfica contribuinte. Tal situação é conhecida desde o final dos anos 90, quando foi apresentada na primeira Semana do Meio de Ambiente de Canela, às autoridades presentes. No ano de 2003 houve uma grande mortandade de peixes na Barragem do Blang (inserida na bacia). No ano de 2004 o IBAMA fiscalizou tal situação e constatou irregularidades no uso de agrotóxicos, chegando a autuar proprietários. Porém, tal ação de fiscalização não voltou a se repetir.

Segundo o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), foram detectados os agrotóxicos atrazina e DDT em 4 dos 12 testes realizados entre os anos de 2014 e 2017, sendo que a atrazina foi detectada em 2 testes e DDT em 4 testes. Entretanto, apesar de terem sido detectados, ambos não se encontravam em concentração superior aos limites estabelecidos pela legislação brasileira.

O município de Canela contratou um ensaio de qualidade de água a fim de verificar a ocorrência de agrotóxicos, o qual foi realizado a coleta no dia 20/11/2017. Nos resultados apresentados não foram detectadas nenhuma das 52 substâncias analisadas (entre estas a própria atrazina e o DDT).

A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância no que diz respeito à **qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. As tabelas a seguir apresentam informações sobre o monitoramento e qualidade da água tratada e distribuída à população, segundo a SNIS (2021).

Tabela 2. Parâmetros da qualidade de água de acordo com SNIS (2021).

| Parâmetro analisado | Número de amostras analisadas | Nº de amostras fora do padrão |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Cloro Residual | 9402 | 3 |
| Turbidez | 9414 | 0 |
| Coliformes Totais | 901 | 4 |

Fonte: SNIS (2021).

Em atendimento ao Decreto Federal nº 5.440 de 2005, a CORSAN informa os padrões de qualidade da água nas faturas das contas de água dos usuários. As amostras apresentadas estão dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria 2.914/2011. Ainda, todos os parâmetros citados foram atendidos com o mínimo de análises exigidas pela legislação pertinente. No Quadro 9 são apresentadas a quantidade de amostras e seus resultados durante o ano de 2022.

Quadro 9. Parâmetros e amostras.

| Parâmetros | Amostras | 01/2022 | 02/2022 | 03/2022 | 04/2022 | 05/2022 | 06/2022 | 07/2022 | 08/2022 | 10/2022 | 11/2022 | 12/2022 | |
|----------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| Turbidez | Realizadas | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Dentro do Padrão | 54 | 56 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Fora do Padrão | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cor | Realizadas | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Dentro do Padrão | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Fora do Padrão | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cloro Livre Residual | Realizadas | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Dentro do Padrão | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Fora do Padrão | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coliformes Totais | Realizadas | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | | | | |
| | Dentro do Padrão | 54 | 57 | 55 | 58 | 54 | 54 | 58 | 56 | | | | |
| | Fora do Padrão | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | | | | |
| Escherichia Coli | Realizadas | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 57 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Dentro do Padrão | 54 | 57 | 57 | 60 | 54 | 54 | 61 | 56 | 55 | 54 | 54 | 54 |
| | Fora do Padrão | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Corsan (2023).

2.1.10 Identificação e análise das principais deficiências do serviço de abastecimento de água

A área rural de Canela está sujeita a enfrentar problemas quanto a disponibilidade de água uma vez que é suprida por poços artesianos sem licença ou outorga para a utilização dos recursos hídricos, e operam sem controle. Tal situação implica em uma escassez hídrica em épocas de estiagem (principalmente no verão), onde os poços não possuem tempo hábil de recuperação devido à baixa recarga do lençol freático, e, paralelamente, o aumento no consumo de água nestas épocas agrava a situação.

Este cenário pode incentivar perfuração de poços clandestinos, já que a falta de fornecimento regular de água é um grande incentivo para que as pessoas procurem alternativas para suprir suas necessidades básicas. Este é o caso, por exemplo, da comunidade de Banhado Grande onde relata-se que poços são perfurados como Soluções Alternativas Individuais (SAI) para abastecimento de água. É necessário, portanto, que medidas urgentes sejam tomadas para solucionar esses problemas e garantir o acesso adequado e regular à água nas áreas rurais de Canela.

A gestão dos SACs está a cargo da própria Associação, resultando na ausência de controle por parte da prefeitura sobre a potabilidade da água. Diante desse cenário,

torna-se imperativo conduzir uma análise para avaliar a quantidade de poços artesianos disponíveis e implementar uma supervisão mais rigorosa, bem como um abastecimento mais regular dos SACs. Esse esforço é particularmente importante em áreas mais suscetíveis, como aquelas que servem a escolas. Somente através dessas medidas será possível assegurar a qualidade e a segurança da água consumida pela população.

O percentual de atendimento na área urbana de Canela é satisfatório, sendo que 100% da população da área urbana é atendida (SNIS, 2021). Entretanto, há relatos de cenários recorrentes de falta de água em algumas regiões como: Quinta da Serra, Parque das Sequoias, Leodoro de Azevedo, Santa Marta, Ulisses de Abreu, São Luiz e loteamentos Corrêa e Edgar Haack. Tais situações podem ser ocasionadas por sobrecarga no sistema em períodos onde há maior incidência da população flutuante no município ou também por problemas na rede e subdimensionamento ou falta de reservação.

Com a conclusão da obra de expansão na ETA II haverá uma maior oferta de água potável, e por consequência, um aumento na segurança hídrica em termos de disponibilidade. Concomitante à esta melhoria, é imprescindível que a concessionária e as autoridades municipais busquem continuamente soluções efetivas para garantir o abastecimento ininterrupto da população.

2.1.11 Análise crítica dos planos diretores de abastecimento de água da área de planejamento, quando houver

O município de Canela não possui um plano diretor específico de abastecimento de água. No entanto, algumas normas e leis têm sido aplicadas para regulamentar as edificações e garantir o fornecimento adequado de água no município.

O Código de Obras e Edificações (Lei complementar 74/2018) estabelece que as instalações prediais de água devem atender o que estabelece a NBR 5626 e demais normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Ainda, estabelece que as edificações destinadas a instalações de fábricas e indústrias em geral, deverão possuir reservatórios de água de acordo com as disposições em vigor.

A Lei Municipal nº 3693/2015 aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico, destinado à execução dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo e drenagem de águas pluviais e resíduos sólidos urbanos no município. Essa legislação tem o objetivo de planejar e coordenar ações para o desenvolvimento sustentável dos serviços de saneamento básico em Canela.

O plano diretor geral da municipalidade (Lei complementar nº 032/2012) também contempla alguns aspectos relacionados ao abastecimento de água, os quais estão descritos abaixo:

Art. 62. Considera-se infraestrutura básica necessária à urbanização primária o conjunto dos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, redes de esgoto sanitário e abastecimento de água potável, e de energia elétrica pública e domiciliar e as vias de circulação pavimentadas.

Art. 65. O Sistema de Gestão do Plano Diretor Municipal poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, a reserva de faixa "*non aedificandi*" destinada a equipamentos urbanos, tais como redes água, esgoto pluvial, etc.

Art. 70. (Parágrafo único). Os imóveis a serem desmembrados deverão ser atendidos por infraestrutura urbana mínima de rede de abastecimento de água, energia elétrica e iluminação pública, bem como da pavimentação do logradouro em toda a extensão das testadas dos lotes a serem criados, ficando os custos dos respectivos projetos e execuções, por conta do proprietário.

Mesmo sem um plano diretor específico para o abastecimento de água, as normas e leis vigentes têm desempenhado um papel crucial na orientação das ações relacionadas a esse setor. Em conjunto, essas legislações visam promover um ambiente urbano mais seguro, funcional e propício ao bem-estar da população, ao mesmo tempo em que incentivam o desenvolvimento responsável no município de Canela.

Comprometimento por parte das autoridades e da comunidade na observância dessas normas é essencial para garantir que o crescimento da cidade esteja em conformidade com princípios de legalidade e sustentabilidade.

2.1.12 Usos da Água

Os usos da água superficial no território brasileiro, conforme Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2023), podem ser divididos em irrigação de lavouras, dessedentação animal, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer.

Considerando os principais cursos d'água dentro do território municipal de Canela, os usos atuais da água consistem, em sua grande maioria, apenas em harmonia paisagística, enquadrados em turismo e lazer. Por ser um município com base econômica forte no turismo, esse uso da água superficial acaba tendo um destaque maior, como exemplo o Rio Caracol, que forma a Cascata do Caracol, um dos principais

pontos turísticos do município, e diversos lagos formados dentro de praças, loteamentos e parques próximos aos cursos d'água.

O ponto de captação de água para tratamento e consumo está localizado no Rio Santa Cruz, que está fora dos limites de Canela, portanto, nenhum dos arroios é destinado para esse uso dentro do município. Outro uso da água, que ocorre em menor proporção, é para geração de energia, sendo que o município possui a usina hidrelétrica Canastra. Já dentre os arroios menores na área rural do município, há um consumo para a irrigação e pecuária.

2.1.13 Identificação e análise da situação econômico-financeira do serviço de abastecimento de água

As receitas e despesas do abastecimento de água em Canela são apresentadas no quadro a seguir, de acordo com os dados que constam no SNIS (2021).

Quadro 10. Informações financeiras do serviço de abastecimento de água (2021).

| | Variáveis | Valor (R\$/ano) |
|--------------------------|---|------------------------|
| Receitas | Receita operacional direta de água | 27.553.608,02 |
| | Receita operacional indireta | 837.165,82 |
| | Receita operacional total (direta + indireta) | 29.859.928,17 |
| | Receita operacional de água exportada (bruta ou tratada) | 0 |
| | Arrecadação total | 29.783.495,18 |
| Despesas e custos | Despesa com pessoal próprio | 5.461.449,51 |
| | Despesa com produtos químicos | 1.552.160,20 |
| | Despesa com energia elétrica | 5.510.961,27 |
| | Despesa com serviços de terceiros | 3.977.745,49 |
| | Despesas de exploração (DEX) | 19.531.098,09 |
| | Despesas com juros e encargos do serviço da dívida | 2.234.144,29 |
| | Despesas totais com os serviços (DTS) | 24.304.488,95 |
| | Despesas capitalizáveis realizadas pelo prestador de serviços | 1.068.557,59 |
| | Despesas com depreciação, amortização do ativo diferido e provisão para devedores duvidosos | -978.045,33 |
| | Despesa com água importada (bruta ou tratada) | 0 |
| | Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX | 1.719.462,24 |
| | Despesas fiscais ou tributárias não computadas na DEX | -734.434,47 |
| | Investimento realizado em abastecimento de água pelo prestado de serviços | 7.647.913,2 |

Fonte: SNIS (2021).

2.1.13.1 Tarifação

A seguir a estrutura tarifária sintética utilizada no faturamento do município regulado pela AGESAN, a partir de 01 de julho de 2023.

Quadro 11. Tarifação.

| Tarifa | Categoria | Água | | |
|-------------|--------------------------|------------|----------------|------------------------|
| | | Preço Base | Serviço Básico | Tarifa mínima (sem HD) |
| Social | BICA PÚBLICA | 3,55 | 14,06 | 49,56 |
| | RESID. SOCIAL | 2,99 | 14,06 | 43,96 |
| | m ³ excedente | 7,38 | | |
| Básica | RESIDENCIAL B | 7,38 | 35,03 | 108,83 |
| Empresarial | COMERCIAL C1 | 7,38 | 35,03 | 108,83 |
| | m ³ excedente | 8,4 | | |
| | COMERCIAL | 8,4 | 62,48 | 230,48 |
| | PÚBLICA | 8,4 | 124,81 | 292,81 |
| | INDUSTRIAL | 9,54 | 124,81 | 441,75 |

Fonte: Corsan (2023).

Vale destacar que o preço base do base do m³ de água é variável. O Valor de água é calculado de acordo com a Fórmula $PB \times C^n$ acrescido do Serviço Básico, sendo PB o Preço Base, C o consumo e n é o valor na tabela exponencial relativo ao consumo.

Nas categorias Res. Social (RS) cujo consumo exceder a 10 m³, o Preço Base do m³ excedente será calculado de acordo com o Preço Base da categoria Res. B. Na categoria C1, cujo consumo exceder a 20 m³, o Preço Base do m³ excedente será calculado de acordo com o Preço Base da categoria Comercial. No quadro a seguir são apresentados os diversos serviços comerciais e operacionais com suas respectivas tarifas, bem como as multas relativas às infrações previstas no regulamento para o sistema de água com seus respectivos valores.

Quadro 12. Serviços.

| Serviço | Valor (R\$) |
|---|-------------|
| Serviços Laboratório de Hidrometria | |
| Calibração de hidrômetro s/ INMETRO | 88,62 |
| Dispositivos de segurança | |
| Troca de lacres do quadro do hidrômetro | 28,90 |
| Notificações/comunicados/documentos/faturas | |
| Emissão da 2º via de conta | 6,79 |
| Notificação de Dívida (SCI) | 6,79 |
| Envio de fatura para endereço alternativo | 6,79 |
| Serviços comerciais e ou operacionais diversos | |
| Serviço de Religação de água (Social) | 43,22 |
| Serviço de Religação de água (Básica e Emp.) | 71,69 |
| Vistoria de instalação predial | 71,69 |
| Suspensão a pedido | 167,50 |
| Mudança de hidrômetro a pedido | |
| Com material fornecido pela CORSAN | 246,97 |
| Com material fornecido pelo USUÁRIO | 88,62 |

Fonte: Corsan (2023).

Ainda, valores cobrados como acréscimo por impontualidade serão de 2% como multa de mora do total da conta paga com atraso, independente do período e mais 1% ao mês "*Pró rata die*" como juros de mora.

Quadro 13. Multas

| Serviço | Valor (R\$) |
|---|--------------------|
| Retirada abusiva de hidrômetro | 932,22 |
| Emprego de ejetores ou bombas de sucção diretamente ligadas ao hidrômetro ou quadro | 920,34 |
| Derivação clandestina | 932,22 |
| Violação do hidrômetro | 832,97 |
| Hidrômetro quebrado | 832,97 |
| Hidrômetro virado | 832,97 |
| Enchimento de piscina contrariando determinação da CORSAN | 582,87 |
| Derivação do ramal predial antes do hidrômetro | 1.418,17 |
| Intervenção do usuário no ramal predial sem prévia autorização da CORSAN | 1.418,17 |
| Violação da suspensão de abastecimento de água | 420,45 |
| Uso indevido do hidrante | 920,34 |
| Intervenção indevida no ramal predial de água | 1.626,13 |
| Violação dos lacres do hidrômetro e/ou nas conexões do quadro | 420,45 |

Fonte: Corsan (2023).

Ainda, em caso de reincidência de quaisquer destas infrações será acrescido 100% do valor original. A cobrança de indenização será aplicada quando ficarem caracterizados danos ao hidrômetro, bem como o desaparecimento do medidor. No caso de hidrômetros acima de 30 m³/h x 2" Woltmann, mediante determinação do preço por orçamento na data.

Quadro 14. Valores para cobrança de indenização de indenização de hidrômetros.

| Hidrômetros (Capac. X Diâmetro) | Indenização (R\$) |
|--|--------------------------|
| 1,5 m ³ /h x ¾" UNIJATO | 93,97 |
| 3 m ³ /h x ¾" UNIJATO | 95,90 |
| 3 m ³ /h x ¾" MULTIJATO | 161,28 |
| 3 m ³ /h x ¾" VOLUMÉTRICO | 161,28 |
| 7 m ³ /h x 1" UNIJATO | 506,80 |
| 10 m ³ /h x 1" MULTIJATO | 449,10 |
| 20 m ³ /h x 1 ½" UNIJATO | 710,71 |
| 20 m ³ /h x 1 ½" MULTIJATO | 710,71 |

| Hidrômetros (Capac. X Diâmetro) | Indenização (R\$) |
|-------------------------------------|-------------------|
| 30 m ³ /h x 2" MULTIJATO | 1.103,13 |

Fonte: Corsan (2023).

Os valores de ligação de água são apresentados no Quadro 15. Vale destacar que o preço para ligação de água para a categoria social é de 60% de desconto do valor da categoria básica $\frac{3}{4}$ ".

Quadro 15. Preços das ligações de água.

| LIGAÇÃO DE ÁGUA | BÁSICA E EMPRESARIAL | |
|-----------------|----------------------|--------------|
| | $\frac{3}{4}$ " | 1" ou mais |
| Sem pavimento | R\$ 392,82 | R\$ 838,34 |
| Com pavimento | R\$ 509,40 | R\$ 1.311,06 |

Fonte: Corsan (2023)

2.1.14 Caracterização da prestação dos serviços segundo indicadores

Os indicadores da prestação de serviço do abastecimento de água do município de Canela para o ano de 2021 (SNIS, 2021) são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16. Indicadores da prestação de serviço de abastecimento de água.

| Indicador | |
|--|---------------------|
| AG005 - Extensão da rede de água | 193,65 |
| AG006 - Volume de água produzido | 11.157,35 |
| AG007 - Volume de água tratada em ETAs | 11.157,22 |
| AG008 - Volume de água micromedido | 2.821,91 |
| AG010 - Volume de água consumido | 8.949,69 |
| AG011 - Volume de água faturado | 2.821,29 |
| AG012 - Volume de água macromedido | 5.036,93 |
| AG013 - Quantidade de economias residenciais ativas de água | 20.505 |
| AG014 - Quantidade de economias ativas de água micromedidas | 22.720 |
| AG015 - Volume de água tratada por simples desinfecção | 0,13 |
| AG017 - Volume de água bruta exportado | 0 |
| AG018 - Volume de água tratada importado | 0 |
| AG019 - Volume de água tratada exportado | 6120,42 |
| AG020 - Volume micromedido nas economias residenciais ativas de água | 2.403,27 |
| AG021 - Quantidade de ligações totais de água | 13.584 |
| AG022 - Quantidade de economias residenciais ativas de água micromedidas | 20.505 |
| AG024 - Volume de serviço | 31,7 |
| AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água | 41.976 |
| AG027 - Volume de água fluoretada | 11.157,35 |
| AG028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água | 7.999 |
| QD001 - Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água | Atende parcialmente |



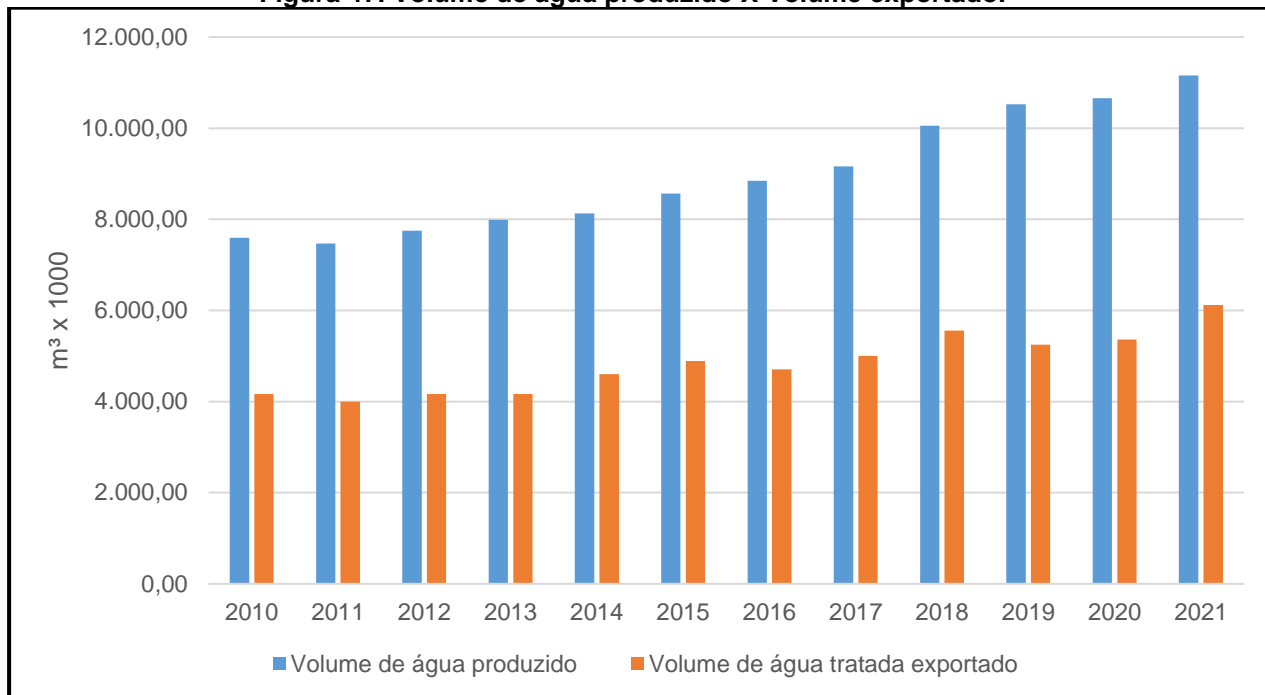
| | |
|---|------------|
| QD002 - Quantidades de paralisações no sistema de distribuição de água | 29 |
| QD003 - Duração das paralisações | 220 |
| QD004 - Quantidade de economias ativas atingidas por paralisações | 99.483 |
| QD015 - Quantidade de economias ativas atingidas por interrupções sistemáticas | 0 |
| QD021 - Quantidade de interrupções sistemáticas | 0 |
| QD022 - Duração das interrupções sistemáticas | 0 |
| QD023 - Quantidade de reclamações ou solicitações de serviços | 18.905 |
| QD024 - Quantidade de serviços executados | 9.719 |
| QD025 - Tempo total de execução dos serviços | 5.416,78 |
| IN001_AE - Densidade de economias de água por ligação | 1,74 |
| IN002_AE - Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio | 1.427,38 |
| IN003_AE - Despesa total com os serviços por m3 faturado | 7,4 |
| IN004_AE - Tarifa média praticada | 8,83 |
| IN005_AE - Tarifa média de água | - |
| IN007_AE - Incidência da desp. de pessoal e de serv. de terc. nas despesas totais com os serviços | 38,84 |
| IN008_AE - Despesa média anual por empregado | 295.213,49 |
| IN009_AE - Índice de hidrometração | 100 |
| IN010_AE - Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado | 56,38 |
| IN011_AE - Índice de macromedição | - |
| IN012_AE - Indicador de desempenho financeiro | 119,41 |
| IN013_AE - Índice de perdas faturamento | 74,64 |
| IN014_AE - Consumo micromedido por economia | 10,5 |
| IN017_AE - Consumo de água faturado por economia | - |
| IN018_AE - Quantidade equivalente de pessoal total | 32 |
| IN019_AE - Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total (equivalente) | 825,87 |
| IN020_AE - Extensão da rede de água por ligação | 14,4 |
| IN022_AE - Consumo médio percapita de água | 185,6 |
| IN023_AE - Índice de atendimento urbano de água | 100 |
| IN025_AE - Volume de água disponibilizado por economia | 18,7 |
| IN026_AE - Despesa de exploração por m3 faturado | 5,95 |
| IN027_AE - Despesa de exploração por economia | 739,63 |
| IN028_AE - Índice de faturamento de água | 25,36 |
| IN029_AE - Índice de evasão de receitas | 0,26 |
| IN030_AE - Margem da despesa de exploração | 67,3 |
| IN031_AE - Margem da despesa com pessoal próprio | 18,82 |
| IN032_AE - Margem da despesa com pessoal total (equivalente) | 32,52 |
| IN033_AE - Margem do serviço da dívida | 7,7 |
| IN034_AE - Margem das outras despesas de exploração | 4,51 |
| IN035_AE - Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração | 27,96 |
| IN036_AE - Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração | 48,33 |
| IN037_AE - Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração | 28,22 |
| IN038_AE - Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX) | 7,95 |

| | |
|--|--------|
| IN039_AE - Participação das outras despesas nas despesas de exploração | 6,7 |
| IN040_AE - Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total | 92,28 |
| IN042_AE - Participação da receita operacional indireta na receita operacional total | 2,8 |
| IN043_AE - Participação das economias residenciais de água no total das economias de água | 90,32 |
| IN044_AE - Índice de micromedição relativo ao consumo | 99,74 |
| IN045_AE - Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água | 1,43 |
| IN048_AE - Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água + esgoto | 1,28 |
| IN049_AE - Índice de perdas na distribuição | 19,56 |
| IN050_AE - Índice bruto de perdas lineares | 30,79 |
| IN051_AE - Índice de perdas por ligação | 461,35 |
| IN052_AE - Índice de consumo de água | 80,44 |
| IN053_AE - Consumo médio de água por economia | 10,5 |
| IN054_AE - Dias de faturamento comprometidos com contas a receber | 49 |
| IN055_AE - Índice de atendimento total de água | 91,34 |
| IN057_AE - Índice de fluoretação de água | 100 |
| IN058_AE - Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água | 0,72 |
| IN060_AE - Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgotos | 0,69 |
| IN071_AE - Economias atingidas por paralisações | 3.430 |
| IN072_AE - Duração média das paralisações | 7,59 |
| IN073_AE - Economias atingidas por intermitências | - |
| IN074_AE - Duração média das intermitências | - |
| IN101_AE - Índice de suficiência de caixa | 141,62 |
| IN102_AE - Índice de produtividade de pessoal total (equivalente) | 450,43 |

Fonte: SNIS (2021).

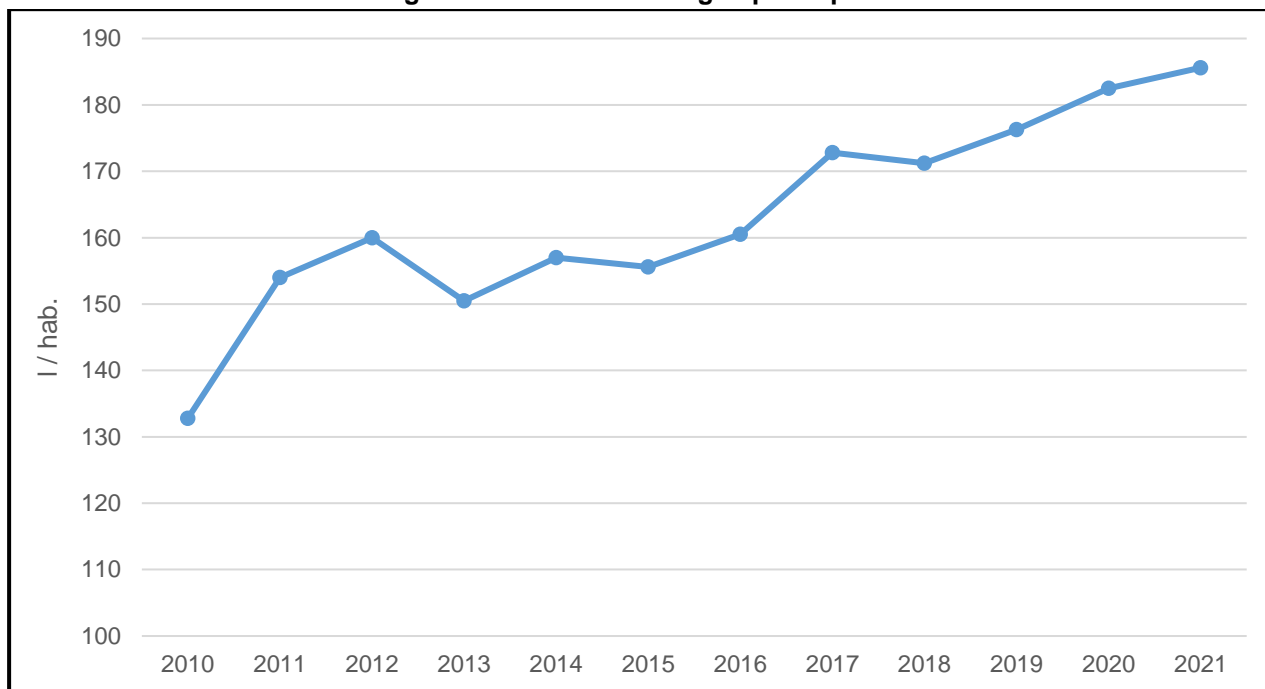
Nas figuras a seguir são apresentados a evolução de alguns dos principais indicadores do abastecimento de água no período de 11 anos (entre 2010 e 2021). A análise temporal dos indicadores possibilita um melhor entendimento do contexto em que o município de Canela está inserido e o rumo que está sendo tomado em termos de abastecimento público.

Figura 47. Volume de água produzido X Volume exportado.



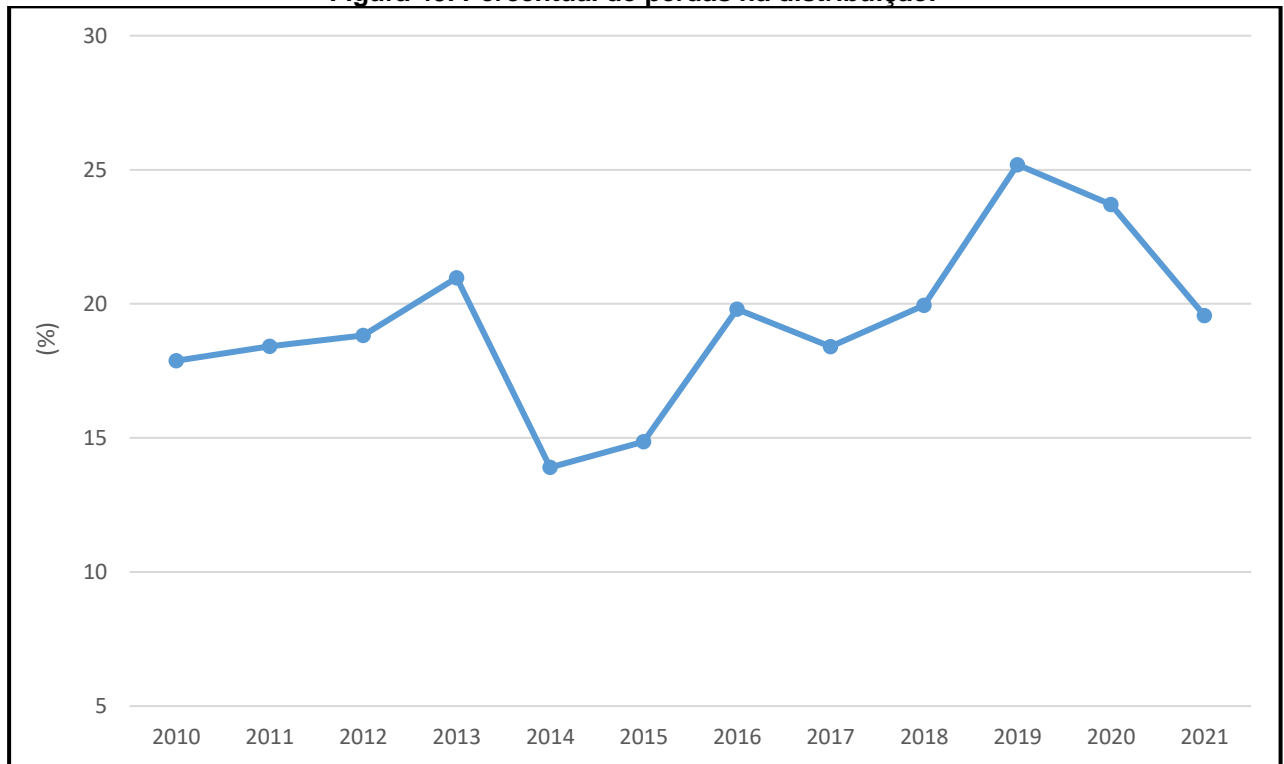
Fonte: SNIS (2010-2021).

Figura 48. Consumo de água per capita.



Fonte: SNIS (2010-2021).

Figura 49. Percentual de perdas na distribuição.



Fonte: SNIS (2010-2021).

An aerial photograph of a wastewater treatment plant. The facility features several large, circular, stainless steel tanks. In the center, there is a prominent blue building with a grid-like roof structure and a logo on its side. Yellow metal walkways and railings are visible throughout the site. The plant is situated in a green, wooded area with a paved walkway and a grassy embankment on the right. A blue banner at the bottom contains the text 'ESGOTAMENTO SANITÁRIO'.

ESGOTAMENTO SANITÁRIO

3. SERVIÇO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico, o esgotamento sanitário é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente. Na definição trazida pelo Decreto Federal nº 7.217/2010, o esgotamento sanitário inclui também a disposição final dos lodos originários da operação de unidades de tratamento coletivas e individuais, inclusive de fossas sépticas. Neste capítulo será apresentado o resultado do diagnóstico relativo à situação atual dos serviços de esgotamento sanitário do município de Canela/RS.

3.1 Descrição geral do serviço de esgotamento sanitário existente no município

O sistema de esgotamento sanitário no município de Canela é de titularidade da Prefeitura Municipal com concessão à Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN, por meio de um contrato. Este acordo, celebrado em 28 de dezembro de 2004, confere à CORSAN a responsabilidade de prestar serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no referido município.

De acordo com o contrato de concessão, estabelecido na cláusula sexta, a vigência da concessão é de 25 anos a partir da data de sua assinatura. A cláusula quarta do contrato de outorga delineia que a concessionária é encarregada da prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, abrangendo a exploração, execução de obras, ampliações e melhorias.

A CORSAN está obrigada a implantar, expandir, melhorar, explorar e administrar, com exclusividade, os serviços de esgotamento sanitário na área urbana, bem como nas áreas adjacentes. Isso inclui a captação, bombeamento, tratamento de efluentes, distribuição, medição de consumo, transporte, tratamento e destino final de esgoto, além do faturamento, entrega de contas de esgoto, cobrança, atendimento ao público e controle da qualidade da água, bem como a manutenção do cadastro dos consumidores atendidos. Todos esses aspectos estão subordinados aos princípios da conveniência social, ambiental, técnica, econômica e à política estadual de saneamento.

Adicionalmente, o contrato prevê, em sua quinta cláusula, que os serviços concedidos abrangem tanto a área urbana quanto a área rural contígua, definindo os termos precisos dessa abrangência por meio de aditivos contratuais.

O município delega Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento do Rio Grande do Sul (AGESAN-RS) para regular e fiscalizar o serviço de saneamento com independência decisória, buscando a universalização do atendimento. A AGESAN-RS, é um consórcio público, figurando uma pessoa jurídica de direito público interno, do tipo associação pública, de natureza autárquica, integrando a administração indireta de todos os entes consorciados.

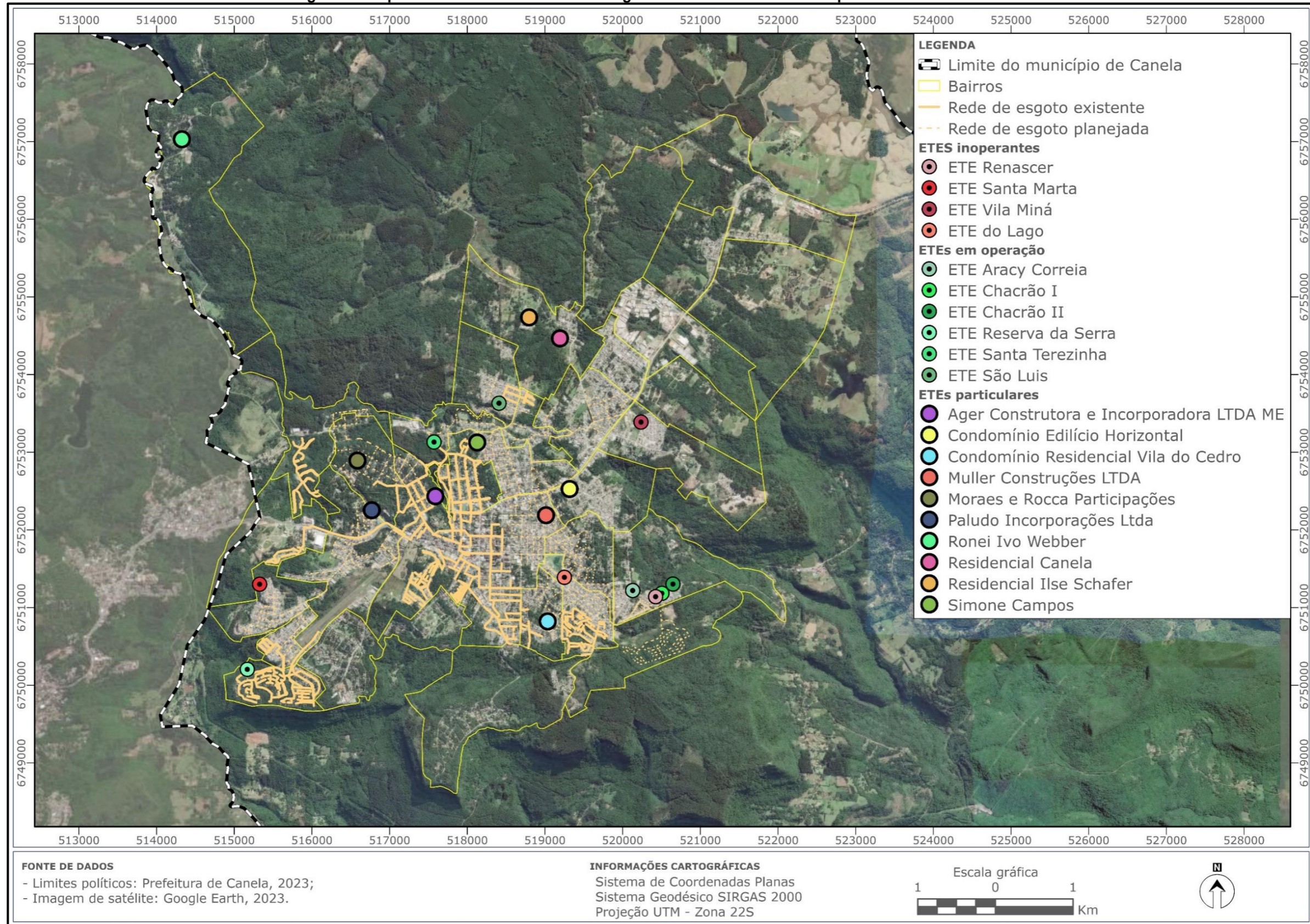
3.1.1 Estrutura do serviço de esgotamento sanitário

O município de Canela abriga dez instalações de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), as quais proporcionam serviços de esgotamento sanitário a uma população total de 8.622 habitantes (SNIS, 2021). Estas estações também contam com um total de 1.507 ligações ativas de esgoto e uma extensão da rede de esgotos que abrange 36,2 quilômetros. Adicionalmente, os volumes de esgotos coletados e tratados são de 394,41 e 813,4 metros cúbicos, respectivamente, com um total de 4.064 economias ativas de esgoto.

É digno de nota que, dentre o conjunto de dez ETEs dispostas no município, quatro delas encontram-se atualmente inoperante. Outro aspecto de relevância consiste no fato de que diversos bairros em Canela, tais como Caçador, Saiqui, Jardim das Fontes, Rancho Jane, Distrito Industrial, Jardim Mariana, São Rafael, São Lucas, Eugênio Ferreira e Ulisses de Abreu, bem como Alpes Verdes, Quinta da Serra e Laje de Pedra, não contam com uma infraestrutura de rede de esgoto que abranja a totalidade dessas localidades. Adicionalmente, os bairros Hortência, Pinheiro Grosso, Suíça, São Luiz e Canelinha enfrentam a carência de uma rede de esgoto de cobertura abrangente.

Na figura a seguir será apresentado a cobertura da rede de esgotamento sanitário e a localização das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) públicas e particulares. A Figura 50 subsequente ilustra as infraestruturas das redes de esgotamento sanitário no âmbito municipal.

Figura 50. Mapa de cobertura do Sistema de Esgotamento Sanitário no município de Canela/RS.⁵



Fonte: Garden Projetos (2024).

⁵Para obter uma visualização mais detalhada dos bairros, tipos de solo e infraestrutura de redes de esgotamento sanitário, recomenda-se abrir a Prancha 02- REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, que está anexo.

3.1.1.1 Estação de Tratamento de Esgoto – Vila Miná

A ETE localizada na Vila Miná encontra-se atualmente **inoperante**, situada no interior de um espaço de lazer público, foi embargada por parte do Ministério Público. Vale destacar que a ETE - Vila Mina está em propriedade pública, porém foi adquirida por empresários que tinham por objetivo atender os novos loteamentos da região.

A Figura 51 evidencia a retenção de água de origem pluvial nas instalações da ETE, o que demanda a implementação de estratégias específicas devido ao potencial de ocorrência de doenças de transmissão hídrica. Este contexto adquire maior relevância pelo fato de se tratar de um espaço público que se encontra atualmente desativado.

Figura 51. Vista aérea da ETE - Vila Miná.



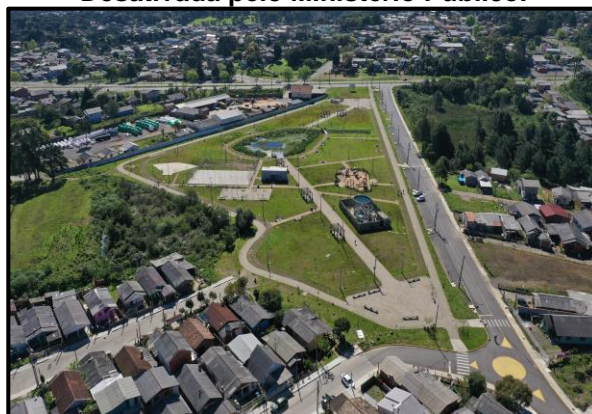
Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 52. ETA na Vila Miná - Desativada pelo Ministério Público.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 53. Vista aérea da ETA na Vila Miná - Desativada pelo Ministério Público.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.2 Estação de Tratamento de Esgoto – Aracy Corrêa

A ETE denominado de Aracy Corrêa, especificamente localizada na interseção das Ruas Francisco Bertolucci e Gustavo Müller, é um sistema de tratamento de esgoto que abrange diversas etapas, sendo:

- Tratamento Preliminar: Esta fase compreende a utilização de processos de gradeamento e desarenador para a remoção de materiais sólidos grosseiros e areia do esgoto bruto.
- Tratamento Primário: Nesta etapa, o esgoto passa por dois tanques sépticos, onde ocorre a separação de sólidos e líquidos, permitindo a sedimentação e a remoção de parte dos poluentes.
- Tratamento Secundário: A ETE opera com dois filtros anaeróbios em pleno funcionamento, onde se promove a degradação adicional da matéria orgânica presente no esgoto, melhorando ainda mais a qualidade do efluente tratado.

A vazão projetada para a ETE é de 3,6 metros cúbicos por hora (m^3/h), enquanto a vazão atual de operação é de $2,8 m^3/h$ ⁶. É relevante mencionar que esse Sistema de Esgotamento Sanitário detém uma licença ambiental válida, identificada sob o número 05177/2020 (Figura 55), cuja validade estende-se até 31 de agosto de 2023⁷. A ETE opera continuamente, 24 horas por dia, adotando um sistema separador absoluto.

No que concerne ao emissário final que transporta o esgoto sanitário tratado, ele é composto por tubulações de PVC com extensões variadas, abrangendo comprimentos de 900 e 1910 metros, e diâmetros de 100 e 150 milímetros. Essas tubulações são interconectadas até alcançar a rede pluvial, assegurando a eficiente disposição do efluente tratado. A desidratação do lodo é realizada em leitos de secagem na ETE Santa Terezinha e o Ponto de Lançamento do efluente é localizado na latitude: -29,36836700 e longitude -50,79155700.

⁶ Com a vazão atual de operação a ETE deve em média atender 450 habitantes.

⁷ No Sistema Online de Licenciamento Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul não tinha a atualização da Licença Operação.

Figura 54. ETE Aracy Corrêa.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 55. Licença do SES da ETE Aracy Corrêa.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 56. Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Aracy Corrêa.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.3 Estação de Tratamento de Esgoto – Renascer

A ETE denominada de Renascer, inicialmente foi projetada para ser integrada à ETE Chacrão I, no entanto, a obra de integração não foi concluída. Atualmente, a ETE Renascer encontra-se **desativada**, e mantém água da chuva represada em suas instalações.

Figura 57. ETE Renascer.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 58. SES - Renascer.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 59. Vista aérea da ETE Renascer.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.4 Estação de Tratamento de Esgoto Chacrão I

O Sistema de Esgotamento Sanitário do Bairro Chacrão é constituído por duas ETEs, nomeadamente a ETE Chacrão I e a ETE Chacrão II, que as duas atendem 515 habitantes (CORSAN, 2023).

A ETE Chacrão I é composta por uma fossa e um filtro anaeróbio, que desempenham funções de tratamento primário. Este sistema de tratamento primário é regulamentado pela Licença de Operação de número 00911/2023 (Figura 61), cujo processo associado é o número 10568-05.67/19.1. A validade desta licença se estende do dia 24 de março de 2023 até o dia 31 de agosto de 2025 e possui a vazão afluyente na ETE de 90,00 m³/dia.

O Sistema de Esgotamento Sanitário é composto por dois principais componentes: o sistema coletor e o sistema de tratamento. O sistema coletor é constituído por uma rede coletora tipo separador absoluto, com condução por gravidade, atendendo 145 ligações. O sistema de tratamento, que inclui as ETEs I e II, engloba as etapas de gradeamento, desarenador, tanque séptico e filtro anaeróbio. Além disso, a desidratação do lodo é realizada em leito de secagem na ETE Santa Terezinha, e o efluente tratado é disposto por lançamento superficial por meio de um emissário canalizado nos pontos de lançamento.

O corpo receptor dos efluentes líquidos tratados é o Arroio Cascão, localizado nas coordenadas geográficas Latitude -29,368434° e Longitude -50,7888898°.

Figura 60. Placa da Licença Operação da ETE Chacrão I.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 61. Estação de Tratamento de Esgoto Chacrão I.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 62. ETE - Fossa Filtro.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 63. Estrutura que iria se integrar a ETE Renascer.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.5 Estações de Tratamento Chacrão II

No contexto da Estação de Tratamento de Esgoto Chacrão II, a Licença de Operação de número 00911/2023, associada ao Processo nº 10568-05.67/19.1, estabelece os parâmetros operacionais. O Sistema de Esgotamento Sanitário compreende o sistema coletor, que consiste em uma rede coletora do tipo separador absoluto com condução por gravidade, e o sistema de tratamento, que envolve as ETEs Chacrão I e Chacrão II, equipadas com gradeamento, desarenador, tanque séptico e filtro anaeróbio. A ETE Santa Terezinha é responsável pela desidratação do lodo, e o efluente tratado é disposto por lançamento superficial por meio de emissário canalizado.

A vazão afluyente na ETE é de 90,00 m³/dia, e o corpo receptor dos efluentes líquidos tratados abrange o Arroio Cascão, localizado na Latitude -29,367183° e Longitude -50,787517°. Entretanto, é relevante mencionar que a ETE apresenta a circunstância de possuir uma quantidade significativa de resíduos sólidos nas proximidades de suas instalações, o que demanda atenção e possíveis medidas de gestão apropriadas.

O processo de tratamento e disposição do lodo proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) Chacrão I e II compreende a etapa de desidratação, a qual é realizada em leito de secagem na ETE Santa Terezinha. Após essa etapa, o lodo é encaminhado para um local de disposição final devidamente licenciado, garantindo a conformidade com as regulamentações ambientais.

Figura 64. Placa da Licença ETE Chacrão II.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 65. ETA Chacrão II.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.6 Estação de Tratamento São Luiz

A ETE São Luiz adota um sistema de fossa filtro. Esta unidade opera em conformidade com a Licença de Operação de número 05124/2020, com validade estendida até agosto de 2025. As coordenadas geográficas do ponto de lançamento do efluente são - 29,34656400 de latitude e - 50,81040300 de longitude.

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) abrange um sistema coletor que consiste em uma rede coletora do tipo separador absoluto, com condução por gravidade, atendendo aos bairros São Luiz e Loteamento Recanto da Amizade. O sistema de tratamento compreende gradeamento, tanque séptico e dois filtros anaeróbios. O processo de desidratação do lodo é conduzido na ETE Santa Terezinha. A disposição final do efluente tratado ocorre através de lançamento superficial por meio de emissário canalizado no ponto de emissão indicado na presente licença, com uma vazão afluente na ETE de 340 m³/dia.

Figura 66. Placa da Licença ETE São Luiz.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 67. ETE Fossa Filtro.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A ETE São Luiz apresenta a ausência de adequado cercamento, encontrando-se em condições não satisfatórias, não contando com cortinamento vegetal e estando em proximidade com áreas residenciais (Figura 68 e Figura 69).

Figura 68. Área entorno da ETE São Luiz.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 69. Ao redor da ETE São Luiz.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.7 Estação de tratamento de esgoto do Lago

A referida ETE está situada no interior de um espaço público, mais especificamente, em meio a um parque público, no entanto, encontra-se **desativada**.

Figura 70. ETE do Lago.



Fonte: Garden Projetos (2024).

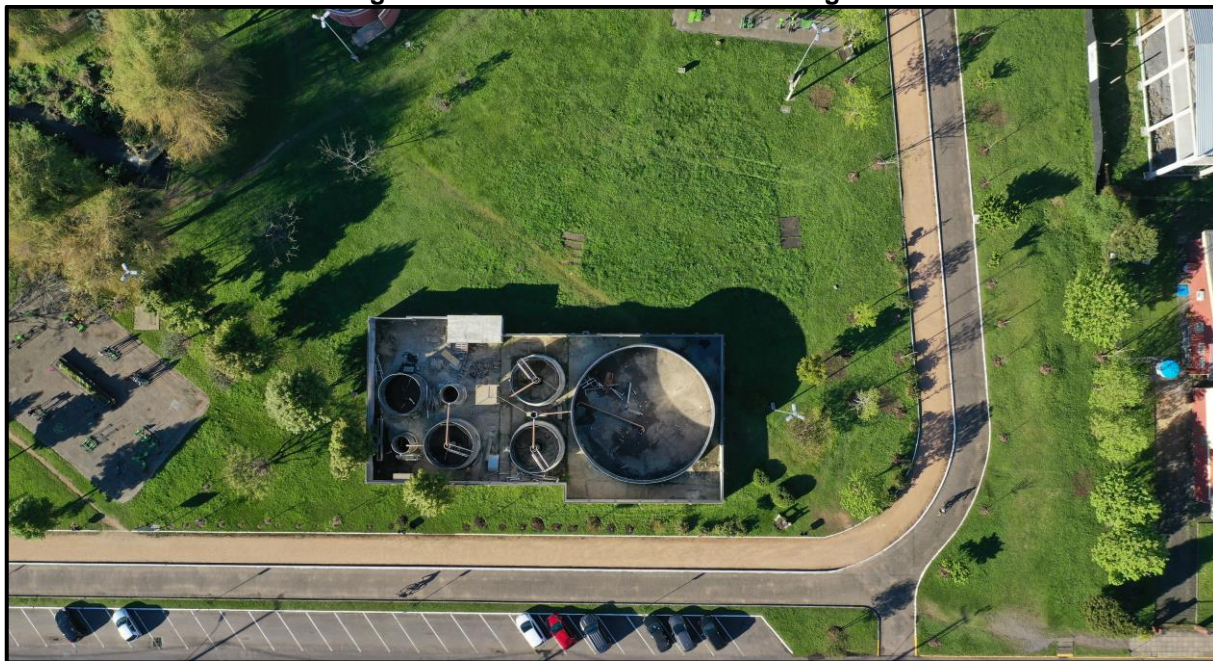
Figura 71. Vista aérea da ETE do Lago.



Fonte: Garden Projetos (2024).

É visto que na ETE do Lago, não ocorre o acúmulo de água proveniente da precipitação, o que é importante, pois o acúmulo de água em espaços públicos pode representar um risco à segurança pública.

Figura 72. Vista de cima da ETE da Lagoa.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.8 Estação de tratamento de esgoto Santa Marta

A ETE que está localizada no bairro Santa Marta é mais uma das que se encontram em situação de **inoperância**. A referida ETE é composta por um sistema biológico de tratamento de efluentes, possuindo 3 reatores biológicos aeróbios, dois decantadores lamelares e sistema de desinfecção.

Ressalta-se que a ETE Santa Marta se encontra com acesso aberto e em situação de abandono, o que resulta na deposição irregular de resíduos e vandalização da estrutura conforme pode ser visto na Figura 73 e Figura 74.

Figura 73. Saída decantador para desinfecção na ETE Santa Marta.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 74. Reatores biológicos na ETE Santa Marta.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.9 Estação de tratamento de esgoto Reserva da Serra

A ETE localizada na Reserva da Serra, situada na Estrada Canela - Parobé (Estrada das Tropas), Vila Dante, no município de Canela, desempenha um papel de significativa relevância no processamento do esgoto proveniente do Condomínio Reserva da Serra e do Loteamento Vista do Vale, somando um total de 247 conexões de esgoto. A operação da ETE está de acordo com a Licença de Operação de número 01909/2023, identificada pelo processo nº 146-05.67/23, cujo período de validade se estende de 27 de junho de 2023 a 27 de junho de 2028.

A vazão de projeto da ETE é de 7,9 metros cúbicos por hora, enquanto a vazão atual de operação da ETE é de 6,6 metros cúbicos por hora. O tratamento preliminar da estação inclui um sistema de gradeamento, desarenador e medidor de vazão. O tratamento primário é baseado em lodos ativados, utilizando valos de oxidação, seguidos por um decantador. O lodo é disposto em dois leitos de secagem com recirculação do percolado.

A ETE opera de forma contínua, 24 horas por dia. O esgoto tratado é descarregado no Arroio Quilombo (Latitude: -29,37645900 e Longitude: -50,84405500), que atua como o manancial receptor do esgoto tratado. A unidade operacional final do sistema é o Emissário Final de Esgoto Sanitário Tratado, que se estende por 1030 metros e 1910 metros, com diâmetros de 100 e 150, respectivamente. A tubulação é de PVC até o ponto de encontro com a rede pluvial.

A Estação de Bombeamento de Esgoto (EBE) denominada de Vista do Vale, localizasse na Rua das Rochas, nº 148, possui características específicas, incluindo um poço com registro de entrada, um poço com gradeamento para retenção de sólidos grosseiros, dois poços com uma bomba submersível cada um, e um poço com uma válvula de retenção que impede o retorno de esgoto já bombeado na tubulação. Isso reflete a infraestrutura essencial para o adequado funcionamento e gestão do sistema de esgoto na região.

Figura 75. Placa da Licença ETE Reserva da Serra – Licença vencida



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 76. Entrada da ETE



Fonte: Relatório operacional e analítico DECE/SUTRA nº 013/2023 ETE Reserva da Serra.

Este empreendimento caracteriza-se como o Sistema de Esgotamento Sanitário do Condomínio Reserva da Serra, compreendendo uma rede coletora do tipo separador absoluto. A ETE é constituída por diferentes etapas de tratamento, incluindo um tratamento preliminar com gradeamento, desarenador e vertedor triangular, seguido por um tratamento secundário que envolve o uso de lodos ativados em valos de oxidação e um decantador secundário. Além disso, a ETE efetua o tratamento do lodo por meio de dois leitos de secagem.

Figura 77. ETE Reserva da Serra.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 78. Leitos de secagem.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Os parâmetros monitorados na entrada e saída da ETE estão em conformidade com a Licença de Operação e baseiam-se na Resolução CONSEMA N° 355/2017. Com exceção da vazão, todos os outros parâmetros são monitorados mensalmente.

Os resultados das análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

demonstram eficiência no processo de redução deste parâmetro ao longo do tempo, sendo atendidos na maioria dos meses avaliados, com apenas uma discrepância em dezembro de 2022. O mesmo padrão de eficiência é observado nos resultados de Demanda Química de Oxigênio (DQO), com exceção dos meses de novembro e dezembro de 2022, onde houve discrepâncias (dados retirados do relatório operacional e analítico da DECE/SUTRA N°019/2020 para a renovação da licença operação).

Observou-se ainda presença de materiais flutuantes, como formação de espuma branca leve, nos meses de junho e setembro de 2022. Quanto aos óleos e graxas, os resultados indicaram o atendimento total ao parâmetro, sendo que os valores no efluente permaneceram consistentemente abaixo do limite de quantificação (<10 mg/L).

O Oxigênio Dissolvido foi mantido dentro dos padrões estabelecidos na maior parte do período avaliado, embora tenha ocorrido uma redução deste parâmetro que ultrapassou o limite mínimo em dezembro de 2022. Os valores de pH estavam em conformidade com os parâmetros ao longo do período avaliado.

A ETE demonstrou eficiência na remoção de Sólidos Sedimentáveis, com a maioria dos resultados abaixo do limite de detecção. Quanto aos Sólidos Suspensos Totais, há atendimento adequado em praticamente todos os meses avaliados, com exceção de novembro de 2022.

Em relação ao impacto no corpo receptor, que é o Arroio Quilombo, não foram detectadas inconformidades. Além disso, não há emissões de odores provenientes da ETE. A área da ETE está devidamente cercada em boas condições. Vale mencionar que a ETE não possui cortinamento vegetal, pois foi construída em um local afastado de residências, dentro de uma área de mata.

Figura 79. Vista aérea e Croqui da ETE - Reserva da Serra.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.1.10 Estação de tratamento de Esgoto Santa Terezinha

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) conhecida como Santa Terezinha está situada nas imediações do Arroio Santa Terezinha, na Rua Fernando Ferrari. Este empreendimento é caracterizado por sua significativa magnitude, apresentando uma vazão de Projeto de $7.776\text{m}^3/\text{dia}$ de efluente, o que a capacita para o tratamento do esgotamento sanitário de uma população estimada em 52.540 habitantes. A ETE opera

ininterruptamente, 24 horas por dia, e possui uma capacidade nominal de tratamento de 90 litros por segundo (L/s).

Figura 80. ETE - Santa Terezinha.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A validade da licença vinculada a este empreendimento abarca o período compreendido entre 24 de junho de 2022 e 24 de junho de 2027. Esta licença concede permissão para a recepção de resíduos provenientes da manutenção da rede e das estações elevatórias, restritos apenas às ETEs Araci Correa, São Luís e Chacrão, sendo estritamente proibido o recebimento de outros resíduos sem a expressa autorização da FEPAM. Além disso, a licença permite o destino de resíduos de esgotos sanitários e resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles originados de fossas.

Figura 81. Licença Operação da ETE Santa Terezinha.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Este complexo abrange um sistema coletor, composto por uma rede coletora do tipo separador absoluto, bem como estações elevatórias de esgoto, conforme especificações constantes no quadro dessa licença, e suas linhas de recalque. A Estação de Tratamento de Esgoto tem uma capacidade nominal de 90 litros por segundo (L/s) e inclui um sistema de tratamento composto por gradeamento, desarenador, medidor de vazão, flotador, reator biológico de leito móvel (MBBR), filtro biológico e sistema de desinfecção por UV.

O tratamento do lodo é efetuado em dois tanques digestores, e o conjunto do empreendimento compreende unidades auxiliares como guarita, casa de operações, casa de química, área de armazenamento de produtos químicos e área de resíduos.

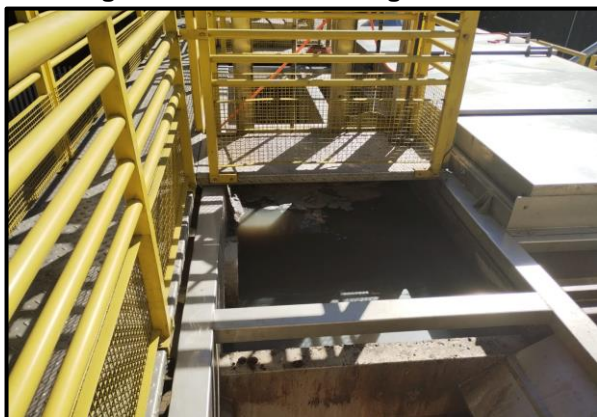
As atividades desempenhadas na ETE incluem a dosagem de cloro férrico e polímeros. Este empreendimento tem como finalidade primordial o tratamento de esgoto doméstico, sendo notável a sua capacidade de absorção de 90 L/s, embora, atualmente, esteja operando com uma vazão significativamente inferior de 15 L/s, monitorada por meio de um medidor de vazão ultrassônico. Além disso, a ETE atua na destinação de resíduos de esgotos sanitários e de resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles provenientes de fossas. O ponto de lançamento do efluente tratado é caracterizado pelas

seguintes coordenadas geográficas: Latitude - 29,35118600 e Longitude - 50,81928300.

A seguir será apresentado as etapas da ETE Santa Terezinha:

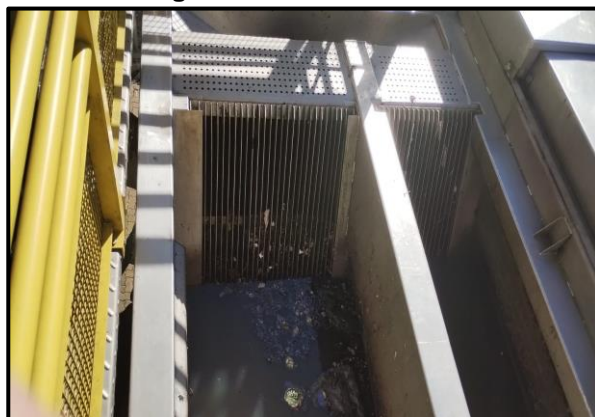
1. **Tratamento preliminar:** Composto por gradeamento e desarenadores. Os equipamentos são limpos sempre que necessário, da mesma forma que os desarenadores.

Figura 82. Entrada do esgoto bruto.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 83. Gradeamento.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 84. Gradeamento



Fonte: Garden Projetos (2024).

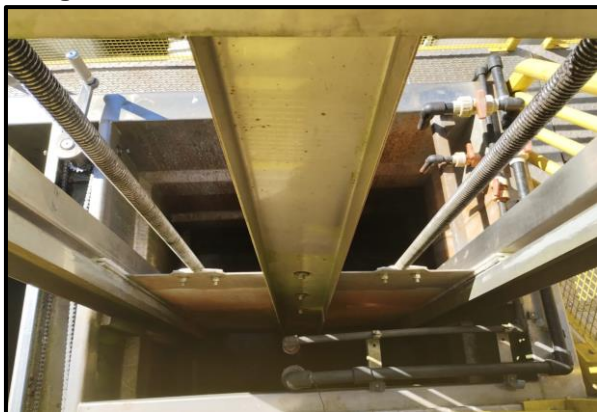
Figura 85. Caixa de Areia.



Fonte: Garden Projetos (2024).

2. **Etapa secundária:** Após passar pelo medidor de vazão, o efluente é direcionado para dois módulos distintos, caracterizados como flotores mecânicos. Nesse contexto, destaca-se o flotor de ar dissolvido de fluxo ascendente.

Figura 86. Medidor de Vazão Ultrassônico.



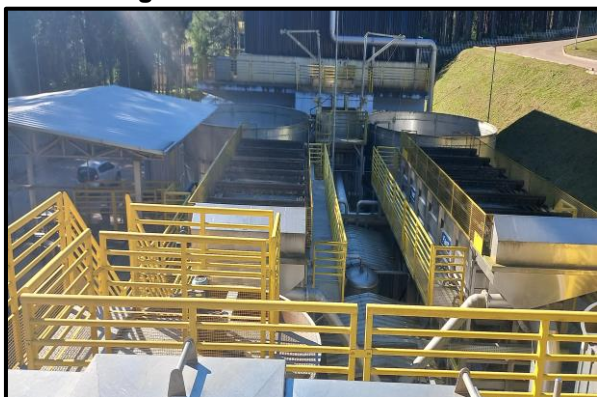
Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 87. Floculador.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 88. Flotador Mecânico.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 89. Flotador Mecânico.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 90. Flotador de ar dissolvido.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 91. Efluente Pré- Tratado.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Após a etapa de flotação do ar dissolvido, o efluente é direcionado para o tanque anóxico, desempenhando uma função crucial nas operações de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Este tanque contribui significativamente para a remoção

tanto da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) quanto do nitrogênio. No que se refere à remoção da DBO, o tanque anóxico estabelece condições anaeróbicas, nas quais a concentração de oxigênio é mínima ou nula. Sob essas condições, microorganismos específicos promovem a decomposição da matéria orgânica presente no efluente, resultando na redução da DBO, uma vez que a matéria orgânica é metabolizada, gerando gases como metano. Além disso, o tanque anóxico exerce um papel fundamental na remoção de nitrogênio, notadamente na forma de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-).

Operando em condições anaeróbicas, as bactérias desnitrificantes convertem o nitrato em nitrogênio gasoso (N_2), contribuindo para a diminuição da carga de nitrogênio no efluente tratado. Essa função é crucial para prevenir a poluição ambiental, pois concentrações elevadas de nitrogênio em corpos d'água podem desencadear problemas como eutrofização, comprometendo a qualidade da água.

Figura 92. Tanque anóxico - Removedor de DBO e Nitrogênio.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 93. Reator biológico de leito móvel (MBBR)



Fonte: Garden Projetos (2024).

Após deixar o tanque anóxico, o efluente segue para o filtro biológico percolador aerado, desempenhando um papel fundamental na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e contribuindo significativamente para a eficácia do processo de tratamento. Este componente realiza diversas funções essenciais.

No âmbito do tratamento biológico, o filtro é projetado para criar um ambiente propício ao crescimento de uma camada biológica ativa, na qual microorganismos como bactérias aeróbicas aderem à superfície do material de suporte, desempenhando um papel crucial na decomposição da matéria orgânica do efluente.

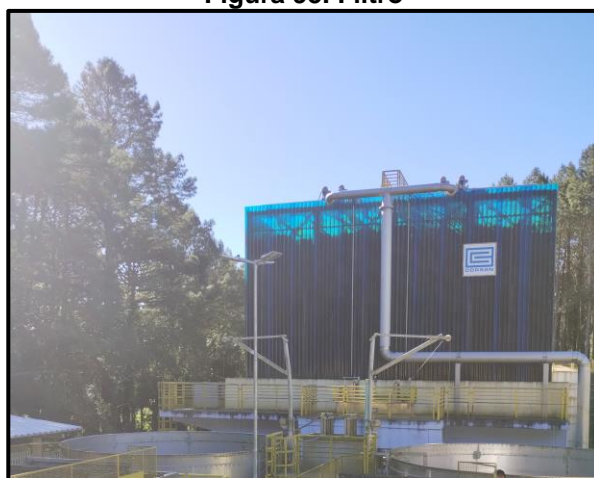
Adicionalmente, aeração é fornecida no filtro, garantindo um suprimento constante de oxigênio que os microrganismos aeróbios utilizam para metabolizar e oxidar os poluentes orgânicos, resultando na redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). O filtro também contribui para a remoção de sólidos suspensos, promovendo a clarificação da água tratada. Além disso, desempenha um papel no tratamento de nitrogênio, convertendo compostos nitrogenados e contribuindo para a estabilização do efluente ao transformar substâncias orgânicas complexas em formas mais simples e menos poluentes.

Figura 94. Filtro Biológico – Percolador aerado.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 95. Filtro



Fonte: Garden Projetos (2024).

O tratamento terciário, uma fase avançada no processo de purificação da água, incorpora tecnologias sofisticadas, entre as quais se destacam o flotador e a tecnologia ultravioleta (UV). O flotador, operando com base no princípio de flotação, introduz microbolhas de ar no efluente, promovendo a adesão às partículas suspensas e formando aglomerados flutuantes, facilitando sua remoção. Esse processo não apenas aprimora a clarificação da água, elevando a eficácia na eliminação de impurezas, mas também desempenha funções adicionais, incluindo o controle e a remoção de gases e odores da água, bem como a remoção de sólidos em suspensão.

Além disso, a tecnologia ultravioleta (UV) é um componente crucial neste estágio, sendo empregada para desinfecção e oxidação avançada. A exposição do efluente à luz ultravioleta inativa microrganismos patogênicos, vírus e bactérias, contribuindo para garantir a segurança microbiológica da água tratada. A eficiência do

tratamento terciário com UV não se limita apenas à desinfecção, pois também é eficaz na redução de odores indesejados e na eliminação de compostos orgânicos persistentes, aprimorando assim a qualidade global do efluente.

Figura 96. Tratamento Terciário.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 97. Flotador.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 98. Efluente do tratamento terciário.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 99. Ultravioleta.



Fonte: Garden Projetos (2024).

O lodo é direcionado ao biodigestor anaeróbico, onde se submete à digestão anaeróbica para a decomposição de resíduos orgânicos presentes no material, resultando na estabilização do lodo e na produção de biogás. O biogás gerado, composto principalmente por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), pode ser capturado e utilizado como fonte de energia renovável.

Além de contribuir para a produção de biogás, a digestão anaeróbica no biodigestor promove a estabilização do lodo, reduzindo a presença de matéria orgânica e patógenos. Essa atividade não apenas favorece a eficiência no gerenciamento e na

disposição final do lodo, reduzindo seu volume total, mas também minimiza odores desagradáveis associados à decomposição de resíduos orgânicos. Assim, o processo anaeróbico no biodigestor não apenas contribui para a produção de energia renovável, mas também melhora as condições ambientais no entorno da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

Figura 100. Biodigestor anaeróbico



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 101. Tanque de lodo.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Na subsequente fase do tratamento, o lodo é encaminhado para a centrífuga, um componente vital responsável pela desidratação e espessamento do lodo gerado no decorrer do processo de tratamento de efluentes. Este equipamento opera por meio do emprego da força centrífuga, efetivamente separando a fase líquida do lodo, resultando na remoção de água e na conseqüente redução do teor de umidade do material. Simultaneamente, a centrífuga contribui para o espessamento do lodo, incrementando sua concentração de sólidos.

Esta operação não apenas facilita a manipulação e disposição do lodo, mas também reduz significativamente o volume total do resíduo gerado (Figura 102). Além disso, a capacidade da centrífuga de promover a desidratação e espessamento do lodo é instrumental para otimizar a eficiência global da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), mitigando os custos associados ao transporte e tratamento final do lodo residual.

O resíduo sólido proveniente do processo de tratamento na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) Santa Terezinha é direcionado à Compostagem Santa, localizada na Fazenda Santa Rosa, no Distrito Costa da Cadeia, Triunfo, RS. Nesse local, ocorre a operação de uma Central de Compostagem de Resíduos Sólidos Industriais Classe II-A, em conformidade com sua caracterização específica.

A Estação de Bombeamento de Esgoto (EBEB) Santa Teresinha, encontra-se situada na localidade de Dom Luis Guanela, 800. O tipo de poço adotado é o Poço Úmido (PU), enquanto a Estação de Bombeamento de Esgoto (EBE) Altos Pinheiros localizado na rua Gladiolos, 125, é do tipo PS Seco, e a EBE (Vila Suzana) está localizada em José Gaudino da Rosa, 288, sendo também do tipo PU.

Figura 102. Centrífuga.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 103. Lodo.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Este complexo sistema é composto por um quadro de comando, um poço dotado de registro de entrada, outro provido de gradeamento para a retenção de sólidos grosseiros, além de dois poços, cada um equipado com uma bomba submersível. Adicionalmente, há um poço que incorpora uma válvula de retenção, desempenhando um papel crucial ao evitar o retorno de esgoto já bombeado na tubulação. Essa infraestrutura meticulosamente planejada ilustra a implementação de procedimentos e equipamentos específicos, garantindo a eficácia operacional e a qualidade do tratamento na ETE Santa Terezinha - EBEB Santa Teresinha.

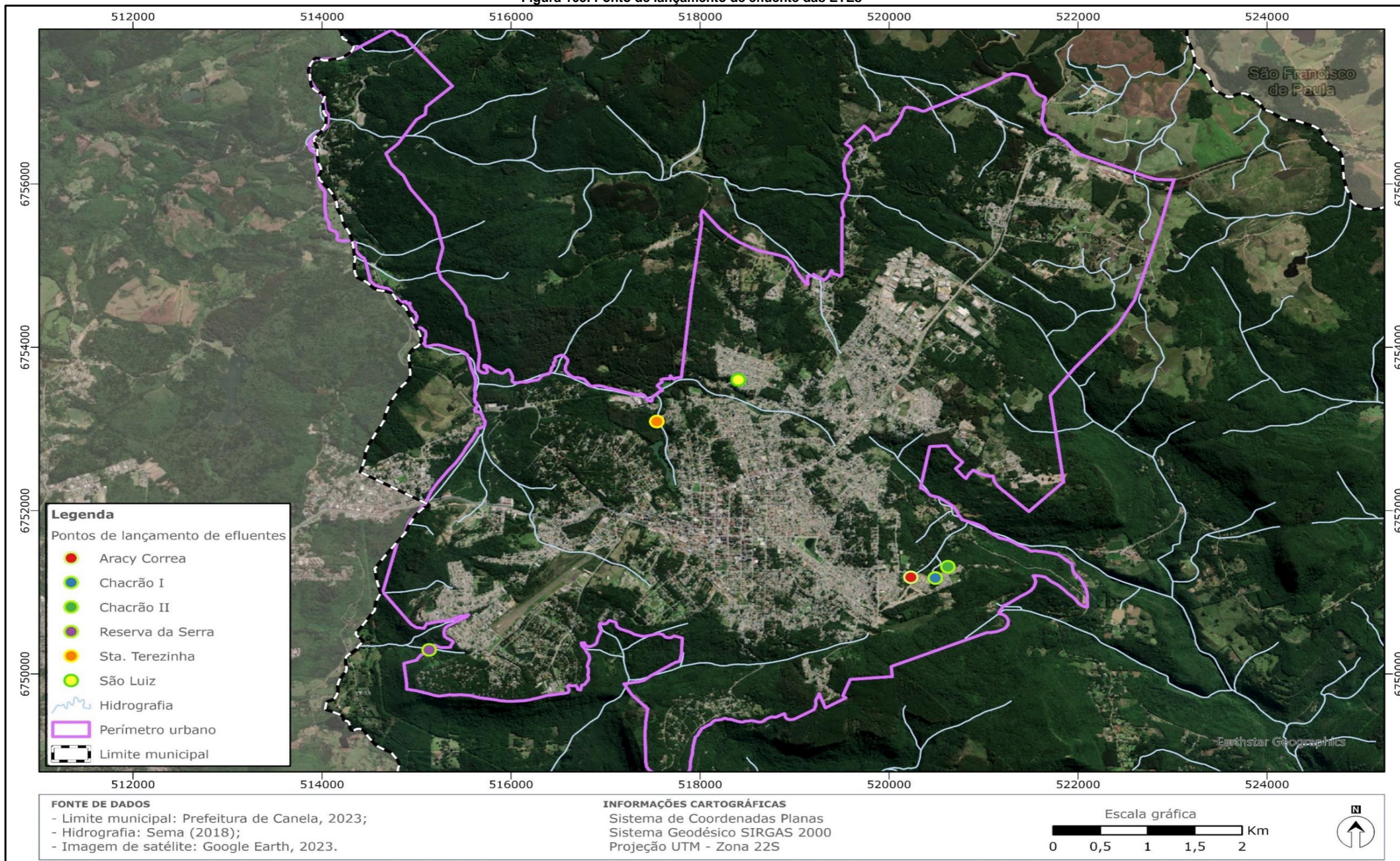
Abaixo é apresentado o croqui da ETE Santa Terezinha. Na Figura 105, é mostrado a localização dos pontos de lançamento de efluente de cada uma das estações em operação.

Figura 104. Croqui ETE- Santa Terezinha.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 105. Ponto de lançamento de efluente das ETEs



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.1.2 Identificação e análise das principais deficiências referentes ao sistema de esgotamento sanitário

Canela possui dez ETEs das quais apenas 6 estão em funcionamento e tratam o esgoto sanitário de uma população de 8.622 habitantes (SNIS, 2021). Somente a ETE de Santa Teresinha possui uma capacidade de tratamento para todo o número de habitantes de Canela.

Sendo 48.946 habitantes a população residente no município (IBGE, 2023), com um consumo de água per capita de 0,185 L/dia (SNIS, 2021), presume-se que a geração de esgoto seja na faixa de 301,8 m³/h. Porém, estima-se que em épocas de alta incidência turística o município possa comportar uma população próxima à 76.195 habitantes, que por sua vez, geram 506,86 m³/h de efluentes.

Estes números, em ambos os casos, mostram que há uma grande disparidade entre o efluente gerado e com o atual tratamento. Consoante a este cenário, há o fato de que algumas das ETEs em atividade não estão operando na máxima capacidade para a qual foram projetadas, o que implica no percentual de atendimento de apenas 18,76% da população, frente a uma média no Rio Grande do Sul de 34,07% (SNIS, 2021).

De acordo com os dados do censo demográfico de 2022, constata-se que em Canela, as formas predominantes de esgotamento sanitário são distribuídas da seguinte maneira: 73,57% dos domicílios utilizam o sistema de esgoto na rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede; 20,81% empregam fossa séptica ou fossa filtro não conectada à rede; e 4,06% fazem uso de fossa rudimentar ou buraco para o descarte de resíduos sanitários.

Tais dados demonstram que há uma ocorrência proporcionalmente alta de soluções individuais (fossas sépticas) em área urbana. Tal sistema é visto como uma alternativa secundária para ser utilizado em locais onde não há rede de coleta. Porém, deve-se atentar ao fato de que no geral, os solos que ocorrem no município de Canela são rasos e pedregosos, propriedades estas que podem inviabilizar a eficiência destes sistemas e possibilitar contaminação do solo e águas subterrâneas, portanto é necessário haver estudos e projetos de viabilidade prévios de sua execução. Além disso, esses sistemas atingem sua capacidade de infiltração ao longo do tempo e, com isto, há necessidade de uma limpeza da fossa filtro e sumidouro.

Considerando as condições atuais da cidade de Canela, a principal deficiência do sistema de esgotamento sanitário é o baixo índice de atendimento do sistema coletivo, pontuado pela existência 4 ETEs inoperantes e ocorrência de ETEs subutilizadas. Tal

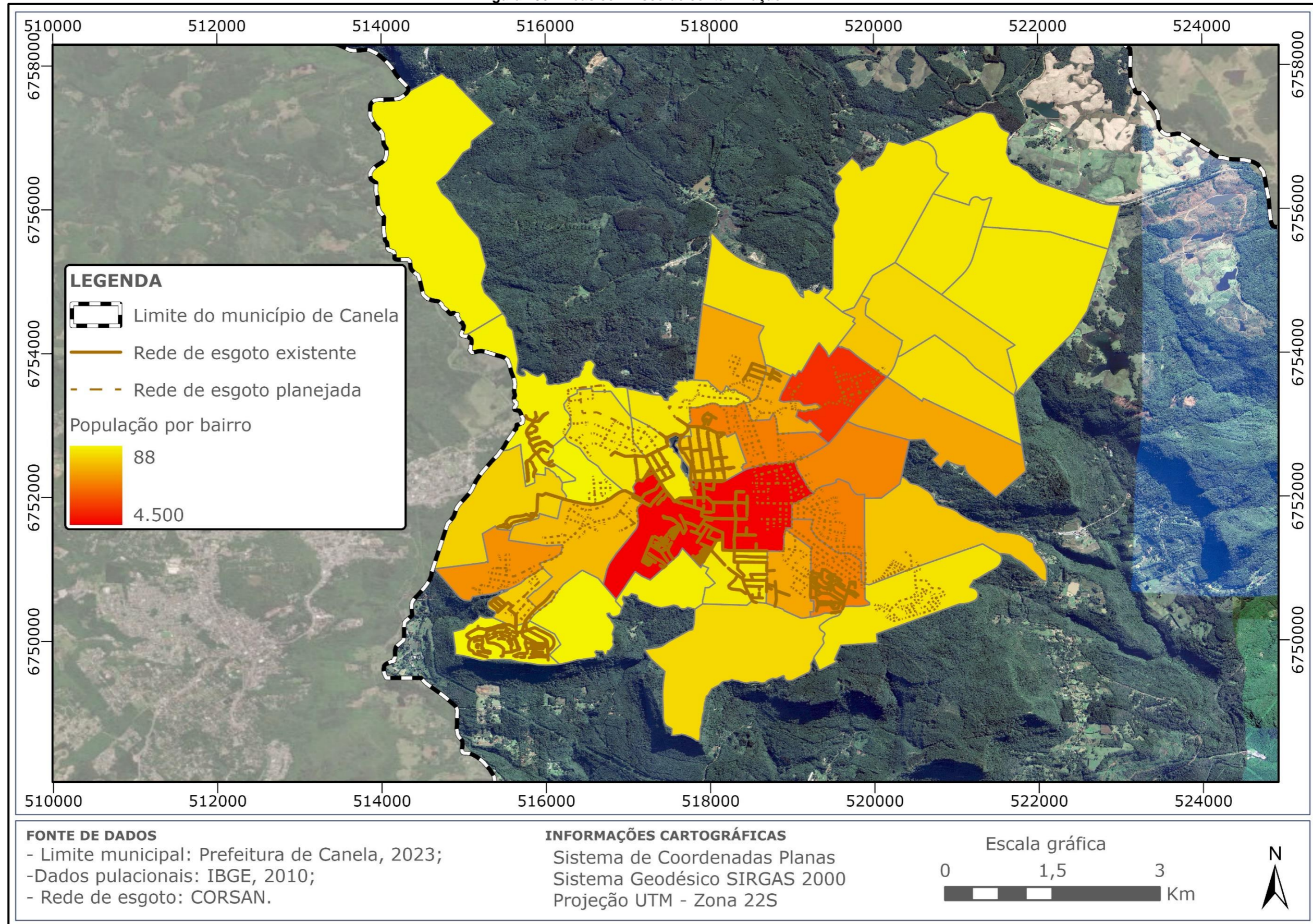
condição é favorável para que soluções individuais de esgotamento sanitário sejam instaladas, na maioria dos casos, sem estudos prévios propiciando possíveis contaminações de recursos hídricos e de solo. Além de um número considerável de soluções precárias no município (valas, fossas rudimentares, etc.) que requerem ações corretivas.

3.1.3 Indicação das áreas de risco de contaminação

O principal risco de contaminação em Canela está associado a parcela da população que não tem suas residências ligadas ao sistema coletivo de esgotamento sanitário, em especial, na área urbana por concentrar maior número de habitantes. Portanto para delimitar estas áreas foi necessário estimar as populações de Canela com base nos setores censitários do censo demográfico do ano de 2010. Assim, conforme mostra a Figura 106 é possível correlacionar a população dos bairros com a presença ou não da rede de esgoto, de forma que, quanto mais populosa as áreas mais suscetíveis estas estão a contaminação, em especial, se não há coleta de esgoto. Neste sentido, pode-se citar os bairros Canelinha, Boeira, Palace Hotel, Eugênio Ferreira e Santa Marta como pontos críticos uma vez que são populosos e não há incidência da rede de coleta de esgoto sobre estes.

As áreas nos arredores das ETEs também podem ser vinculadas a um determinado risco de contaminação, uma vez há um grande volume de efluente concentrado e em caso de falhas estruturais pode haver contaminação dos solos e recursos hídricos.

Figura 106. Áreas com risco de contaminação.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.1.4 Identificação de principais fundos de vale, corpos d'água receptores e possíveis áreas para locação de ETE

Os cuidados com a seleção de locais para a implantação de uma ETE e disposição final de resíduos líquidos no solo ou corpo hídrico são de extrema importância. O planejamento urbano, no passado realizou-se considerando, principalmente, os aspectos sociais, culturais e econômicos, e admitindo que o ambiente físico deveria adaptar-se às atividades do homem. Considerava-se que os recursos naturais podiam ser utilizados e alterados de forma ilimitada, desde que fossem atendidas as necessidades básicas dos habitantes de uma comunidade (MOTA, 1999).

Os desafios ambientais decorrentes desse tipo de planejamento resultaram na deterioração dos recursos naturais, gerando impactos adversos na qualidade de vida humana. Esses problemas destacaram a necessidade de respeitar as leis da natureza ao ocupar uma determinada área. O elemento determinante na seleção da localização para um sistema de tratamento de esgoto, que historicamente consistia principalmente em fatores econômicos e facilidade operacional, agora incorpora considerações adicionais relacionadas a aspectos ambientais e sociais.

Com o advento dos sistemas de informação geográfica, tornou-se mais fácil a gestão e locação de áreas suscetíveis a implantação de estações de tratamento de esgoto, sendo possível geoespacializar e correlacionar critérios que expressam a apropriabilidade de determinada área.

Alguns dos critérios mais utilizados por estudiosos em estudos locacionais são:

- **Declividade:** Na seleção do local, a inclinação é uma questão importante, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. A construção de uma ETE em terrenos íngremes aumentará o custo de escavação e aterro, além de intensificar o fluxo de esgoto lixiviado para as águas superficiais e subterrâneas.
- **Proximidade com os rios:** Em geral, as ETEs devem ser construídas nas proximidades dos corpos receptores do efluente tratado.
- **Altitude:** Para possibilitar que o efluente chegue por força da gravidade, é necessário que a elevação do local seja inferior àquela das partes mais baixas da zona urbana.
- **Proximidade com estradas:** A distância em relação às estradas aumenta o custo da construção e manutenção das ETEs.

- **Distância da área urbana:** Devido às condições ambientais desfavoráveis e à produção de gases e odores desagradáveis, a ETE deve ser localizada à uma certa distância de áreas residenciais.

Seguindo a metodologia proposta nos estudos locacionais de ETEs elaborados por Al Nasiri et al. (2023) e Zhou et al. (2022) os critérios previamente citados foram espacializados no município de Canela e classificados em 5 classes de apropriabilidade recebendo valores de 1 a 5, onde 1 representa um local muito pouco apropriado e 5 representa o extremo oposto.

Os limites definidos para as classes de apropriabilidade foram definidos conforme Tabela 3 abaixo e foram baseados nos trabalhos de Al Nasiri et al. (2023) e Zhou et al. (2022), assim como pelas características da área.

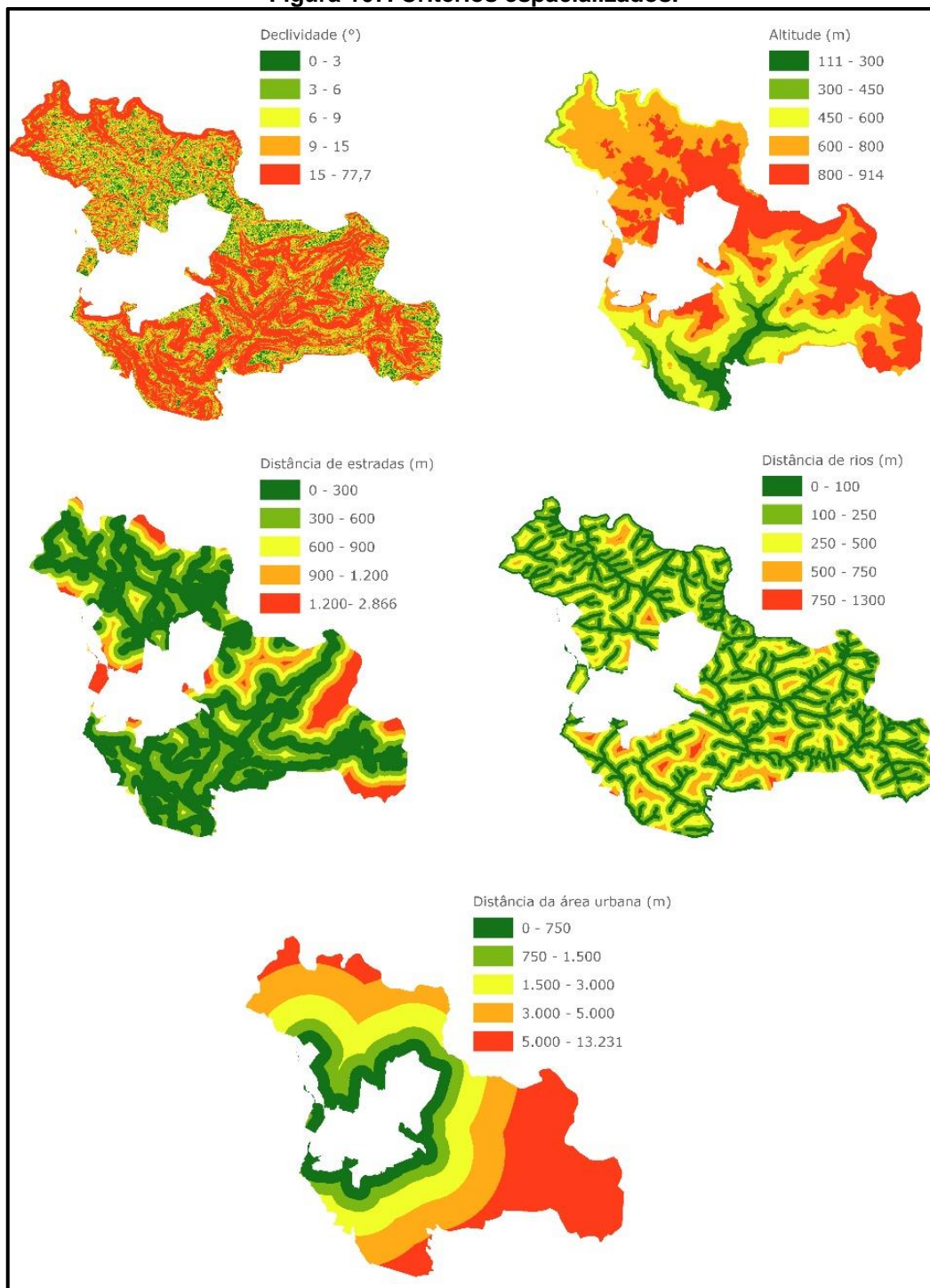
Tabela 3. Limites das classes e valores de apropriabilidade.

| Critério | Limites das classes | Valor de apropriabilidade |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Declividade (°) | 0 – 3 | 5 |
| | 3 – 6 | 4 |
| | 6 – 9 | 3 |
| | 9 - 15 | 2 |
| | >15 | 1 |
| Altitude (m) | 111 – 300 | 5 |
| | 300 – 450 | 4 |
| | 450 – 600 | 3 |
| | 600 – 800 | 2 |
| | >800 | 1 |
| Distância de estradas (m) | 0 – 300 | 5 |
| | 300 – 600 | 4 |
| | 600 – 900 | 3 |
| | 900 – 1200 | 2 |
| | >1200 | 1 |
| Distância da área urbana (m) | 0 – 750 | 5 |
| | 750 – 1500 | 4 |
| | 1500 – 3000 | 3 |
| | 3000 – 5000 | 2 |
| | >5000 | 1 |
| Distância de rios (m) | 0 – 100 | 5 |
| | 100 – 250 | 4 |
| | 250 – 500 | 3 |
| | 500 – 750 | 2 |
| | >750 | 1 |

Fonte: adaptado de Al Nasiri et al. (2023) e Zhou et al. (2022).

Os critérios espacializados no município de Canela são apresentados na Figura 107. Nesta análise as áreas do perímetro urbano não foram consideradas, uma vez que, em uma situação ideal, estações de tratamento de efluentes não devem ser alocadas em áreas com alta densidade habitacional.

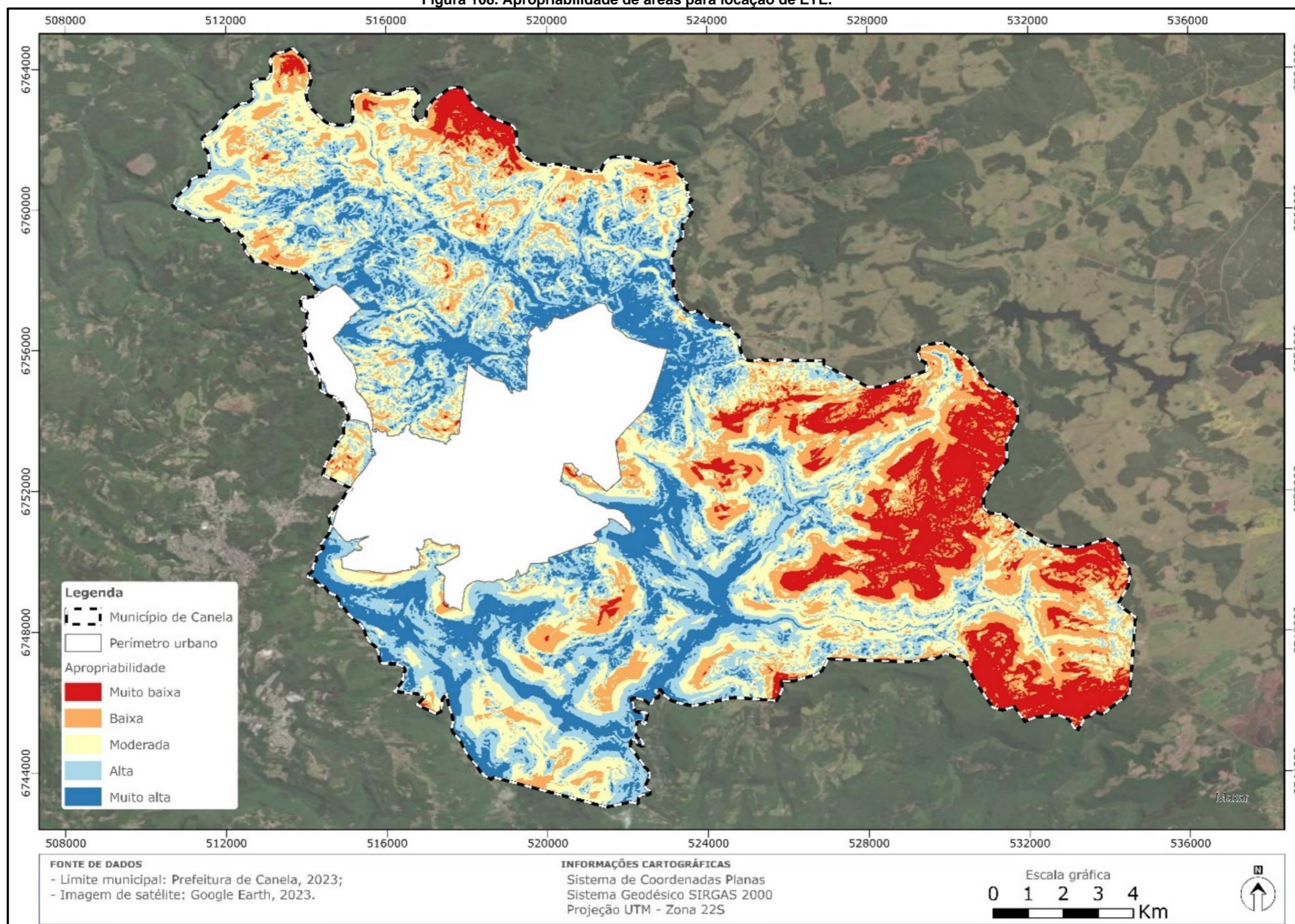
Figura 107. Critérios espacializados.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

A soma destes critérios (considerando todos com pesos iguais) resultou no mapa apresentado na Figura 108. Ressalta-se que há a necessidade de averiguar outras questões além dos critérios utilizados, como por exemplo: espaço físico disponível no terreno, proximidade da rede elétrica, risco de inundação, direção dos ventos, uso e ocupação do solo, capacidade do corpo receptor, entre outros fatores.

Figura 108. Apropriabilidade de áreas para locação de ETE.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.1.5 Identificação e análise da situação econômico-financeira do serviço de esgotamento sanitário

A tabela abaixo é referente aos custos e despesas relacionados à coleta e tratamento do efluente sanitário de Canela.

Quadro 17. Receitas e despesas.

| | Variáveis | Valor (R\$/ano) |
|---|---|------------------------|
| Receitas | Receita operacional direta de esgoto | 1.469.151,33 |
| | Receita operacional indireta | 837.165,82 |
| | Receita operacional total (direta + indireta) | 29.859.928,17 |
| | Arrecadação total | 29.783.495,18 |
| Despesas e custos | Despesa com pessoal próprio | 5.461.449,51 |
| | Despesa com produtos químicos | 1.552.160,20 |
| | Despesa com energia elétrica | 5.510.961,27 |
| | Despesa com serviços de terceiros | 3.977.745,49 |
| | Despesas de exploração (DEX) | 19.531.098,09 |
| | Despesas com juros e encargos do serviço da dívida | 2.234.144,29 |
| | Despesas totais com os serviços (DTS) | 24.304.488,95 |
| | Despesas capitalizáveis realizadas pelo prestador de serviços | 1.068.557,59 |
| | Despesas com depreciação, amortização do ativo diferido e provisão para devedores duvidosos | -978.045,33 |
| | Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX | 1.719.462,24 |
| Despesas fiscais ou tributárias não computadas na DEX | -734.434,47 | |
| Investimentos | Investimento realizado em esgotamento sanitário pelo prestador de serviços | 3.272.406,29 |

Fonte: SNIS (2021).

Os indicadores de eficiência comercial e operacional devem ser utilizados pela CORSAN como indicativo de resultado, visando o planejamento de ações contínuas de melhoria de desempenho das atividades comerciais, e não apenas como instrumento comparativo entre unidades. Salienta-se a importância quanto à qualidade das informações referentes a todas as variáveis das ações desenvolvidas na Unidade de Saneamento.

3.1.6 Caracterização da prestação dos serviços segundo indicadores

No quadro a seguir serão apresentados os indicadores das prestações de serviço de acordo com o SNIS (2021).

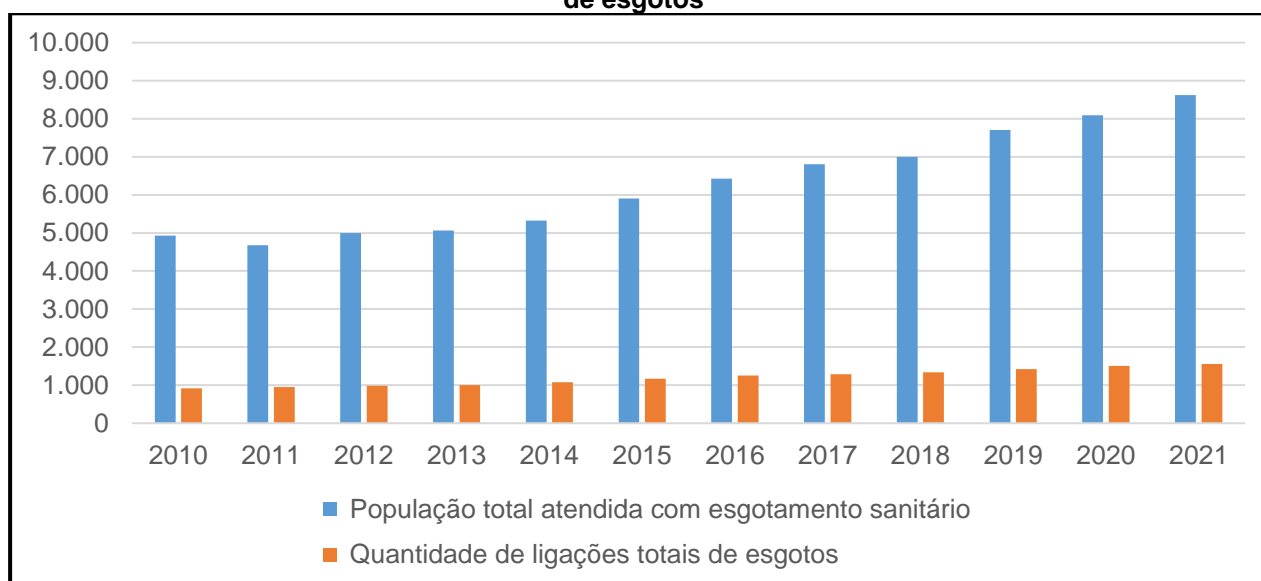
Quadro 18. Indicadores SNIS (2021)

| | |
|---|--------|
| População urbana atendida com Esgotamento Sanitário | 8.622 |
| Quantidade de ligações ativas de esgotos | 1.507 |
| Quantidade de economias ativas de esgotos | 4.064 |
| Extensão da rede de esgotos | 36,2 |
| Volume de esgotos coletado | 394,41 |
| Volume de esgotos tratado | 813,4 |
| Volume de esgotos faturado | 463,74 |
| Quantidade de economias residenciais ativas de esgotos | 3.278 |
| Quantidade de ligações totais de esgotos | 1.555 |
| Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos | 46 |
| Índice de coleta de esgoto | 13,94 |
| Índice de tratamento de esgoto | 100 |
| Extensão da rede de esgoto por ligação | 23,63 |
| Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água | 20,54 |
| Índice de esgoto tratado referido à água consumida | 28,75 |
| Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto | 20,54 |
| Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água | 18,76 |
| Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário | 0,12 |

Fonte: SNIS (2021).

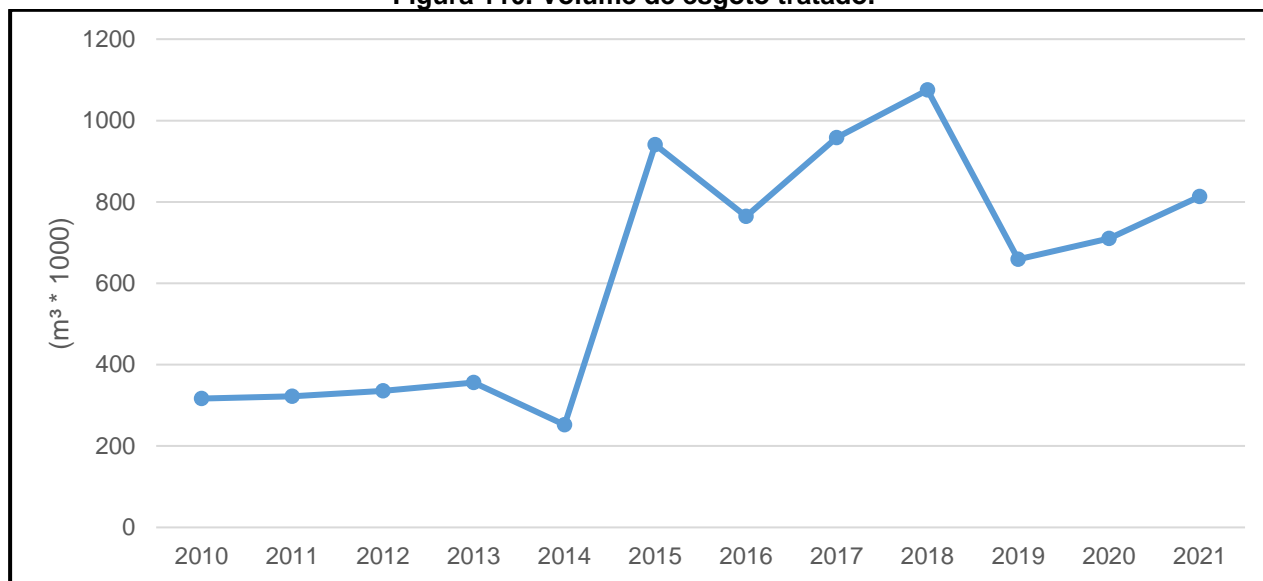
Nas figuras a seguir são apresentados a evolução de alguns dos principais indicadores do esgotamento sanitário no período de 11 anos (entre 2010 e 2021). A análise temporal dos indicadores possibilita um melhor entendimento do contexto em que o município de Canela está inserido e o rumo que se está sendo tomado em termos de esgotamento sanitário.

Figura 109. População total atendida com esgotamento sanitário e Quantidade de ligações totais de esgotos



Fonte: SNIS (2010 - 2021).

Figura 110. Volume de esgoto tratado.



Fonte: SNIS (2010-2021).

3.2 Levantamento e avaliação das tecnologias existentes para o tratamento e reuso das águas residuais, passíveis de implementação no município

O tratamento de efluentes busca agir em quatro principais causas, sendo: a redução da matéria orgânica, a redução de nutrientes, a remoção de sólidos e remoção de microrganismos patogênicos. O Tratamento dos efluentes podem ser divididos em:

- Tratamento centralizado (ETEs)

O tratamento centralizado de efluente pode ser dividido em três principais níveis: o tratamento preliminar, o tratamento primário e o tratamento secundário. **No tratamento preliminar** são removidos os sólidos mais grosseiros. Como seus principais componentes tem-se o gradeamento, a caixa desarenadora e o medidor de vazão.

O sistema de gradeamento emprega barras de ferro ou aço alinhadas paralelamente para reter os sólidos grosseiros presentes nos esgotos sanitários. Ao reter esses sólidos, o sistema oferece vantagens como a prevenção de abrasão nos equipamentos e tubulações, a eliminação ou redução do risco de obstruções em tubulações, tanques, orifícios e sifões, além de facilitar o transporte do líquido. A escolha do espaçamento entre as barras da grade é determinada pelo diâmetro dos sólidos a serem retidos, classificando as barras como grosseiras, médias ou finas. A limpeza das barras pode ser mecanizada ou manual, sendo que para vazões de projeto acima de 250

L/s torna-se obrigatória a automatização (ABNT NBR 12.209/2011). Para melhorar sua eficiência, estas grades devem ser instaladas em uma inclinação entre 30° e 60°.

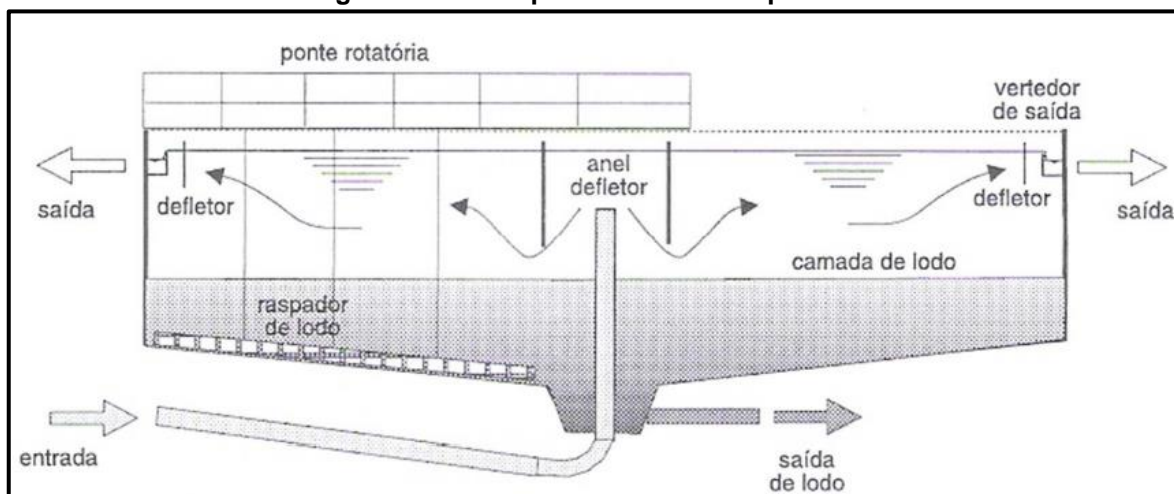
A caixa desarenadora é utilizada para remoção das partículas discretas (sólidos sedimentáveis que não coagulam) como areia e outros minerais. São, em geral, canais por onde a água passará lentamente possibilitando a deposição dos sólidos no fundo do sistema. Podem ter limpeza manual ou mecanizada, sendo que as mecanizadas normalmente contêm um eixo giratório e uma rosca helicoidal para remoção do material precipitado.

É essencial monitorar a variação da vazão e regular a velocidade dos esgotos sanitários nas estações de tratamento de esgotos. Para esse fim, empregam-se medidores de vazão localizados após a caixa de areia (desarenador), os quais desempenham um papel crucial no controle da altura da lâmina dos esgotos sanitários. Esses medidores podem assumir a forma de vertedores proporcionais, como o tipo Sutro, ou utilizar calhas, como os modelos Parshall ou Palmer Bowlus.

Como elemento opcional, previamente ao início do tratamento primário, pode-se utilizar um tanque de equalização. Tais tanques tem como finalidade tornar constante a vazão e as cargas que adentram o sistema de tratamento. Dentre suas vantagens tem-se a minimização de cargas de choque no tratamento biológico, manutenção da carga de sólidos constante aumentando a eficiência do tratamento, maior controle na dosagem de reagentes e dar maior flexibilidade operacional.

O **tratamento primário** é um processo físico e objetiva a remoção de sólidos em suspensão, passíveis de sedimentação. Esta etapa ocorre nos chamados decantadores primários (Figura 111), onde a água passa lentamente de maneira ascendente possibilitando a formação de flocos que se depositarão no fundo, formando o lodo primário. Nesta fase pode ser removido entre 25 e 35% da DBO. Os decantadores primários podem ser classificados quanto a sua geometria, dispositivo de remoção de lodo, fundo e sentido do fluxo.

Figura 111. Exemplo de decantador primário.



Fonte: Von Sperling (2005).

Tratamento secundário constituindo uma das fases mais importante do tratamento de efluentes, essa etapa visa eliminar a matéria orgânica biodegradável, tanto solúvel quanto coloidal, por meio da ação de microrganismos. Além disso, busca-se a remoção de sólidos coloidais não sedimentáveis e suspensos para o interior de flocos biológicos ou biofilmes.

Durante esse processo, ocorre a extração de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, e a degradação de compostos como carboidratos, óleos e graxas, proteínas, bem como outros compostos complexos, convertendo-os em componentes mais simples.

O tratamento secundário pode ser realizado por diversos sistemas e unidades de tratamento, sobressaindo estes:

- Lodos ativados;
- Reator UASB;
- Filtros biológicos;
- Lagoas de estabilização;

O processo de lodos ativados compreende duas unidades principais: o tanque de aeração e o decantador secundário. No tanque de aeração, ocorre a decomposição aeróbia do substrato orgânico solúvel, resultando na formação de flocos biológicos que sedimentam posteriormente no decantador secundário. A concentração elevada de biomassa no tanque de aeração é mantida por meio da recirculação dos sólidos sedimentados do decantador secundário, assegurando uma permanência prolongada da biomassa no sistema e garantindo uma eficiência substancial na remoção da matéria

orgânica. Uma parte dos sólidos sedimentados, que não é recirculada, é retirada do processo, caracterizando a produção excedente de lodo, conhecida como lodo secundário. De acordo com Von Sperling (2005), as principais vantagens e desvantagens desse sistema são mostradas no Quadro 19.

Quadro 19. Vantagens e desvantagens dos lodos ativados.

| | |
|---------------|--|
| Vantagens: | <ul style="list-style-type: none">• Remoção de matéria orgânica (DBO) de 85% a 93%;• Remoção de sólidos suspensos (SS) de 87% a 93%;• Remoção de nitrogênio na forma de amônia superior a 80%;• Remoção de fósforo total inferior a 35% |
| | <ul style="list-style-type: none">• Baixos requisitos de área;• Flexibilidade operacional; |
| Desvantagens: | <ul style="list-style-type: none">• Baixa eficácia na remoção de coliformes (necessidade de pós tratamento);• Elevado custo de implantação e operação• Elevado consumo de energia;• Elevada produção de lodo;• Necessidade de tratamento e disposição final de lodo. |

Fonte: Von Sperling (2005).

O Reator UASB é uma tecnologia de tratamento biológico de esgotos fundamentada na decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Este sistema compreende uma coluna de escoamento ascendente, integrando uma zona de digestão, uma zona de sedimentação e um dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido.

O esgoto entra no reator, sendo distribuído pelo seu fundo, e percorre uma trajetória ascendente desde a parte mais baixa até encontrar a manta de lodo. Nesse ponto, ocorre a mistura, biodegradação e digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, resultando na produção de gases metano, carbônico e sulfídrico como subprodutos.

O esgoto, ainda em fluxo ascendente, atravessa passagens definidas pelos dispositivos de coleta de gases e de sedimentação, alcançando a zona de sedimentação. A manutenção de um leito de sólidos em suspensão caracteriza a manta de lodo, e é nessa zona, devido ao fluxo contínuo e ascendente de esgotos, que ocorre a decomposição do substrato orgânico pela ação de organismos anaeróbios. De acordo com Von Sperling (2005), as principais vantagens e desvantagens desse sistema são apresentadas no Quadro 20.

Quadro 20. Vantagens e desvantagens do sistema de reator UASB.

| | |
|---------------|--|
| Vantagens: | <ul style="list-style-type: none">• Remoção de matéria orgânica (DBO) de 60% a 75%;• Remoção de sólidos suspensos (SS) de 65% a 80%;• Remoção de nitrogênio na forma de amônia superior a 80%;• Remoção de fósforo total inferior a 35%• Baixos requisitos de área;• Flexibilidade operacional;• Baixo custo de implantação e operação;• Reduzido consumo de energia;• Possibilidade de aproveitamento energético do biogás;• Baixa produção de lodo;• Necessidade apenas de disposição final de lodo. |
| Desvantagens: | <ul style="list-style-type: none">• Baixa eficácia na remoção de coliformes (necessidade de pós tratamento);• Não remove nitrogênio e fósforo (necessidade de pós-tratamento);• Possibilidade de emissão de maus odores. |

Fonte: Von Sperling (2005).

Nos filtros biológicos a estabilização da matéria orgânica é realizada por organismos aeróbios que possuem a capacidade de aderir a um meio suporte inerte, como pedras e plástico. Os efluentes são aplicados na parte superior do filtro biológico e fluem, em direção descendente, pelos espaços vazios existentes no meio suporte. Conforme percorrem essa trajetória, os esgotos entram em contato com a biomassa aderida, conhecida como biofilme, onde a fração solúvel da matéria orgânica é decomposta aerobiamente.

O biofilme, fixado ao meio suporte, cresce à medida que oxigênio (devido ao gradiente de temperatura entre o interior do reator e o ambiente externo) e substrato orgânico são fornecidos. A falta de oxigênio e substrato para os organismos inicialmente ancorados no biofilme resulta no desprendimento deste do meio suporte, formando flocos biológicos que serão posteriormente removidos no decantador secundário. Algumas vantagens e desvantagens dos filtros biológicos são apresentadas no Quadro 21.

Quadro 21. Vantagens e desvantagens dos filtros biológicos.

| | |
|---------------|--|
| Vantagens: | <ul style="list-style-type: none"> • Satisfatória eficiência na remoção de DBO (até 95%); • Satisfatória eficiência na remoção de sólidos suspensos (até 95%); • Remoção de nitrogênio na forma de amônia de até 90%; • Remoção de fósforo de em média 50%; • Equipamentos mecânicos simples; • Baixo consumo de energia; • Baixo custo operacional; • Boa resistência a sobrecargas de vazão; |
| Desvantagens: | <ul style="list-style-type: none"> • Relativamente sensível a descargas tóxicas; • Necessidade de tratamento e disposição final do lodo; • Relativa dependência da temperatura do ar; • Possíveis problemas com moscas, especialmente nos filtros de baixa taxa; • Problemas com entupimentos dos espaços vazios do meio suporte • Elevada perda de carga do sistema |

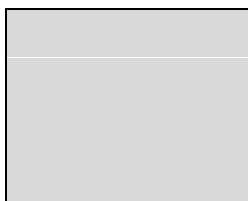
Fonte: Adaptado de Miglino (1978) e Von Sperling (2005).

As lagoas facultativas são estruturas utilizadas no tratamento de efluentes, caracterizadas por proporcionar condições favoráveis para processos biológicos naturais. Essas lagoas são projetadas para operar em condições aeróbias e anaeróbias, permitindo a degradação de matéria orgânica por meio da atividade bacteriana.

O processo em uma lagoa facultativa envolve a exposição do efluente a microrganismos presentes na água, solo e na própria matéria orgânica. A decomposição biológica ocorre tanto na camada superior, onde há presença de oxigênio, quanto na camada inferior, onde as condições são anaeróbias. Essa alternância entre zonas aeróbias e anaeróbias ajuda na quebra dos componentes orgânicos. As vantagens desse e desvantagens desse sistema são apresentadas no Quadro 22.

Quadro 22. Vantagens e desvantagens das lagoas de e estabilização.

| | |
|---------------|---|
| Vantagens: | <ul style="list-style-type: none"> • Remoção de matéria orgânica (DBO) de 75% a 85%; • Remoção de sólidos suspensos (SS) de 70% a 80%; • Construção, operação e manutenção simples; • Custo de implantação e operação reduzido; • Ausência de equipamentos mecânicos; • Remoção de lodo necessária, após período de operação de vinte anos. |
| Desvantagens: | <ul style="list-style-type: none"> • Elevados requisitos de área; • Possível necessidade de remoção de algas; |



- Descaso com a manutenção, devido à simplicidade operacional;
- Possibilidade de crescimento de insetos;
- Possibilidade de emanação de maus odores;
- Remoção periódica (em anos) de lodo na lagoa.

Fonte: Von Sperling (2005).

• **Tratamento descentralizado**

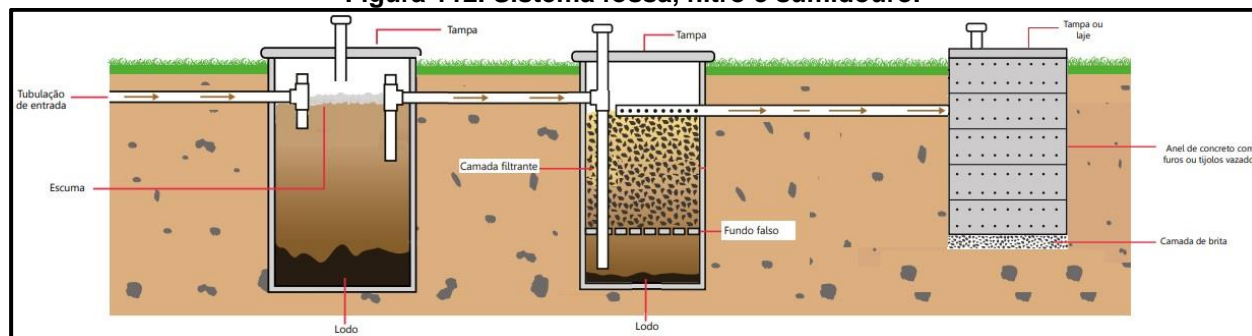
Os sistemas de tratamento de efluente unifamiliares ou semicoletivos devem ser utilizados em domicílios que não são atendidos por serviços de coleta de esgoto. Estes, são boas alternativas para garantir a saúde da população e ao mesmo tempo manter a integridade ambiental dessas localidades, especialmente de áreas menos densamente habitadas (USEPA, 2002).

De modo geral, sistemas descentralizados são aqueles que coletam, tratam e fazem a disposição final ou reúso do esgoto em local próximo à sua geração, diferentemente do que ocorre nos sistemas centralizados tradicionais. Para instalação destes tipos de sistema deve-se atentar as características ambientais do local de instalação, como por exemplo:

- Área disponível para a implantação do sistema (tamanho da área e declividade do terreno);
- Tipo de solo e sua capacidade de infiltração;
- Profundidade do lençol freático;
- Presença de nascentes e cursos d'água superficiais;
- Clima;
- Sistema fossa, filtro e sumidouro.

O sistema fossa, filtro e sumidouro (Figura 112) é um dos mais utilizados tratando-se de soluções descentralizadas. Este sistema é composto por três principais componentes por onde o efluente passa subsequentemente: o tanque séptico (fossa), o filtro anaeróbio e o sumidouro. Sua construção deve ser realizada de acordo com as normas técnicas NBR 7229/1993 e NBR 13969/1997.

Figura 112. Sistema fossa, filtro e sumidouro.



Fonte: adaptado de Tonetti et al. (2018).

O tanque séptico é formado por uma câmara que armazena o esgoto por um determinado período de tempo, proporcionando a sedimentação de material sólido e a flutuação de óleos e gorduras. Esses sólidos retidos no fundo formam o lodo do tanque séptico, que aloja os micro-organismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica do esgoto.

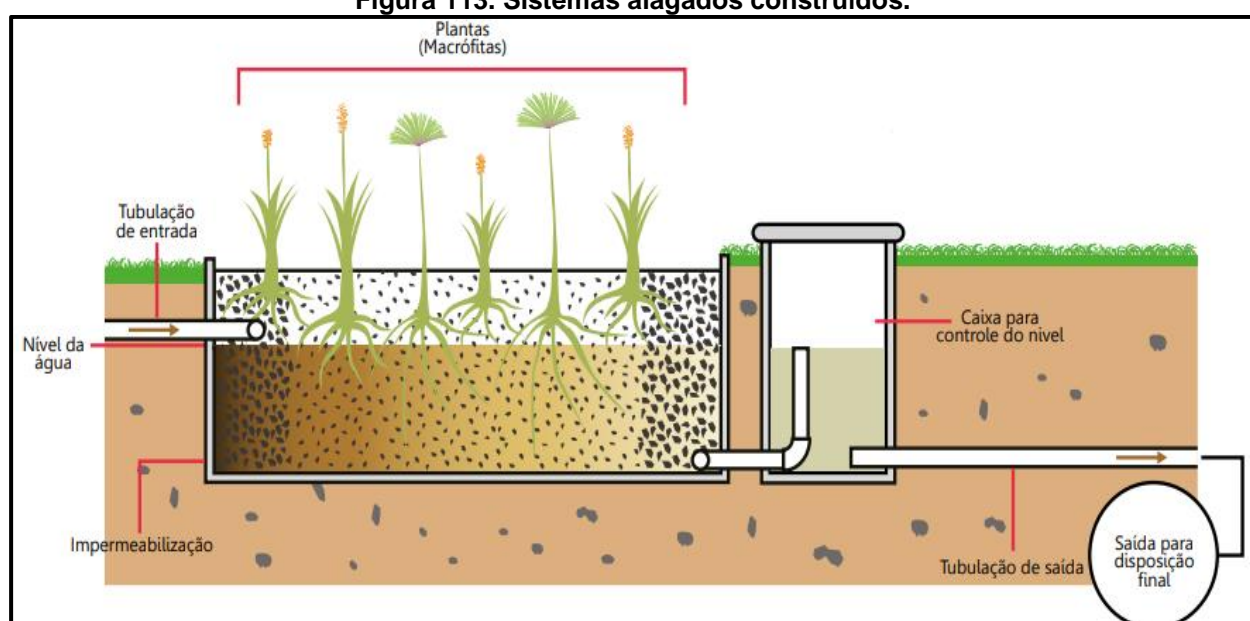
O filtro anaeróbio é formado por uma câmara preenchida com material filtrante, que permite a fixação de micro-organismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica dissolvida. O filtro pode apresentar um compartimento inferior sem recheio (fundo falso), com a função de reter o lodo produzido, que também possui micro-organismos responsáveis pelo tratamento. Geralmente seu fluxo é ascendente (de baixo para cima).

O sumidouro é um poço escavado no solo, de formato cilíndrico ou prismático, que tem como objetivo a depuração e disposição final do esgoto previamente tratado por outros sistemas. O esgoto já tratado é aplicado na parte superior do sumidouro e é absorvido pelo solo, através das paredes e do fundo da unidade. Para evitar a contaminação das águas subterrâneas a médio e longo prazo, este tipo de sistema deve passar por esgotamento e limpeza periódica em prazo não superior a cinco (5) anos. Neste sentido, a CORSAN oferece soluções através do programa Solutrat que realiza a prestação do serviço de limpeza programada de fossas sépticas e destinação adequada dos efluentes. O programa de soluções individuais contemplará regiões com baixa densidade demográfica e pode ser implantado na maioria dos municípios atendidos pela Corsan.

- **Sistemas alagados construídos (wetlands)**

Os sistemas alagados construídos (Figura 113), também conhecidos wetlands (nomenclatura internacional), são compostos por valas com paredes e fundo impermeabilizados, permitindo seu alagamento com o esgoto a ser tratado. São pouco profundas (< 1,0 m) e possuem plantas aquáticas ou macrófitas que atuam na remoção de poluentes, além de proporcionar a fixação de microrganismos que degradam a matéria orgânica. Demandam uma área superficial considerável (entre 7,5 e 15 m² para uma família de 5 pessoas), porém não necessitam de limpeza e remoção de lodo.

Figura 113. Sistemas alagados construídos.

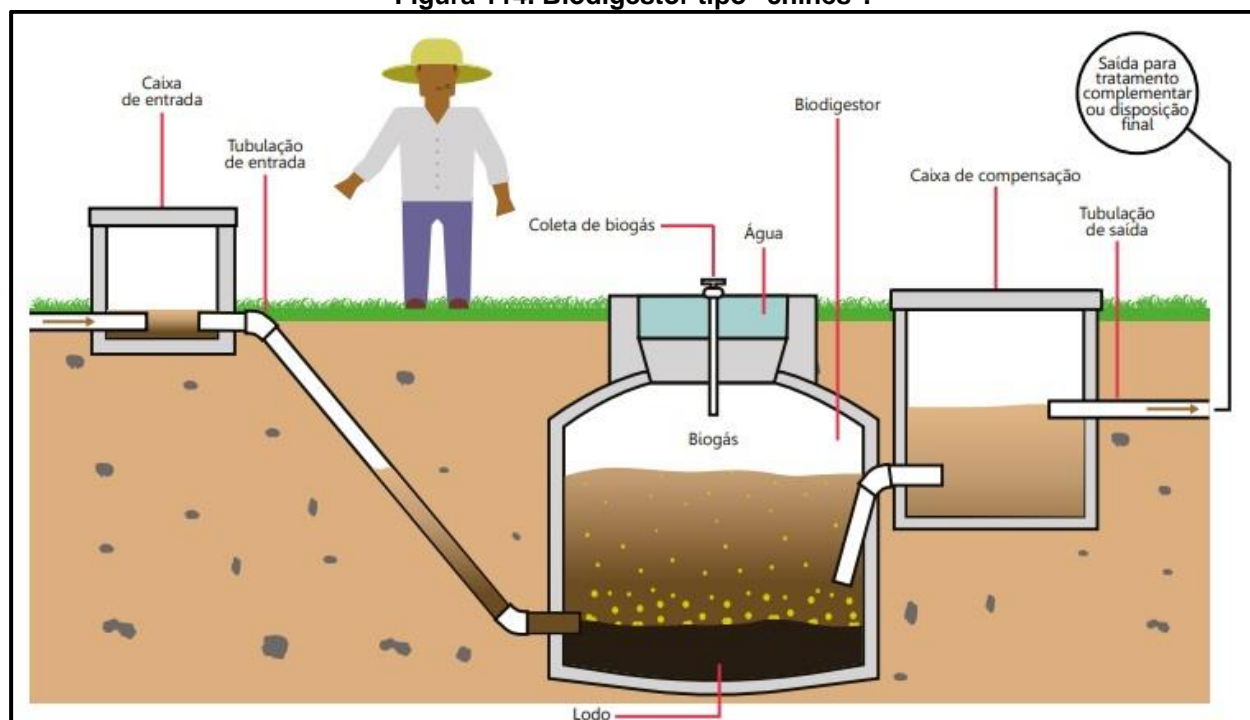


Fonte: adaptado de Tonetti et al. (2018).

- **Biodigestores**

O biodigestor é formado por uma câmara fechada onde acontece a digestão anaeróbia da matéria orgânica e por um gasômetro que armazena o biogás produzido. O biogás pode ser aproveitado como gás de cozinha, utilizando-se uma tubulação instalada na parte superior do gasômetro. Existem diversos modelos de biodigestores, sendo que o modelo denominado “chinês” é apresentado na Figura 114.

Figura 114. Biodigestor tipo "chinês".



Fonte: Tonetti et al. (2018).

• Membranas de filtração

Os tratamentos de membranas representam uma classe de processos físicos distintos que empregam membranas para separar substâncias solúveis e insolúveis presentes em águas residuais. Esses processos operam com base na propriedade de membranas semipermeáveis, que permitem a passagem de solventes enquanto retêm os solutos. Esta abordagem de tratamento força o líquido a atravessar a membrana, separando as impurezas e contaminantes.

Existem diversos benefícios associados a esse método de tratamento:

- Não requer a adição de produtos químicos, o que reduz a carga ambiental e os custos operacionais.
- Consome menos energia em comparação com outros métodos de tratamento, resultando em eficiência energética.
- Apresenta facilidade de aplicação e operação, tornando-se uma opção viável para uma variedade de aplicações de tratamento de água e efluentes.

Devido a essas vantagens, os tratamentos de membranas estão se tornando cada vez mais populares na indústria de tratamento de água e efluentes, sendo amplamente adotados em várias instalações devido à sua eficácia e eficiência crescentes.

- **Flotação**

Dependendo da composição das águas residuais, também pode ser necessário o emprego de um processo físico chamado flotação. Se resume em um método que utiliza forças de adesão, para que partículas mais finas sejam separadas por aderirem a pequenas bolhas de ar.

- **Processos químicos de tratamento**

Os tratamentos químicos são processos que envolvem a adição de produtos químicos para facilitar a desinfecção dos efluentes. Esses tratamentos visam induzir reações químicas que ajudam na remoção de contaminantes e na purificação da água. Geralmente, são combinados com processos biológicos e físicos para aumentar a eficiência global do tratamento. Alguns dos processos químicos mais comuns incluem:

- Coagulação química, que envolve a adição de substâncias coagulantes para aglomerar partículas suspensas na água, facilitando sua remoção.
- Precipitação química, que consiste na formação de precipitados insolúveis para remover íons indesejados da água.
- Oxidação, onde agentes oxidantes são adicionados para destruir matéria orgânica e compostos químicos indesejados.
- Permuta iônica, que utiliza resinas para remover íons específicos da água, substituindo-os por outros íons.
- Neutralização e estabilização, que ajustam o pH da água e estabilizam os componentes químicos para evitar reações adversas.
- Esses processos químicos desempenham um papel crucial no tratamento de águas residuais, ajudando a garantir que os efluentes atendam aos padrões de qualidade exigidos antes de serem descartados ou reutilizados.

- **Biorreator de Membrana (MBR)**

Trata-se de um procedimento de tratamento que combina uma membrana de permeabilidade seletiva ou semipermeável com um processo biológico, como um biorreator. Essa abordagem integra a filtração por membrana com a ação de organismos biológicos para remover contaminantes da água ou efluentes. Embora seja considerado um método custoso, é reconhecido por sua eficácia na purificação de água.

Dentro do escopo dos processos de tratamento de água e efluentes, é essencial considerar uma combinação de abordagens para garantir resultados satisfatórios. Cada etapa do processo visa remover diferentes tipos de materiais indesejados, com o objetivo final de devolver a água ao meio ambiente de forma sustentável e segura. Independentemente da técnica específica empregada, o foco primordial permanece na preservação da qualidade ambiental durante o processo de tratamento.

3.2.1.1 Levantamento do tipo de tratamento e destino do esgotamento sanitário

Os resultados do censo demográfico de 2022 em Canela revelam que a maioria da população, equivalente a 73,57%, utiliza sistemas de esgotamento sanitário conectados à rede geral ou à rede pluvial. Entretanto, segundo dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), menos de 18% da sociedade em Canela possui acesso a tratamento de esgoto. Essa disparidade entre a infraestrutura de coleta de esgoto e sua efetiva tratamento ressalta desafios significativos em termos de saneamento básico e gestão ambiental no município.

Segundo o Artigo 152 da Lei complementar nº 21/2011 de Canela, é obrigatório, onde os imóveis não forem servidos por rede de esgoto cloacal:

- a) Em economias unifamiliares: executar a instalação de caixa de gordura, fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro ou vala de infiltração;
- b) Em economias multifamiliares com até 50 usuários: executar a instalação de caixa de gordura, fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro ou vala de infiltração;
- c) Em economias multifamiliares acima de 50 usuários: executar a instalação de caixa de gordura, estação de tratamento de esgoto (ETE), atendendo as Resoluções 128/06 e 129/06 do CONSEMA;
- d) Em indústrias, comércio e prestadores de serviços de pequeno porte (até 50 usuários): executar a instalação de fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro ou vala de infiltração;
- e) Em indústrias, comércio e prestadores de serviços de médio e grande porte (acima de 50 usuários): executar a instalação de caixa de gordura, estação de tratamento de esgoto (ETE), atendendo as Resoluções 128/06 e 129/06 do CONSEMA;

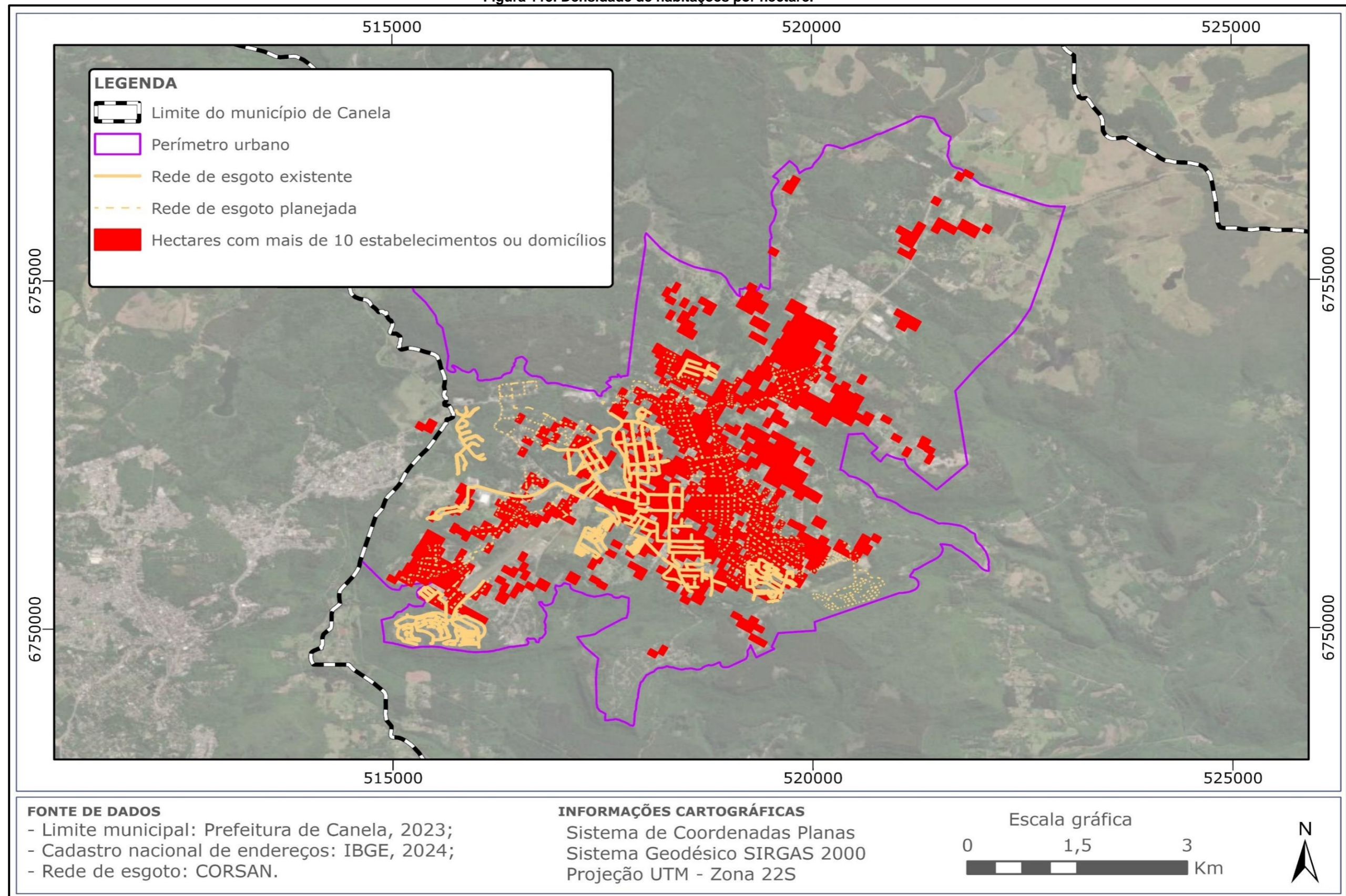
- f) Hotéis e pousadas de pequeno porte (até 50 usuários): executar a instalação de caixa de gordura, fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro ou vala de infiltração.

Hotéis e pousadas de médio e grande porte (acima de 50 usuários): executar a instalação de caixa de gordura, estação de tratamento de esgoto (ETE), atendendo as Resoluções 128/06 e 129/06 do CONSEMA.

Segundo o item 5.1.2 da NBR 13969/1997, antes de realizar a instalação de uma vala de infiltração, é imprescindível conduzir uma avaliação técnica para evitar a contaminação do aquífero local por nitratos, vírus e outros microrganismos patogênicos. Nesse contexto, é essencial estabelecer um limite máximo de 10 unidades por hectare para o sistema combinado de tanque séptico e vala de infiltração.

Assim, na Figura 115 é mostrado as áreas (em hectares) onde a densidade de construções supera as 10 unidades. Sendo, portanto, passíveis de estar causando contaminação das águas subterrâneas onde não há rede de esgotamento.

Figura 115. Densidade de habitações por hectare.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).



3.2.1.2 Reuso

O tratamento de efluentes é regido pela Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, que classifica os corpos de água e estabelece diretrizes para o lançamento de efluentes. A água de reuso é geralmente produzida em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) ou Estações para Tratamento de Água para Reuso (ETAR), onde são aplicados procedimentos físico-químicos como floculação, decantação e filtração. O reuso da água representa uma alternativa viável para suplementar os recursos hídricos existentes, contribuindo para a segurança, sustentabilidade e resiliência hídrica.

De acordo com o artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, os termos relacionados à água de reuso são definidos da seguinte forma: água residuária é aquela proveniente de esgoto, descarte de água, efluentes líquidos industriais e agroindustriais, tratados ou não; reuso de água refere-se à utilização de água residuária; água de reuso é a água residuária que atende aos padrões necessários para suas aplicações pretendidas; produtor de água de reuso é a entidade responsável pela produção de água reutilizável; distribuidor de água de reuso é a entidade que distribui a água reutilizável; e usuário de água de reuso é aquele que utiliza a água reutilizável.

As aplicações da água de reuso são diversas e incluem a agricultura, abastecimento de água potável, recarga de lençóis freáticos, processos industriais, restauração ambiental e uso urbano e residencial. O reuso direto não potável de água abrange modalidades como reuso urbano, agrícola, ambiental, industrial e na aquicultura. Considerando o alto consumo de água, o reuso da água se torna uma prática crucial em todos os níveis, desde o uso individual até as operações industriais de grande escala.

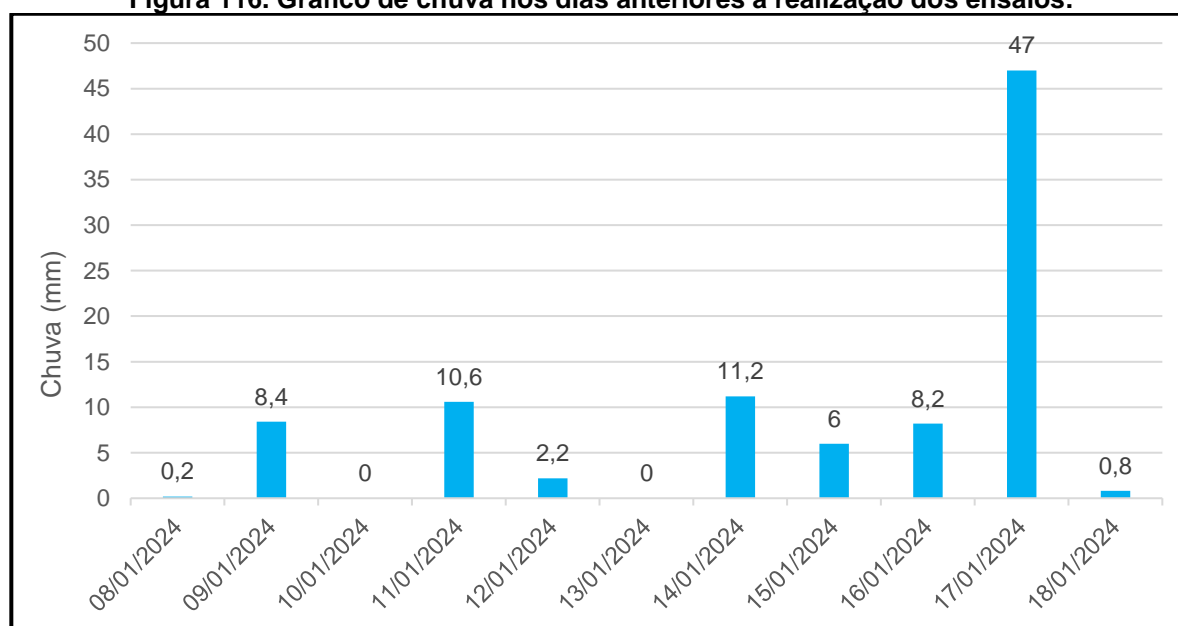
3.3 Ensaios de infiltração com ênfase em esgotamento sanitário

A determinação da permeabilidade do solo através de ensaios de infiltração dentro do contexto do Plano Municipal de Saneamento Básico se justifica na medida em que grande parte da zona urbana do município de Canela não possui rede coletora de esgoto e não há perspectiva de que venham a ter a curto ou médio prazo. Nesse sentido a prefeitura municipal tem solicitado a novos empreendimentos que possuam estação de tratamento de efluentes própria ou optem pelo sistema individual.

A opção de tratamento individual dos efluentes domésticos através de sistema de fossa, filtro e sumidouro traz limitações físicas quando a sua implantação. Uma destas limitações é a viabilidade técnica para a infiltração do solo. Nesse sentido, foi proposta uma série de ensaios de infiltração realizados em pontos estratégicos de bairros que não estão atendidos pela rede coletora de esgoto, de modo a avaliar a viabilidade técnica de se tratar os efluentes domésticos pelo sistema individual.

Os ensaios foram realizados entre os dias 16 e 18 de janeiro de 2024 com tempo nublado e chuvoso, temperatura média de 23°C. Nos 10 dias anteriores à data dos testes, o acumulado de chuva ficou em aproximadamente 94 mm, fato que contribuiu para a saturação do solo observada nos dias dos testes. A Figura 116 apresenta o gráfico de chuva para o período de 08/01 a 18/01 conforme dados do pluviômetro da Estação Meteorológica Automática de Canela (A879).

Figura 116. Gráfico de chuva nos dias anteriores à realização dos ensaios.



Fonte: INMET (2024).

A proposta dos testes de infiltração contemplou dez pontos localizados em diferentes bairros do município de Canela, núcleos estes que geralmente não apresentam rede de esgoto instalada:

- O bairro Eugênio Ferreira e o Bairro Alpes Verdes apresentam uma alta taxa de ocupação, juntamente com a ausência de rede de esgoto;
- A Laje da Pedra também possui alta taxa de ocupação de residências, mas com ausência de rede. Além disso, a questão da presença de corpos hídricos foi destacada;
- Ulisses de Abreu tem uma ocupação residencial com predominância rural e ausência de rede;
- O bairro São Lucas possui alta ocupação residencial e ausência de rede, embora tenha uma estação de tratamento de esgoto, a rede ainda não foi instalada;
- Jardim das Fontes apresenta uma taxa de ocupação residencial, porém, também possui ausência de redes e é uma área mais afastada;
- O bairro Saiqui possui ocupação residencial, alta taxa de residências e ausência de rede. É um local mais distante, o que dificulta a implementação de uma rede centralizada;
- Caçador tem ocupação residencial com parte rural e ausência de rede. Também é um local distante;
- Os distritos rurais, como Chapadão e Banhado Grande, que têm núcleos urbanos em áreas rurais. Realizar testes de infiltração é uma opção para implementar fossas, filtros e sumidouros.

Quadro 23. Pontos escolhidos para os ensaios de infiltração⁸.

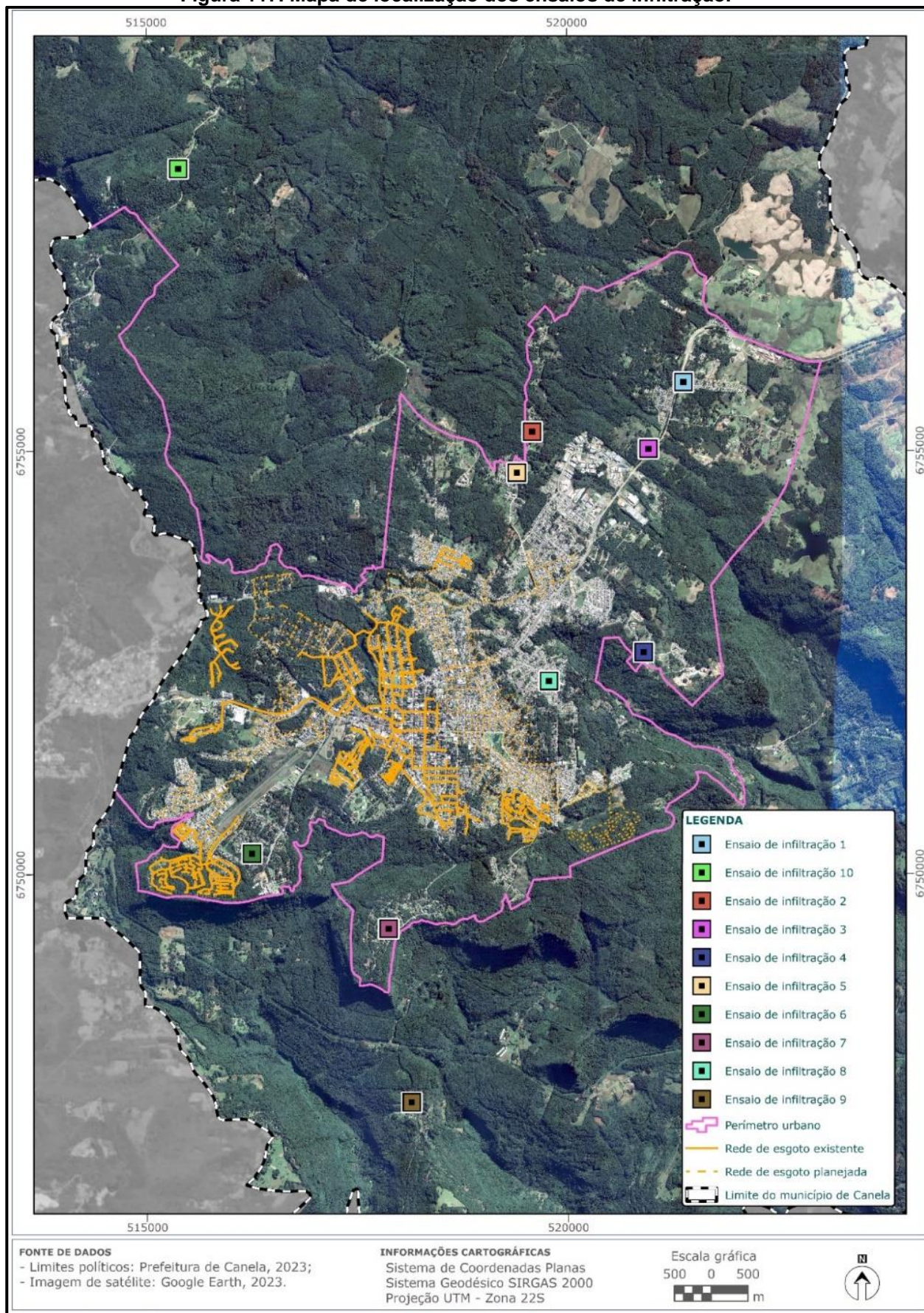
| Ponto | Bairro | Descrição |
|------------------|-------------------|--|
| Ensaio 01 | Saiqui | Ao longo e entorno da Rua Willibaldi Rinaldo Dieterich |
| Ensaio 02 | Caçador | Entorno da Rua João de Deus Palhano entre os pontos - 29.334046° -50.798847° e -29.328992° -50.797976° |
| Ensaio 03 | Jardim das Fontes | Dentro do polígono entre o Distrito Industrial e parte urbanizada do Jardim das Fontes: -29.331893°-50.782514°, -29.329940°-50.785890°, -29.333114°-50.788458°, -29.335243° -50.785582°; |
| Ensaio 04 | São Lucas | Grande lote com terraplanagem recente, Rua Adalberto Wortmann, -29.355485° -50.784628° |
| Ensaio 05 | Ulisses de Abreu | Dentro ou no entorno deste núcleo urbano conhecido como Vila Abreu, -29.336337° -50.801435° |

⁸ A seleção foi realizada por meio de encontros técnicos e ratificada pelos fiscalizadores técnicos designados pela administração municipal, formalizada e registrada em ata.

| | | |
|------------------|------------------|--|
| Ensaio 06 | Laje de Pedra | Entorno do lago do loteamento Laje de Pedras, entre as Ruas dos Plátanos, da Margem e da Graça, ponto a montante do lago, -29.376635°-50.833127° |
| Ensaio 07 | Alpes Verdes | Loteamento entre as ruas Gilda Tanelo Bolognesi e dos Pinheiros |
| Ensaio 08 | Eugênio Ferreira | Dentro do cemitério, -29.357762°-50.796093°; |
| Ensaio 09 | Chapadão | Pátio da Escola Municipal Santos Dumont, -29.403642°-50.812736°; |
| Ensaio 10 | Banhado Grande | Entorno do trecho da rodovia municipal que leva até o Skyglass - 29.303430°-50.841435°, -29.297563°-50.836787° |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 117. Mapa de localização dos ensaios de infiltração.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.1 Resultados dos testes de infiltração

A seguir, seguem as tabelas das leituras obtidas a campo e os gráficos de interpolação da linha de rebaixamento. Bem como o registro fotográfico de cada ensaio.

Onde:

h_0 : leitura inicial da régua [cm];

t : instante da leitura [min].

h : leitura na régua [cm].

Δh : rebaixamento [cm].

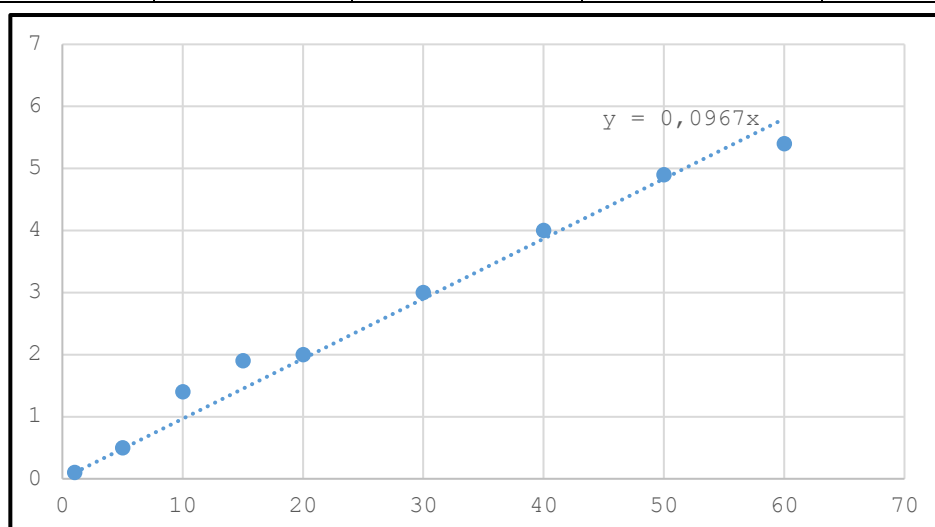
$\Delta h/t$: taxa de percolação instantânea [min/m].

3.3.1.1 Ensaio 01 – Bairro Saiqui



A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Saiqui.

Tabela 4. Ponto Ensaio 01.

| h0 | t | h | Δh | $\Delta h/t$ |
|-----------|----------|----------|------------------------------|--------------------------------|
| 31 | 1 | 30,9 | 0,1 | 0,100 |
| | 5 | 30,5 | 0,5 | 0,100 |
| | 10 | 29,6 | 1,4 | 0,140 |
| | 15 | 29,1 | 1,9 | 0,127 |
| | 20 | 29 | 2 | 0,100 |
| | 30 | 28 | 3 | 0,100 |
| | 40 | 27 | 4 | 0,100 |
| | 50 | 26,1 | 4,9 | 0,098 |



Descrição pedológica: solo saprolítico amarelo muito duro

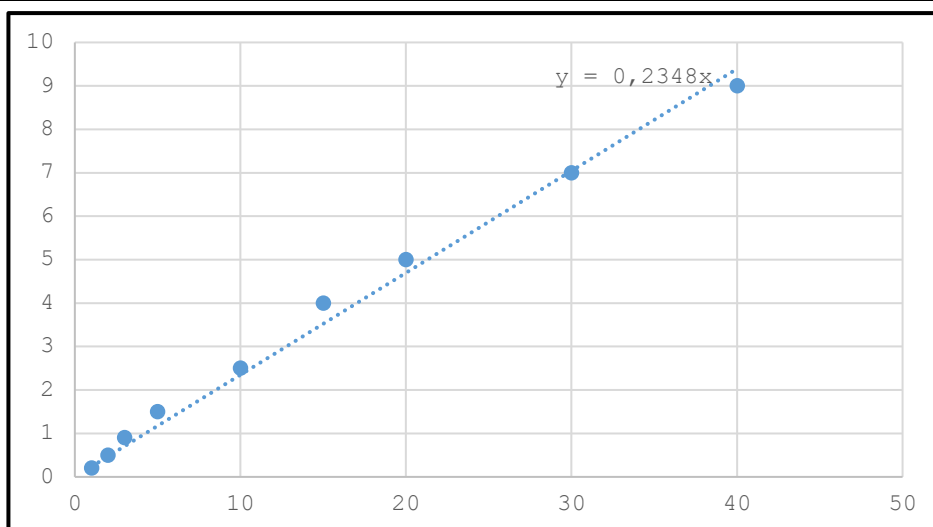
| h0 | t | h | Δh | $\Delta h/t$ |
|---|---|--|------------|--------------|
| Figura 118. Ensaio de infiltração 01. | | Figura 119. Ensaio de infiltração 01. | | |
|  | |  | | |
| Fonte: Garden Projetos (2024). | | Fonte: Garden Projetos (2024). | | |

3.3.1.2 Ensaio 02 – Bairro Caçador

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Caçador.

Tabela 5. Ponto Ensaio 02.

| h0 | t | h | Δh | $\Delta h/t$ |
|----|----|------|------------|--------------|
| 24 | 1 | 23,8 | 0,2 | 0,200 |
| | 2 | 23,5 | 0,5 | 0,250 |
| | 3 | 23,1 | 0,9 | 0,300 |
| | 5 | 22,5 | 1,5 | 0,300 |
| | 10 | 21,5 | 2,5 | 0,250 |
| | 15 | 20 | 4 | 0,267 |
| | 20 | 19 | 5 | 0,250 |
| | 30 | 17 | 7 | 0,233 |



| h0 | t | h | Δh | $\Delta h/t$ |
|----|---|---|------------|--------------|
|----|---|---|------------|--------------|

Descrição pedológica: solo saprolítico amarelo-acinzentado duro

Figura 120. Ensaio de infiltração 02.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 121. Ensaio de infiltração 02.



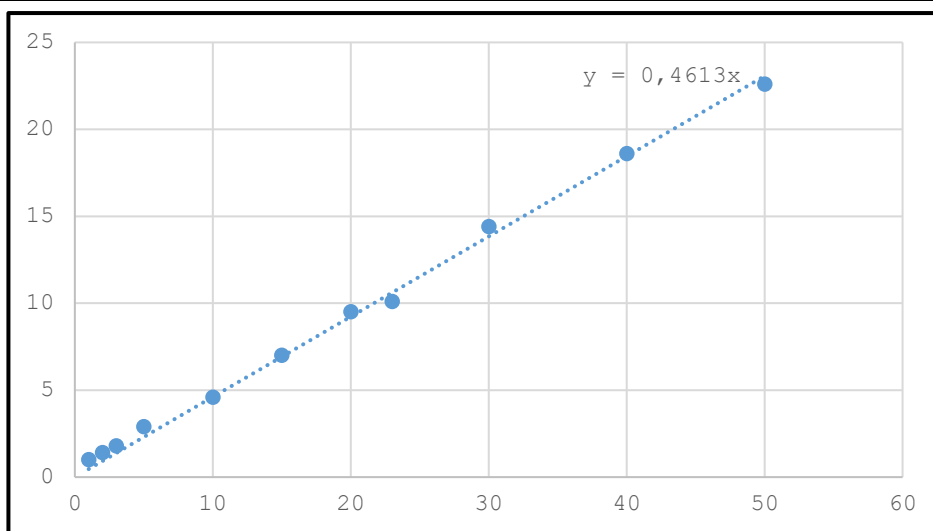
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.1 Ensaio 03 – Bairro Jardim das Fontes

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Jardim das Fontes.

Tabela 6. Ponto Ensaio 03.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|------|----|------|------|-------|
| 31 | 1 | 30 | 1 | 1,000 |
| | 2 | 29,6 | 1,4 | 0,700 |
| | 3 | 29,2 | 1,8 | 0,600 |
| | 5 | 28,1 | 2,9 | 0,580 |
| | 10 | 26,4 | 4,6 | 0,460 |
| | 15 | 24 | 7 | 0,467 |
| | 20 | 21,5 | 9,5 | 0,475 |
| 30,5 | 23 | 20,9 | 10,1 | 0,439 |
| | 30 | 26,2 | 14,4 | 0,480 |
| | 40 | 22 | 18,6 | 0,465 |
| | 50 | 18 | 22,6 | 0,452 |



Descrição pedológica: solo argiloso marrom

Figura 122. Ensaio de infiltração 03.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 123. Ensaio de infiltração 03.



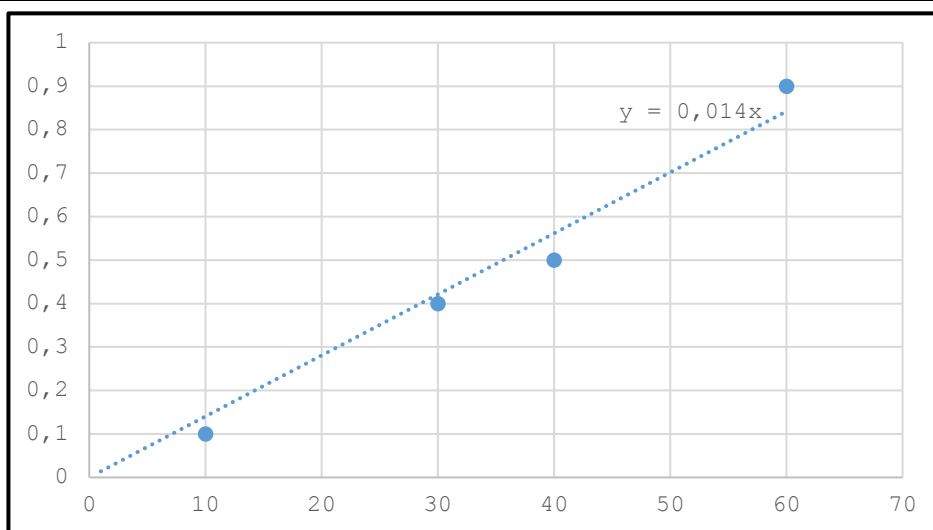
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.1 Ensaio 04 – Bairro São Lucas

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro São Lucas.

Tabela 7. Ponto Ensaio 04.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|------|----|------|-----|-------|
| 26,5 | 10 | 26,4 | 0,1 | 0,010 |
| | 30 | 26,1 | 0,4 | 0,013 |
| | 40 | 26 | 0,5 | 0,013 |
| | 60 | 25,6 | 0,9 | 0,015 |



Descrição pedológica: solo saprolítico muito duro

Figura 124. Ensaio de infiltração 04.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 125. Ensaio de infiltração 04.



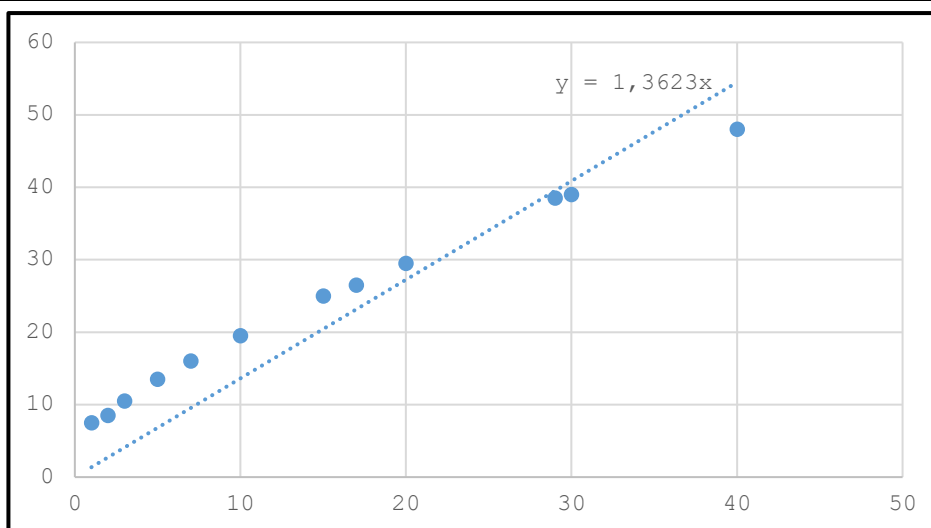
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.1 Ensaio 05 – Bairro Ulisses de Abreu

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Ulisses de Abreu.

Tabela 8. Ponto Ensaio 05.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|------|----|------|------|-------|
| 26,5 | 1 | 19 | 7,5 | 7,500 |
| | 2 | 18 | 8,5 | 4,250 |
| | 3 | 16 | 10,5 | 3,500 |
| | 5 | 13 | 13,5 | 2,700 |
| 21 | 7 | 10,5 | 16 | 2,286 |
| | 10 | 17,5 | 19,5 | 1,950 |
| 22 | 15 | 12 | 25 | 1,667 |
| | 17 | 10,5 | 26,5 | 1,559 |
| 22 | 20 | 19 | 29,5 | 1,475 |
| | 29 | 10 | 38,5 | 1,328 |
| | 30 | 21,5 | 39 | 1,300 |
| | 40 | 12,5 | 48 | 1,200 |



Descrição pedológica: solo orgânico escuro silto-argiloso

Figura 126. Ensaio de infiltração 05.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 127. Ensaio de infiltração 05.



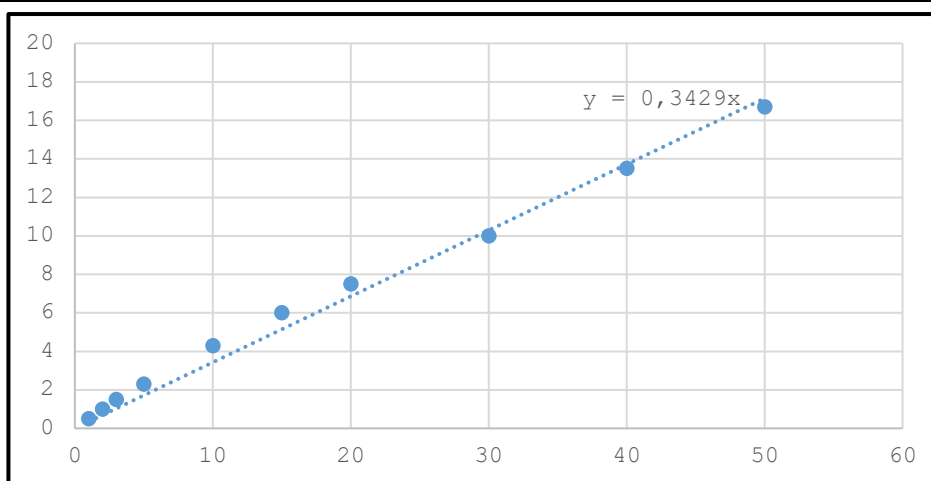
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.1 Ensaio 06 – Bairro Laje da Pedra

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Laje de Pedra.

Tabela 9. Ponto Ensaio 06.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|----|----|------|------|-------|
| 28 | 1 | 27,5 | 0,5 | 0,500 |
| | 2 | 27 | 1 | 0,500 |
| | 3 | 26,5 | 1,5 | 0,500 |
| | 5 | 25,7 | 2,3 | 0,460 |
| | 10 | 23,7 | 4,3 | 0,430 |
| | 15 | 22 | 6 | 0,400 |
| | 20 | 20,5 | 7,5 | 0,375 |
| 28 | 30 | 18 | 10 | 0,333 |
| | 40 | 24,5 | 13,5 | 0,338 |
| | 50 | 21,3 | 16,7 | 0,334 |



Descrição pedológica: solo orgânico escuro

Figura 128. Ensaio de infiltração 06.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 129. Ensaio de infiltração 06.



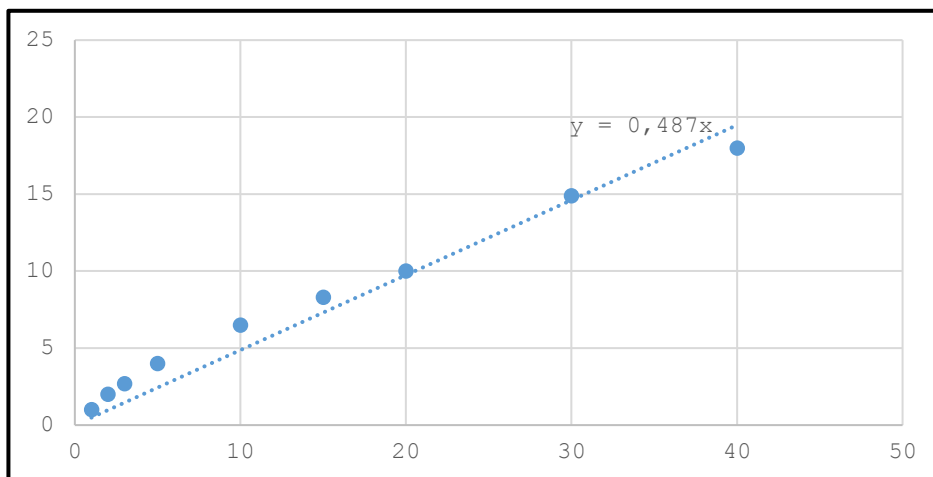
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.2 Ensaio 07 - Bairro Alpes Verdes

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Alpes Verdes.

Tabela 10. Ponto Ensaio 07.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|----|----|------|------|-------|
| 28 | 1 | 27 | 1 | 1,000 |
| | 2 | 26 | 2 | 1,000 |
| | 3 | 25,3 | 2,7 | 0,900 |
| | 5 | 24 | 4 | 0,800 |
| | 10 | 21,5 | 6,5 | 0,650 |
| 28 | 15 | 19,7 | 8,3 | 0,553 |
| | 20 | 18 | 10 | 0,500 |
| | 30 | 23,1 | 14,9 | 0,497 |
| | 40 | 20 | 18 | 0,450 |



Descrição pedológica: solo orgânico escuro silto-argiloso

Figura 130. Ensaio de infiltração 07.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 131. Ensaio de infiltração 07.



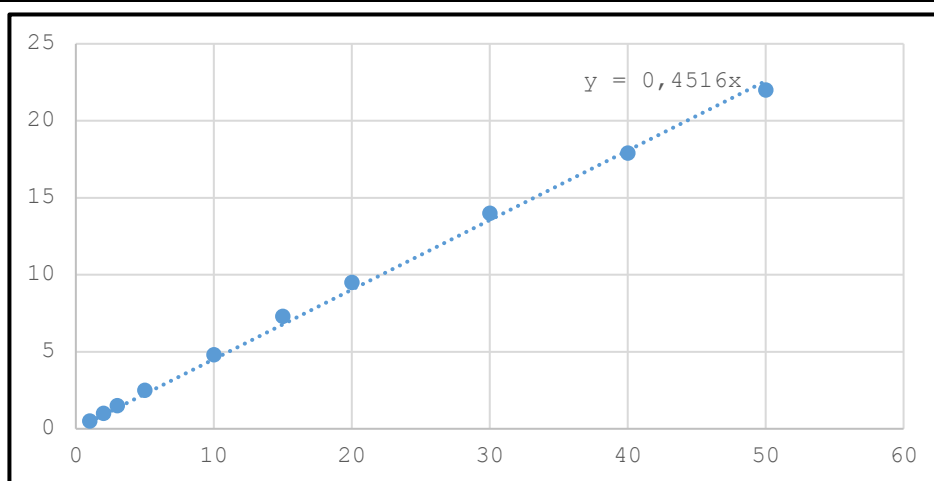
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.1 Ensaio 08 – Bairro Eugênio Ferreira

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Eugênio Ferreira.

Tabela 11. Ponto Ensaio 08.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|----|----|------|------|-------|
| 36 | 1 | 35,5 | 0,5 | 0,500 |
| | 2 | 35 | 1 | 0,500 |
| | 3 | 34,5 | 1,5 | 0,500 |
| | 5 | 33,5 | 2,5 | 0,500 |
| | 10 | 31,2 | 4,8 | 0,480 |
| | 15 | 28,7 | 7,3 | 0,487 |
| 36 | 20 | 26,5 | 9,5 | 0,475 |
| | 30 | 31,5 | 14 | 0,467 |
| | 40 | 27,6 | 17,9 | 0,448 |
| | 50 | 23,5 | 22 | 0,440 |



Descrição pedológica: solo saprolítico amarelo

Figura 132. Ensaio de infiltração 08.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 133. Ensaio de infiltração 08.



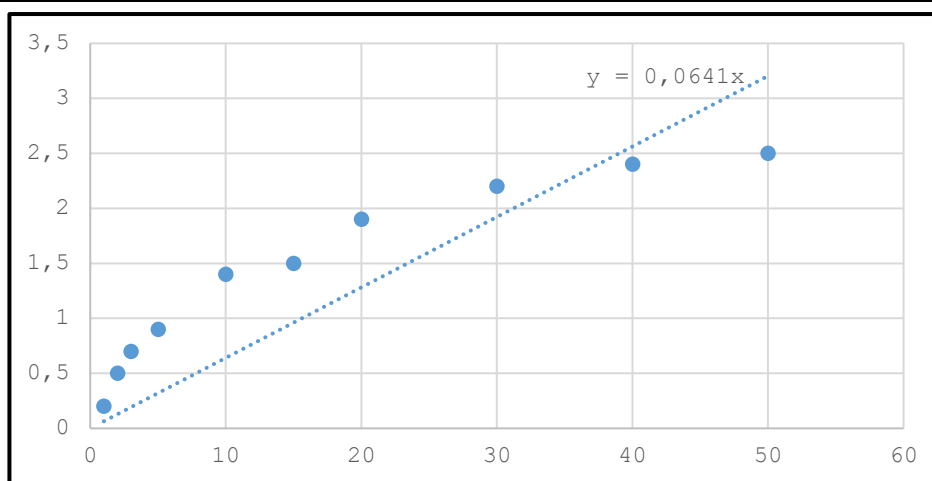
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.1 Ensaio 09 - Chapadão

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Chapadão.

Tabela 12. Ponto Ensaio 09.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|----|----|------|-----|-------|
| 33 | 1 | 32,8 | 0,2 | 0,200 |
| | 2 | 32,5 | 0,5 | 0,250 |
| | 3 | 32,3 | 0,7 | 0,233 |
| | 5 | 32,1 | 0,9 | 0,180 |
| | 10 | 31,6 | 1,4 | 0,140 |
| | 15 | 31,5 | 1,5 | 0,100 |
| | 20 | 31,1 | 1,9 | 0,095 |
| | 30 | 30,8 | 2,2 | 0,073 |
| | 40 | 30,6 | 2,4 | 0,060 |
| | 50 | 30,5 | 2,5 | 0,050 |



Descrição pedológica: solo vermelho argiloso

Figura 134. Ensaio de infiltração 09.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 135. Ensaio de infiltração 09.



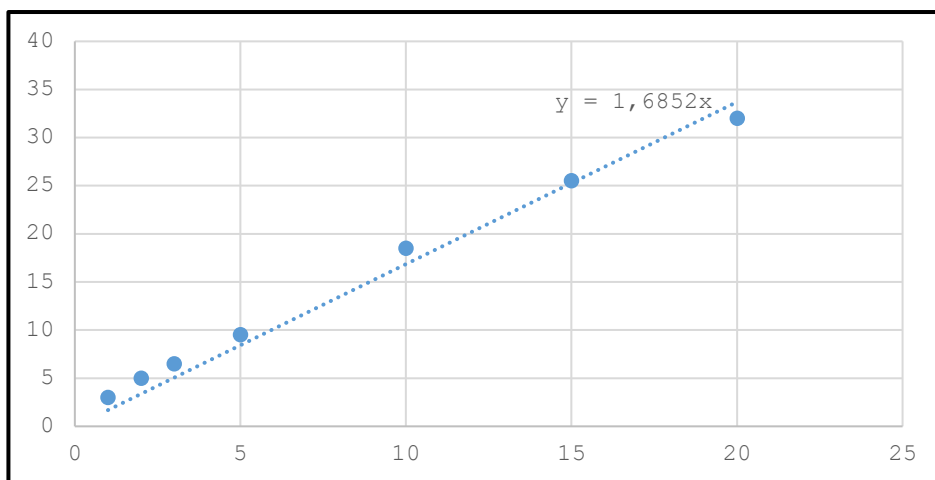
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.1.1 Ensaio 10 – Banhado Grande

A seguir serão expostos os resultados dos testes de infiltração realizados no bairro Banhado Grande.

Tabela 13. Ponto Ensaio 10.

| h0 | t | h | Δh | Δh/t |
|------|----|------|------|-------|
| 28 | 1 | 25 | 3 | 3,000 |
| | 2 | 23 | 5 | 2,500 |
| | 3 | 21,5 | 6,5 | 2,167 |
| 30 | 5 | 18,5 | 9,5 | 1,900 |
| 29 | 10 | 21 | 18,5 | 1,850 |
| 27,5 | 15 | 22 | 25,5 | 1,700 |
| | 20 | 21 | 32 | 1,600 |
| | 30 | 19 | 40,5 | 1,350 |



Descrição pedológica: solo orgânico siltoso

Figura 136. Ensaio de infiltração 10.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 137. Ensaio de infiltração 10.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Os resultados consolidados apresentados no Quadro 24, permitem concluir que os solos ocorrentes nos bairros apresentam condições de permeabilidade baixa, sendo que os solos orgânicos, pelo menos em suas camadas superficiais têm resultados melhores. Ressalta-se que, na profundidade onde usualmente se instalam sistemas de fossa e sumidouro, tendem a ocorrer níveis de solo saprolítico ou argiloso, menos permeáveis, ou mesmo o topo rochoso das camadas vulcânicas que compõe a geologia local, sendo praticamente impermeáveis.

Quadro 24. Resultados dos ensaios de infiltração.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| | | | | | |
| Ensaio 01 | Saprolítico | 0,0016117 | Baixo | 372,29 | 65 |
| Ensaio 02 | Saprolítico | 0,0039133 | Baixo | 153,32 | 103 |
| Ensaio 03 | Argiloso | 0,0076883 | Baixo | 78,04 | 146 |
| Ensaio 04 | Saprolítico | 0,0002333 | Baixo | 2571,43 | 24 |
| Ensaio 05 | Orgânico | 0,0227050 | Médio | 26,43 | 254 |
| Ensaio 06 | Orgânico | 0,0057150 | Baixo | 104,99 | 125 |
| Ensaio 07 | Orgânico | 0,0081167 | Baixo | 73,92 | 150 |
| Ensaio 08 | Saprolítico | 0,0075267 | Baixo | 79,72 | 144 |
| Ensaio 09 | Argiloso | 0,0010683 | Baixo | 561,62 | 53 |
| Ensaio 10 | Orgânico | 0,0280867 | Médio | 21,36 | 283 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.2 Solos

Este capítulo discorre sobre cada um dos bairros avaliados com os ensaios de infiltração do capítulo anterior. São integrados os dados de permeabilidade com informações de densidade de ocupação e dados secundários de estudos do meio físico para o licenciamento de empreendimentos nos bairros estudados. Assim, objetiva-se classificar a viabilidade de instalação do sistema de tratamento individual nas residências do bairro avaliado.

3.3.2.1 Saiqui

O bairro Saiqui está situado no extremo norte da zona urbana de Canela sendo um bairro de ocupação mais esparsa, com núcleos residenciais pontuais e elevado potencial de expansão urbana. O resultado do teste de infiltração não foi favorável para a alternativa de disposição de efluentes no solo e não há dados secundários neste

bairro para corroborar variações nas condições observadas. Assim sendo, estabeleceu-se um potencial baixo do solo para receber o efluente, fixando uma taxa de aplicação da ordem de 65 L/m² dia, típica de solos argilosos e silto-argilosos. Quanto à densidade de ocupação, há um loteamento próximo ao ponto de execução do teste que apresenta concentração de domicílios acima do estipulado pela norma, além de outros dois núcleos residências com mais de 10 unidades por hectare (Figura 138).

Todavia, a maior parte do bairro não está parcelada ou ocupada por infraestrutura urbana, viabilizando um planejamento de expansão residencial ou industrial que atenda às condicionantes de densidade por hectare. Haja vista as heterogeneidades de espessura do solo e de taxa de infiltração observadas na pedologia municipal, estudos específicos devem viabilizar a implantação de sistemas individuais em futuros parcelamentos e empreendimento.

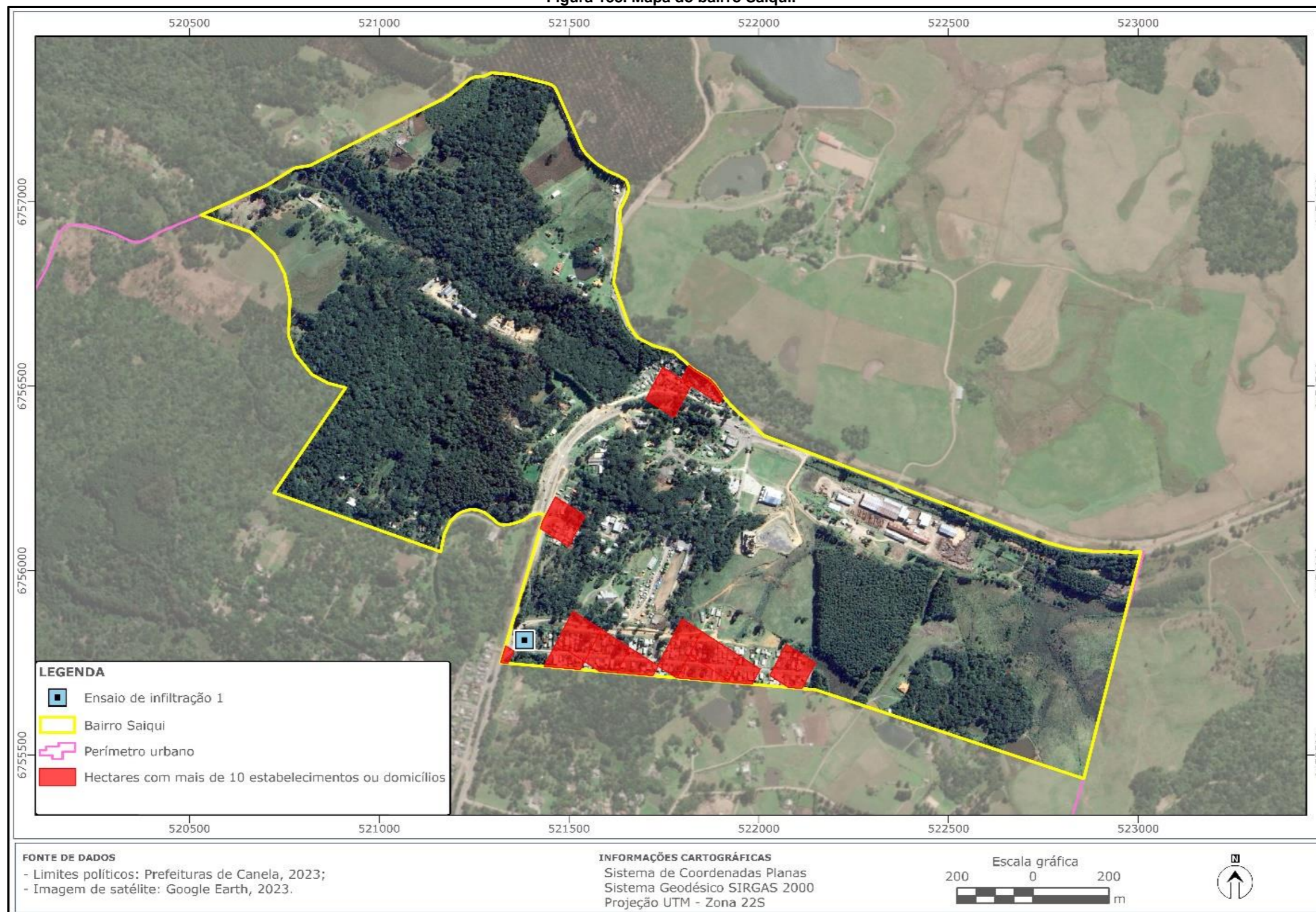
A viabilidade de instalação de sistemas individuais, consideradas as limitações do solo, é mediana em função da baixa ocupação do bairro, privilegiando um planejamento municipal que abarque as restrições observadas.

Quadro 25. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Saiqui.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² . dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|---|
| Ensaio 01 | Saprolítico | 0,0016117 | Baixo | 372,29 | 65 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 138. Mapa do bairro Saiqui.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.2.2 Caçador

O bairro Caçador, situado na zona norte do município de Canela, apresenta uma situação semelhante ao bairro Saiqui discutido no item anterior, mas com uma vocação rural ainda mais evidente e densidade de ocupação mais esparsa. A falta de infraestrutura urbana na forma de arruamentos faz com que as residências se concentrem na Rua João de Deus Palhano em dois núcleos identificados no mapa da Figura 139. Quanto ao resultado do teste de infiltração, a taxa de aplicação é da ordem de 103 L/m² dia, considerada baixa, típica de solos argilosos e silto-argilosos. Não há dados secundários neste bairro para efeito de comparação, dada a baixa ocupação. Todavia o potencial de expansão urbana é alto, favorecendo o planejamento de novos parcelamento e empreendimentos de forma a mitigar as restrições de aptidão do solo.

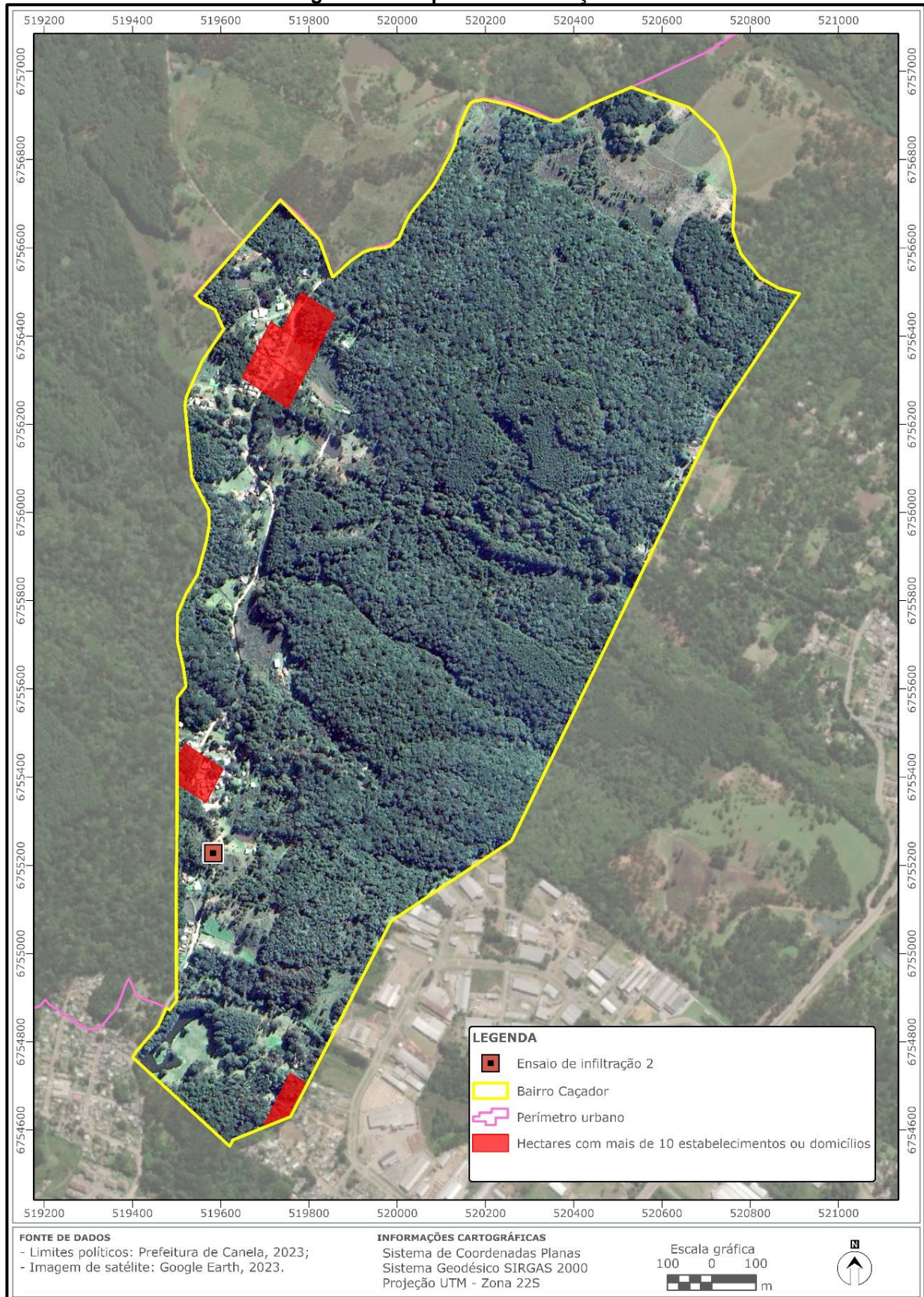
A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada mediana, a despeito da baixa aptidão do solo, dada a esparsa ocupação urbana. Novos empreendimentos podem atender as restrições de densidade de unidades por hectare e, mediante estudos específicos de permeabilidade e de espessura do solo, dimensionar sistemas individuais de tratamento que levem em consideração as restrições observadas.

Quadro 26. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Caçador.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 02 | Saprolítico | 0,0039133 | Baixo | 153,32 | 103 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 139. Mapa do bairro Caçador.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.2.3 Jardim das Fontes

O bairro Jardim das Fontes, assim como os bairros Saiqui e Caçador, está localizado na porção norte da zona urbana de Canela, e possui características de ocupação semelhantes. O bairro Jardim das Fontes possui um núcleo denso de ocupação residencial junto à rodovia RS 235, caracterizado por uma densidade maior que 10 unidades por hectare (Figura 140). No restante do bairro a ocupação é mais esparsa e há menos infraestrutura urbana instalada. O potencial solo em receber efluente de sistemas individuais é baixo e não há estudos secundários que corroborem a taxa observada ou a espessura média de solo no bairro.

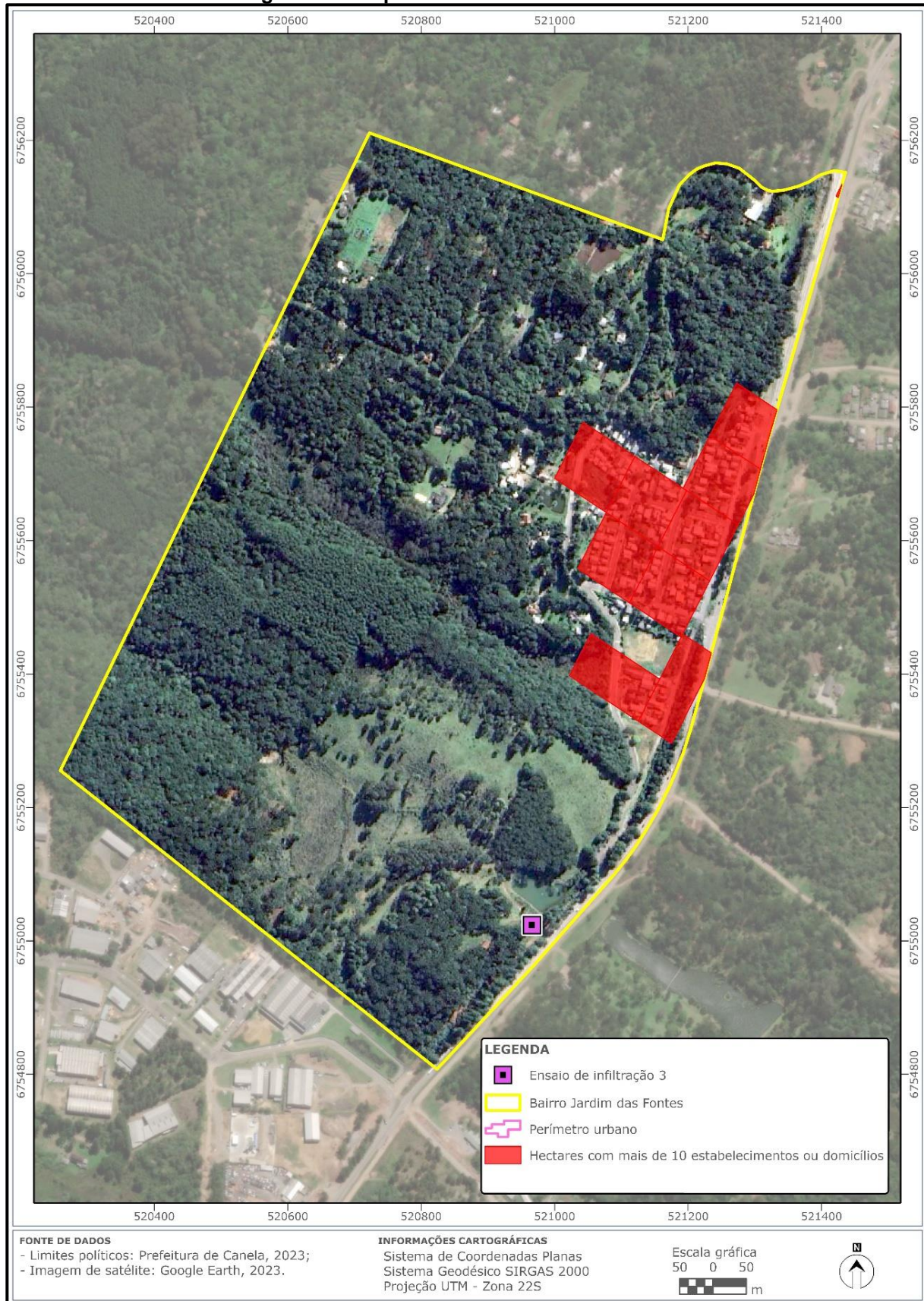
A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada mediana, a despeito da baixa aptidão do solo, dada a esparsa ocupação urbana. Novos empreendimentos podem atender as restrições de densidade de unidades por hectare e, mediante estudos específicos de permeabilidade e de espessura do solo, dimensionar sistemas individuais de tratamento que levem em consideração as restrições observadas.

Quadro 27. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Jardim das Fontes.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 03 | Argiloso | 0,0076883 | Baixo | 78,04 | 146 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 140. Mapa do bairro Jardim das Fontes.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.2.4 São Lucas

O bairro São Lucas está situado na porção leste da zona urbana de Canela. Este bairro é caracterizado por uma urbanização consolidada, especialmente nas proximidades da rodovia RS 235 (Figura 141). A densidade de unidades excede o limiar de 10 por hectare, dificultando a manutenção da disposição no solo do efluente tratado em sistemas individuais. A metade leste do bairro é menos ocupada, mas os núcleos pontuais mapeados possuem alta densidade de unidades por hectare. O resultado do ensaio de infiltração mostrou um solo de baixa aptidão para receber efluentes, dada a taxa de apenas 24 L/m² dia. Conforme estudo de licenciamento avaliado, a condição do meio físico inviabiliza a instalação de sistemas hidrossanitários individuais tanto pelo tipo de solo quanto pelo nível freático raso. Os perfis de solo variam de 0,20 a 2,60 m de espessura, com o nível potenciométrico oscilando entre 1,00 e 1,50 m de profundidade.

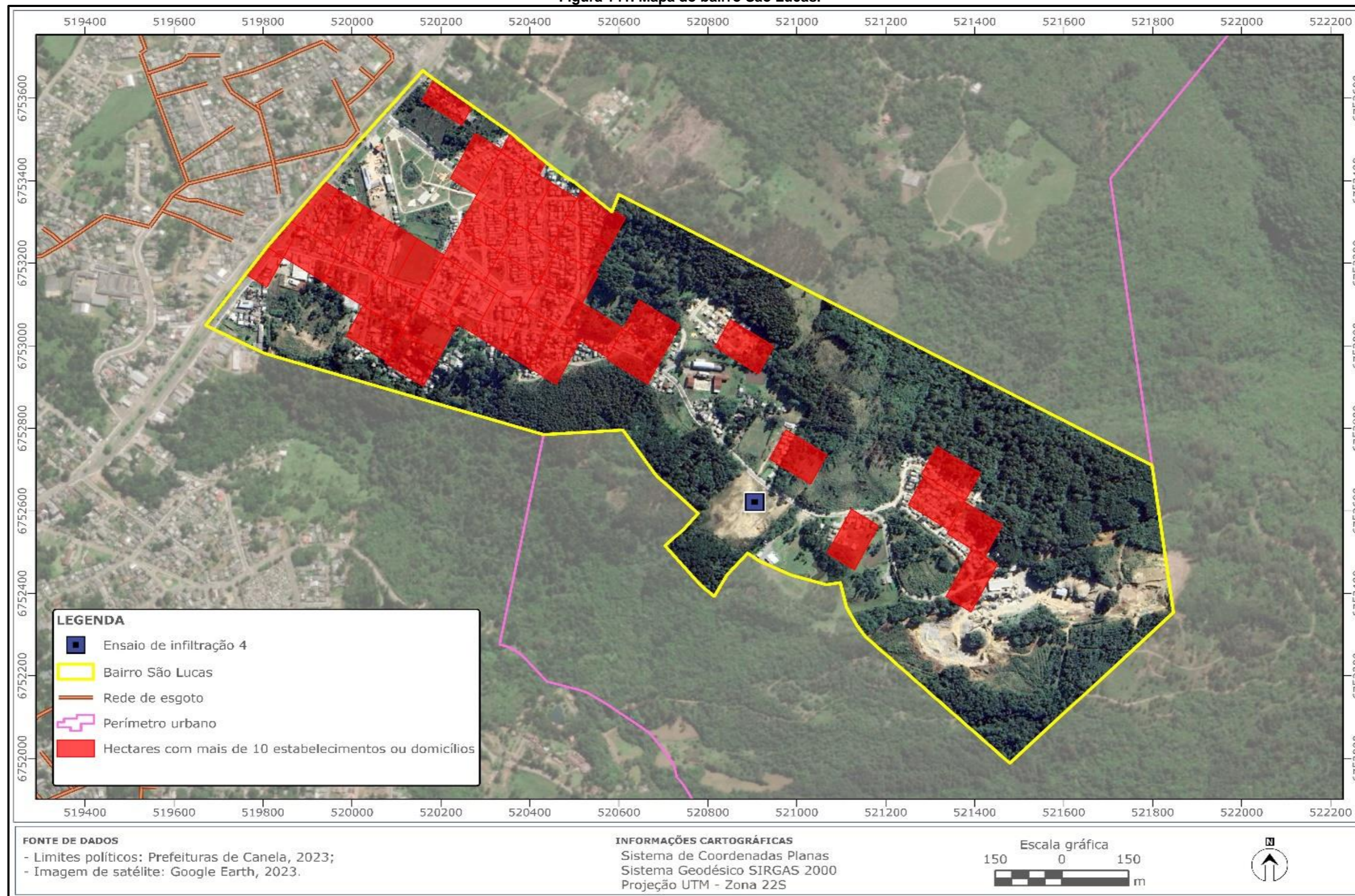
A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada baixa, dadas as restrições do solo quanto à taxa de infiltração e o nível freático raso. A proximidade do bairro com a rede de esgoto instalada a oeste da rodovia, privilegia a alternativa de ampliação da rede em direção ao bairro São Lucas. A solução individual de tratamento de efluentes pode ser pontualmente aplicada e casos excepcionais mediante comprovação técnica.

Quadro 28. Resultados do ensaio de infiltração no bairro São Lucas.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 04 | Saprolítico | 0,0002333 | Baixo | 2571,43 | 24 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 141. Mapa do bairro São Lucas.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.2.5 *Ulisses de Abreu*

O bairro Ulisses de Abreu está localizado na porção oeste da zona urbana de Canela, em direção à reserva da FLONA. É um bairro que, apesar da proximidade com a região central, apresenta uma ocupação esparsa e infraestrutura urbana menos desenvolvida. Núcleos de densidade alta estão dispersos pelo bairro e concentrados numa zona ao longo da Rua João de Deus Palhano. O resultado do teste de infiltração mostrou uma boa aptidão do solo em receber o efluente de sistemas individuais, com uma taxa de 254 L/m² dia.

Estudos secundários realizados neste bairro mostraram uma heterogeneidade na espessura do solo, variando de 0,50 m até 2,80 m, com uma média em torno de 2,00 m, fator favorável para a instalação de sumidouros. Nenhum estudo demonstrou a presença de nível freático a profundidades inferiores a 3,00 m. Predominam solos siltosos e silto-argilosos. Há mapeamento de áreas de banhado, especialmente nas várzeas dos cursos d'água. Os estudos não apresentaram dados de permeabilidade do solo.

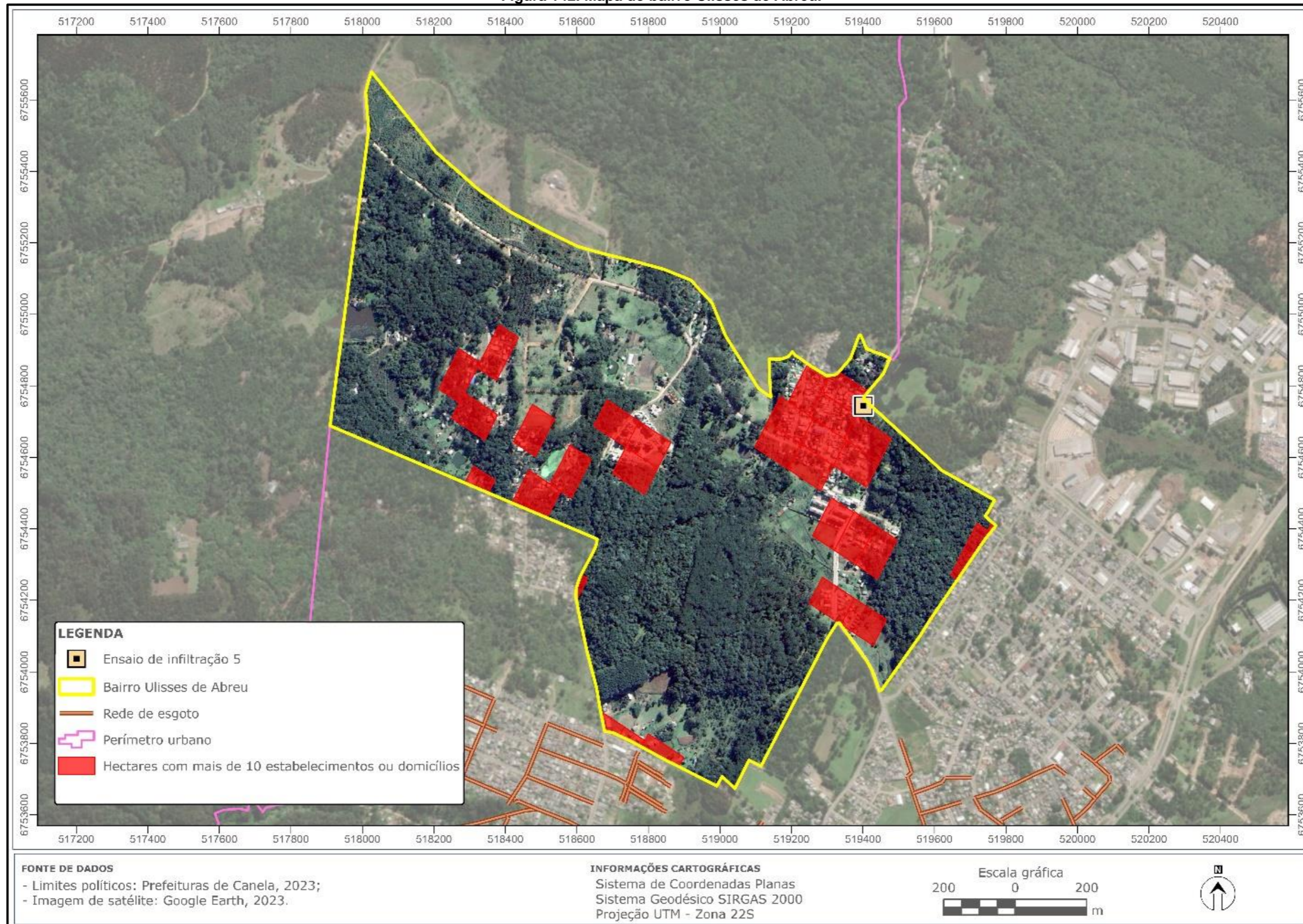
A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada alta, dada a ausência de restrições do meio físico, ainda que devam ser observadas áreas de solo poco espesso. Novos empreendimentos precisam atentar para a densidade de ocupação, limitando-se a 10 unidades por hectare.

Quadro 29. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Ulisses de Abreu.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 05 | Orgânico | 0,0227050 | Médio | 26,43 | 254 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 142. Mapa do bairro Ulisses de Abreu.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.2.6 Laje de Pedra

O bairro Laje de Pedra está situado na parte sul da zona urbana de Canela, nas cercanias do aeroporto. Este bairro possui ocupação urbana consolidada representada essencialmente pelo condomínio de mesmo nome. A infraestrutura urbana se estende por toda a área do bairro, sendo que não há grandes áreas livres para a expansão urbana, como foi observado em outros bairros da zona norte. Mesmo sendo intensamente urbanizado e ocupado, a densidade é relativamente baixa e a maior parte do bairro possui menos de 10 unidades por hectare, salvo algumas quadras mapeadas na Figura 143. O resultado do ensaio de infiltração apresentou uma taxa de aplicação baixa da ordem de 125 L/m² dia.

Estudos secundários realizados neste bairro apresentaram resultados diversos quanto à viabilidade da disposição de efluente no solo. Por um lado, o perfil de solo na porção norte do bairro apresentou espessura média de 4,00 m sem interceptar o freático; já na porção oeste do bairro, estudo mostrou perfil de solo com espessura variável de 1,10 a 2,40 m, com nível freático raso (média de 1,80 m). O solo argiloso mostrou baixa aptidão para a disposição de efluente em ensaio de infiltração realizado em lote na parte norte do bairro, com taxa de aplicação da ordem de 50 L/m² dia. Os resultados diversos mostram uma heterogeneidade do solo, ainda que sempre predominantemente argiloso, quanto à sua espessura e nível potenciométrico do lençol freático.

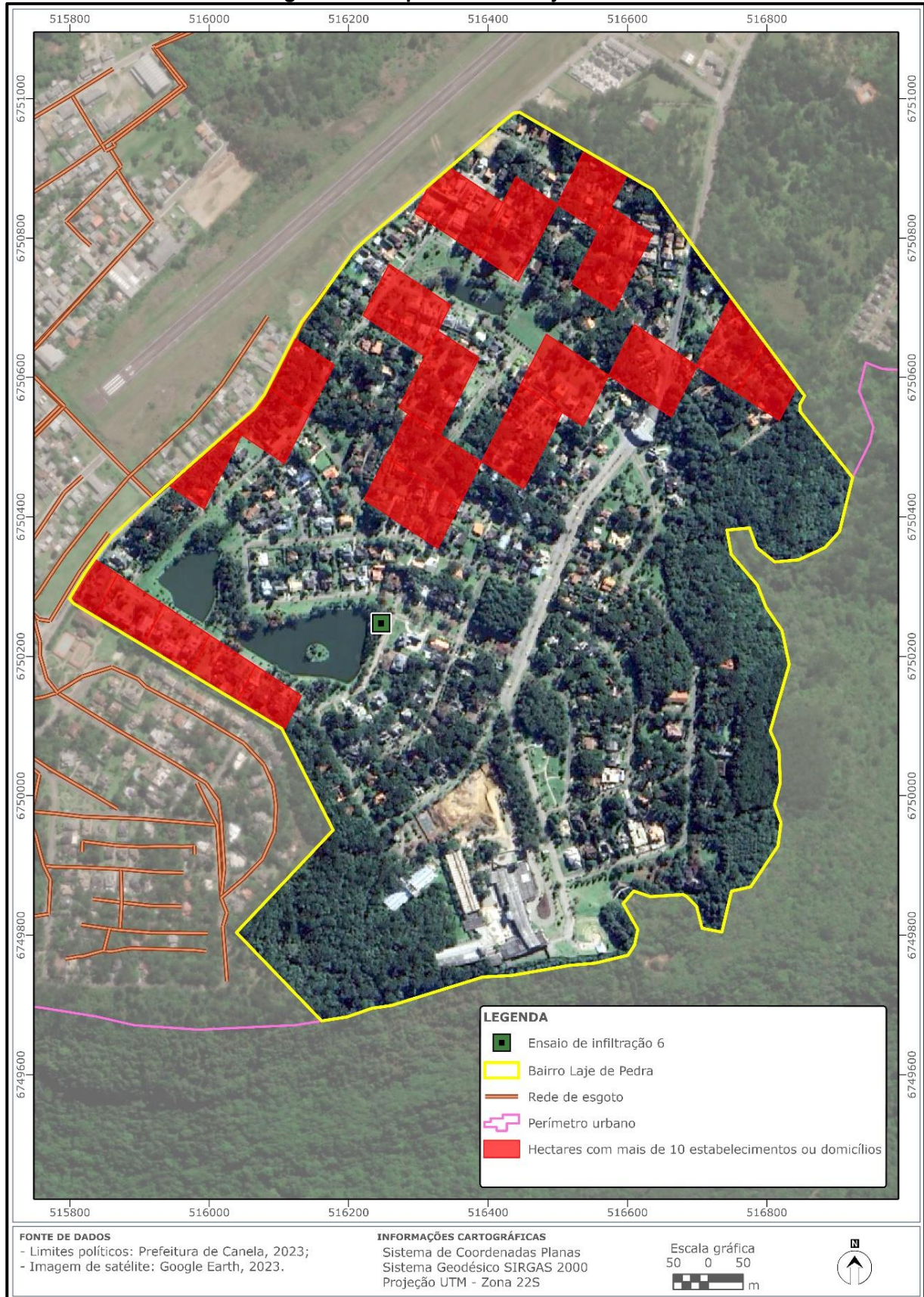
A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada mediana, dado que os estudos do meio físico mostraram ocorrência local do freático a cotas mais rasas e solo com baixa permeabilidade. Todavia a densidade de ocupação é menor que 10 unidades por hectare na maior parte do bairro.

Quadro 30. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Laje de Pedra.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 06 | Orgânico | 0,0057150 | Baixo | 104,99 | 125 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 143. Mapa do bairro Laje de Pedra.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.2.7 Alpes Verdes

O bairro Alpes Verdes está situado no extremo sul da zona urbana de Canela. O bairro conta com ocupação esparsa em função do relevo acidentado, concentrando-se em núcleos residências pontuais. Dois desses núcleos, norte e oeste (Figura 144), apresentam densidade acima de 10 unidades por hectare; já a porção sul do bairro, onde é mais extensa a ocupação, a densidade fica abaixo desse limiar. O resultado do ensaio de infiltração apresentou uma taxa de aplicação da ordem de 150 L/m² dia, considerada baixa.

Estudos secundários mostraram que predominam restrições ao meio físico. Os perfis de solo se apresentaram pouco espessos, com média de 1,00 m e presença de nível freático raso nos pontos de maior espessura do solo. São solos maduros, residuais de rocha vulcânica, textura franco-siltosa, assentados sobre o saprólito da rocha alterada. Ensaio de infiltração apresentaram taxas de aplicação muito baixas, variando de 31 a 77 L/m² dia.

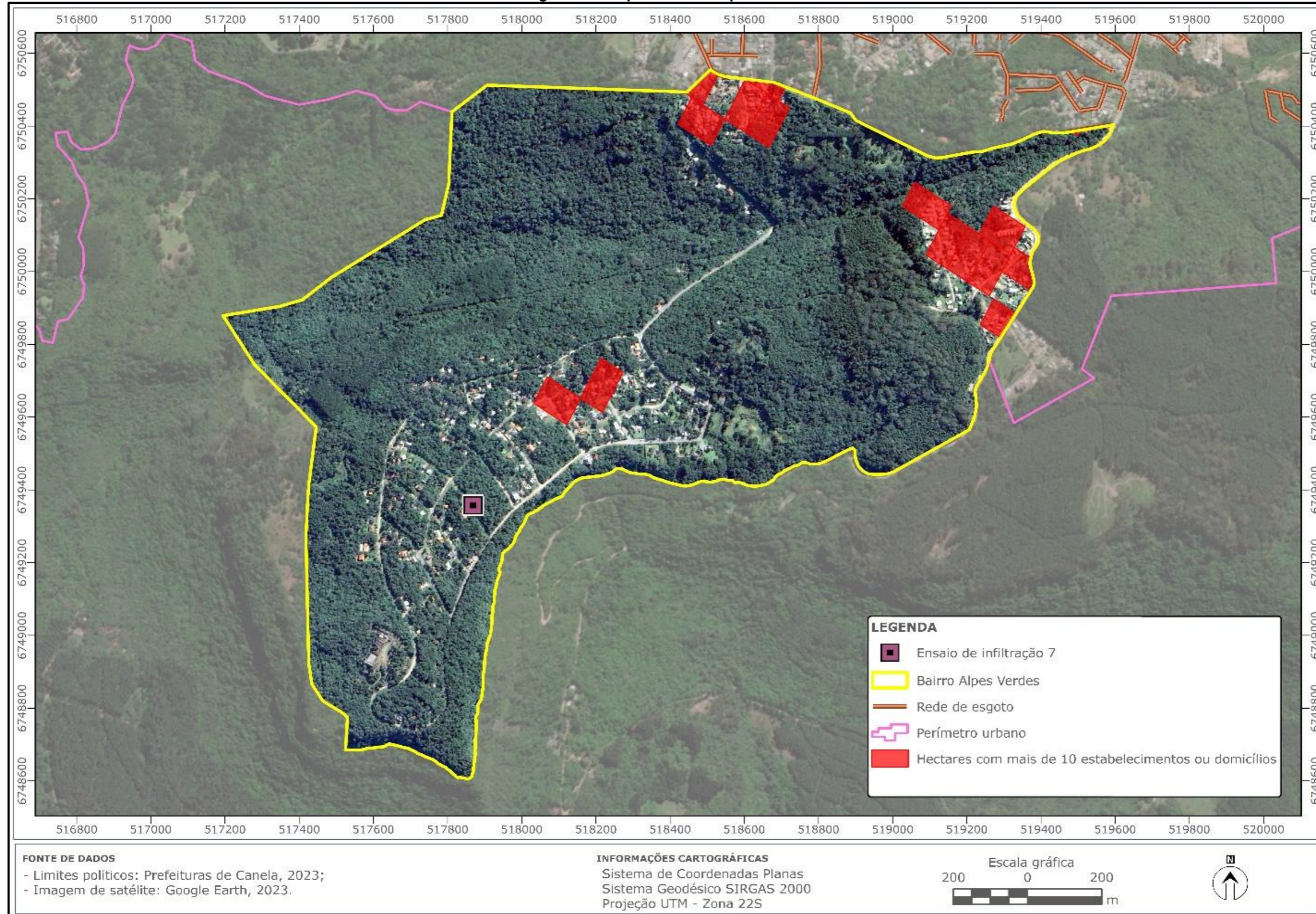
A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada baixa, dado que predominam restrições do meio físico quanto à espessura do solo, nível freático raso e baixa taxa de infiltração; ainda que a densidade de ocupação esteja abaixo das 10 unidades por hectare.

Quadro 31. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Alpes Verdes.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² . dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|---|
| Ensaio 07 | Orgânico | 0,0081167 | Baixo | 73,92 | 150 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 144. Mapa do bairro Alpes Verdes.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

3.3.2.8 Eugênio Ferreira

O bairro Eugênio Ferreira está localizado na porção centro-leste da zona urbana de Canela. Este é um bairro de ocupação urbana consolidada com infraestrutura presente em arruamentos e organização dos lotes em quadras. A densidade de ocupação está acima de 10 unidades por hectare na maior parte do bairro (Figura 145). O resultado do teste de infiltração mostrou uma taxa de aplicação da ordem de 144 L/m² dia, considerada baixa. Não foram identificados estudos secundários realizados neste bairro que corroborem o resultado obtido ou forneçam mais informações sobre espessura de solo e profundidade do nível freático.

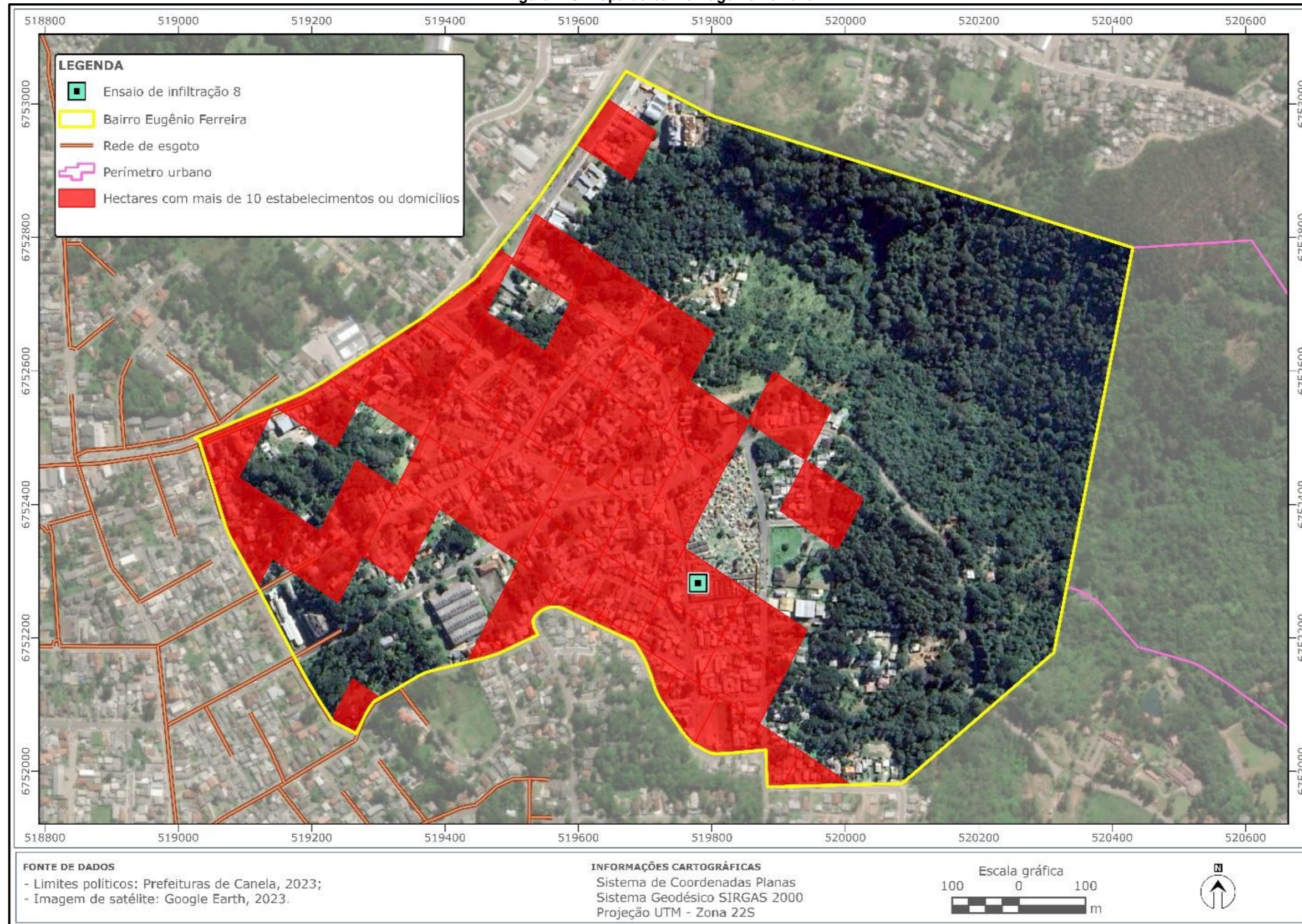
A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada baixa, uma vez que no bairro coexistem restrições urbanísticas e do meio físico para a implantação desta alternativa de tratamento. A proximidade do bairro com a rede de coleta de esgoto existente é um fator favorável à ampliação da malha de coleta em direção a este bairro.

Quadro 32. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Eugênio Ferreira.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 08 | Saprolítico | 0,0075267 | Baixo | 79,72 | 144 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 145. Mapa do bairro Eugênio Ferreira.



3.3.2.9 Chapadão

A localidade Chapadão representa a zona rural a sul da área urbana de Canela. A ocupação é esparsa, com alguns núcleos mais agregados nos pequenos centros da localizadas rurais, como é o esperado para este tipo de zona. O solo muda com relação à área urbana na medida em que se desce na estratigrafia da Formação Serra Geral e outras camadas de rocha afloram, resultando em um solo mais avermelhado e argiloso. Resultado dessa mudança é uma permeabilidade bastante baixa, com uma taxa de aplicação da ordem de 53 L/m² dia.

A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada mediana. Em que pese o solo pouco permeável no local do ensaio, as propriedades esparsas, maiores e com menor percentual ocupação privilegiam a instalação de sistemas individuais frente às alternativas de tratamento de efluentes coletivas, as quais se tornam inviáveis numa situação como essa. Podem ser avaliados casos específicos de valas de infiltração caso a vazão de efluente seja muito elevada. Estudos específicos devem ser requeridos para avaliar restrições adicionais de espessura de solo e profundidade do nível freático.

Quadro 33. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Eugênio Ferreira.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 09 | Argiloso | 0,0010683 | Baixo | 561,62 | 53 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.3.2.10 Banhado Grande

A localidade Banhado Grande representa a zona rural a norte da área urbana de Canela. A ocupação é esparsa, com alguns núcleos mais agregados nos pequenos centros da localizadas rurais, como é o esperado para este tipo de zona. O solo se mantém semelhante às variações observadas na zona urbana: textura argilosa de solo residual sobre saprólito de rocha vulcânica. O resultado do ensaio de infiltração mostrou uma permeabilidade boa do solo, com taxa de aplicação da ordem de 283 L/m² dia.

A viabilidade de disposição final do efluente no solo pode ser considerada alta. O solo mostrou boa aptidão para disposição do efluente, no entanto para o licenciamento

de novos empreendimentos devem ser requeridos estudos específicos que avaliem restrições adicionais de espessura de solo e profundidade do nível freático. A baixa densidade de ocupação também privilegia a instalação de sistemas individuais frente às alternativas de tratamento de efluentes coletivas, as quais se tornam custosas no cenário desta localidade.

Quadro 34. Resultados do ensaio de infiltração no bairro Eugênio Ferreira.

| Ponto | Tipo de solo | Coeficiente de permeabilidade K (cm/s) | | Taxa de percolação (min/m) | Taxa de aplicação máxima (L/m ² .dia) |
|-----------|--------------|--|-------|----------------------------|--|
| Ensaio 10 | Orgânico | 0,0280867 | Médio | 21,36 | 283 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

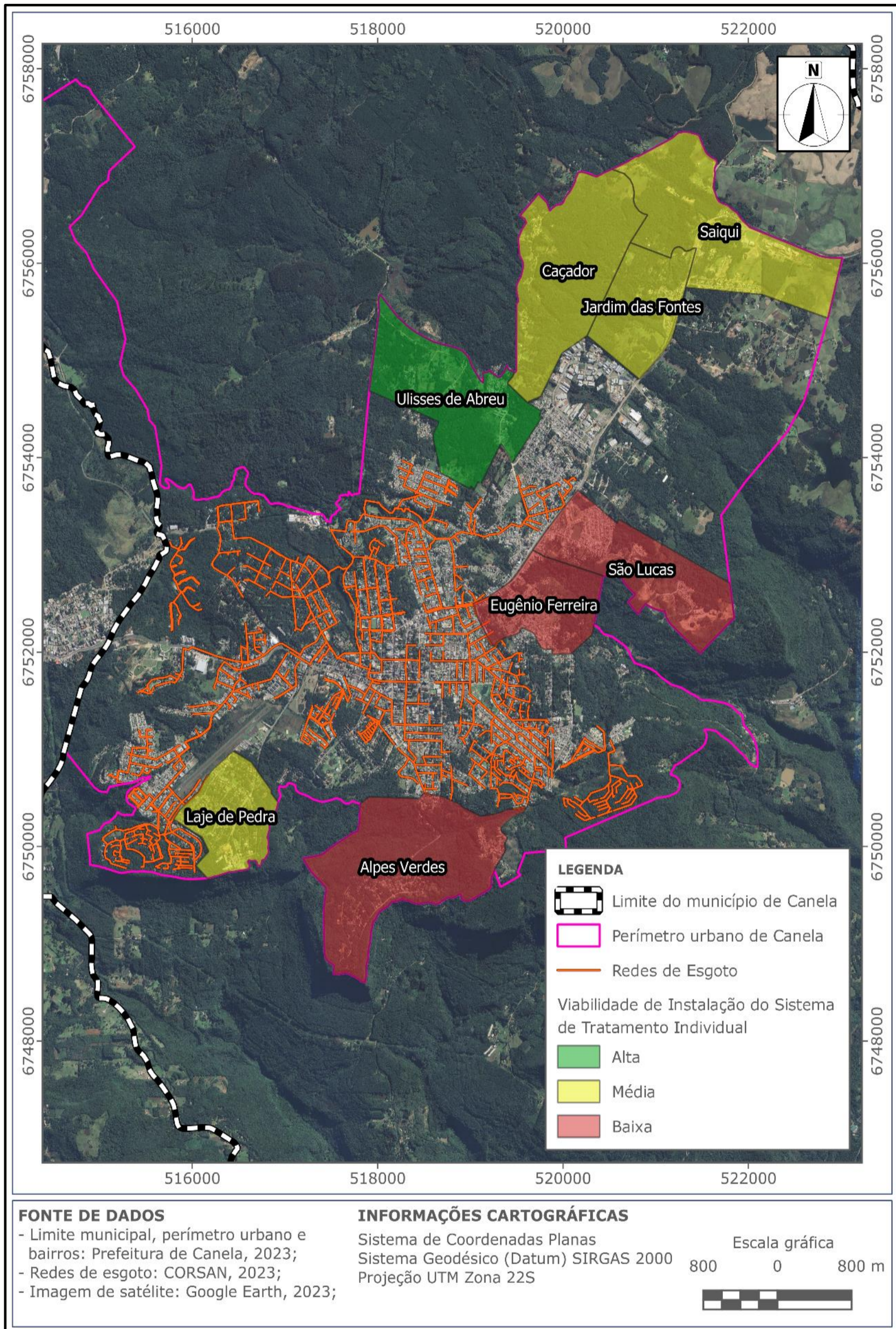
3.3.2.11 Conclusões do estudo

De maneira geral as características do solo na zona urbana de Canela mostraram-se bastante heterogêneas, mesmo diferentes estudos tendo mostrado um perfil análogo: horizonte superficial orgânico, horizonte argiloso a siltoso, saprólito e rocha vulcânica. Propriedades como espessura, nível do lençol freático e permeabilidade tendem a variar enormemente e não possuem valores médios homogêneos em cada bairro. Assim sendo, a viabilidade técnica depende mais das condições de ocupação observadas, tanto da densidade atual quanto do potencial de expansão urbana em direção a porções dos bairros sem infraestrutura urbana.

Todavia, o mapa da Figura 146 sintetiza os bairros avaliados quanto ao potencial de aplicação da alternativa individual de tratamento de efluentes domésticos. Bairros mais centrais sofrem com restrições de densidade de ocupação, mas se situam próximos à rede de coleta existente, viabilizando a opção de expansão da malha coletora em direção a estes núcleos. Os bairros mais a norte se privilegiam de uma ocupação menos densa e maior potencial de expansão, possibilitando um planejamento urbano que priorize assentamentos dentro da restrição de 10 unidades por hectare.

Em todo caso, é fortemente recomendado que se avalie através de estudos específicos do meio físico a viabilidade de cada empreendimento a ser licenciado no futuro. Devem ser devidamente caracterizadas e mapeadas as restrições do meio físico quanto à permeabilidade do solo, profundidade do nível freático e espessura do solo, de modo a se tecerem conclusões definitivas quanto à solução preterida para a disposição de efluentes.

Figura 146. Mapa de viabilidade de instalação do sistema de tratamento individual.⁹



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

⁹ Rede de esgoto planejada e executada

3.4 ASPECTOS QUANTITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS: MICROBACIAS URBANAS

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma caracterização de cada microbacia que drena a área urbana do município de Canela. O principal foco foi na determinação das vazões de referência de cada exutório. Estas vazões são importantes para se determinar a viabilidade de cada curso d'água principal ser utilizado como corpo receptor de efluentes tratados. Quanto maiores as vazões encontradas, maior o volume que pode ser depurado pelo curso d'água e uma maior população poderá ser atendida por um eventual sistema de tratamento a ser instalado na microbacia.

A Diretriz Técnica FEPAM nº 04/2018 foi utilizada como documento norteador dos estudos hidrológicos de cada microbacia, tanto do ponto de vista metodológico quanto da apresentação dos resultados. Complementarmente às metodologias implicadas pela diretriz técnica, foram realizadas medições a vau em cada exutório para efeito de comparação com a vazão média de longo período (Q_{mlp}).

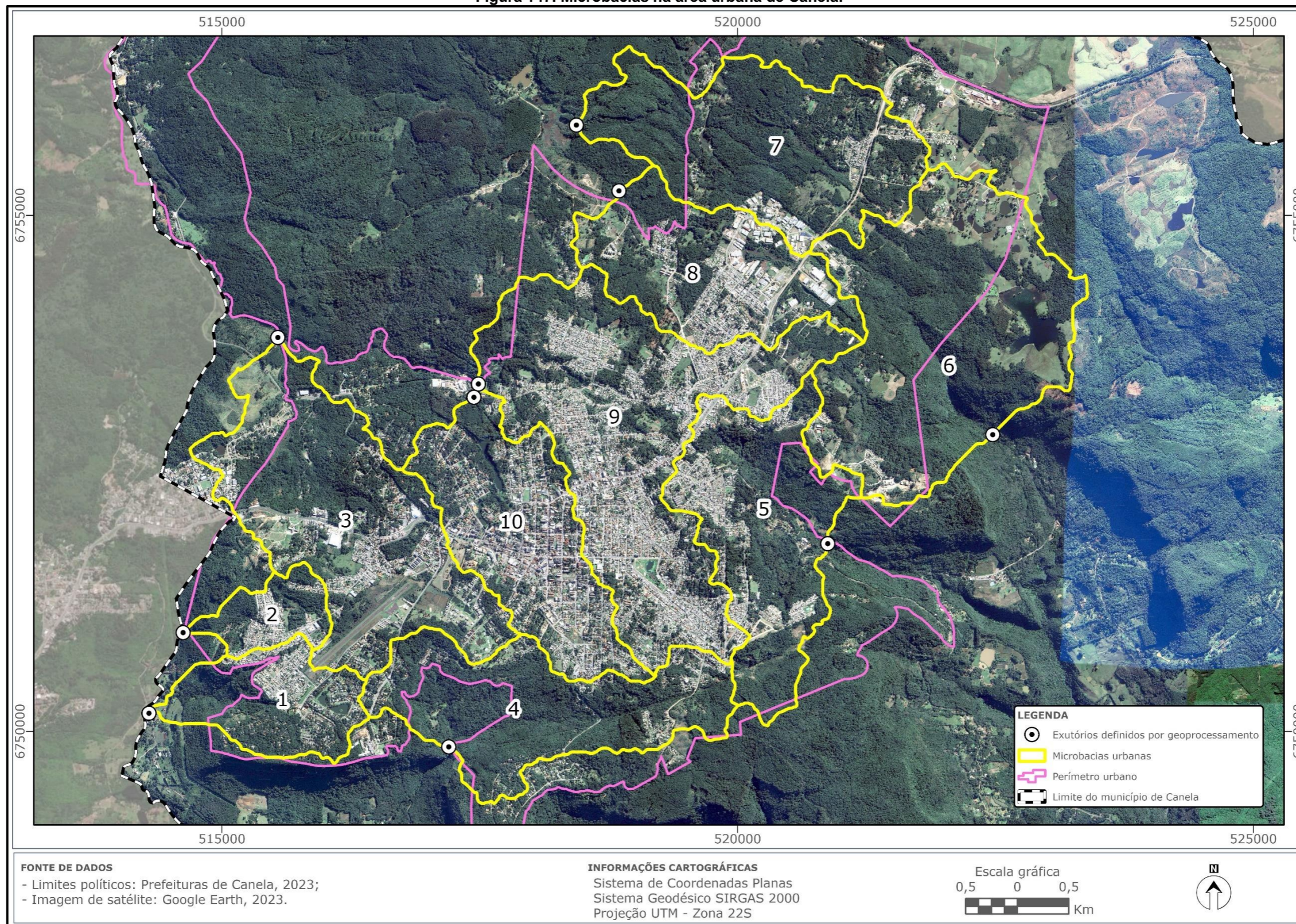
As vazões de referência calculadas representam as porcentagens de permanência que uma dada vazão do rio é encontrada ou superada. Por exemplo, a Q_{90} é a vazão com 90% de permanência de um curso d'água, sendo encontrada ou superada em 90% do tempo. Estas vazões são importantes pois norteiam as condições de capacidade do curso d'água como corpo receptor de efluentes tratados. As vazões da alta permanência (80 a 95%) servem de base para diretrizes de bacia que definem os enquadramentos e as vazões de referência para diversos usos consuntivos e não consuntivos.

Inicialmente é apresentada uma descrição da metodologia aplicada para obtenção dos dados característicos de cada microbacia. Seguem-se capítulos descritivos de cada uma das microbacias delimitadas. Na Figura 147, mostra as microbacias geradas na área urbana no município.

3.5 Metodologia

A delimitação das microbacias urbanas do município de Canela foi realizada utilizando como base os dados do modelo digital de elevação proveniente do satélite Alos (sensor Palsar), que conta com uma resolução espacial de 12,5 m.

Figura 147. Microbacias na área urbana de Canela.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A partir do referido modelo, a rede de drenagem do município foi extraída através de técnicas de geoprocessamento no software QGIS versão 3.22. Posteriormente, foram definidos os exutórios tomando como referência o limite do perímetro urbano e as principais drenagens incidentes neste, resultando na delimitação de 10 microbacias.

3.5.1 Fisiografia das microbacias

Foram selecionados alguns parâmetros fisiográficos, índices geométricos que se relacionam à hidrografia de cada microbacia, para serem calculados e contribuir na caracterização hidrográfica de cada uma delas. A seguir estão descritos cada um dos índices:

- *Forma da bacia*

A forma da bacia, obviamente, é função da delimitação da área da bacia e tem influência no tempo transcorrido entre a ocorrência da precipitação e o escoamento no exutório. Em bacias de formato mais arredondado esse tempo tende a ser menor do que em bacias mais compridas. Dois coeficientes são comumente empregados como indicativos da forma da bacia: fator de forma e coeficiente de compacidade.

Fator de forma: esse coeficiente é definido pela relação entre a largura média da bacia e o comprimento axial do curso d'água principal (L_c). A largura média \bar{L} é calculada pela expressão:

$$\bar{L} = \frac{A}{L_c}$$

E, portanto, o fator de forma K_f é determinado por:

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L_c} = \frac{A}{L_c^2}$$

Quanto menor o fator de forma, mais alongada é a bacia e, portanto, menos sujeira a inundações.

Quadro 35. Classificação quanto ao fator de forma.

| Fator de Forma | Classificação |
|----------------|-------------------------------|
| 1,00 a 0,75 | Maior tendência a enchentes |
| 0,75 a 0,50 | Tendência mediana a enchentes |
| < 0,50 | Menor tendência a enchentes |

Fonte: Poletto (2014).

Coeficiente de compacidade: esse coeficiente é definido como relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de mesma área da bacia. assim, considerando uma bacia de área A e um círculo também de área A , tem-se que:

$$K_c = \frac{P_{bacia}}{P_{circulo}} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

E

$$A = \pi \cdot r^2$$

Logo:

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Bacias que se aproximam geometricamente de um círculo convergem o escoamento superficial ao mesmo tempo para um trecho relativamente pequeno do rio principal. Caso não existam outros fatores que interfiram, os mesmos valores de K_c indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados.

Quadro 36. Classificação quanto ao coeficiente de compacidade.

| Fator de Forma | Classificação |
|----------------|-------------------------------|
| 1,00 – 1,25 | Maior tendência a enchentes |
| 1,25 – 1,50 | Tendência mediana a enchentes |
| > 1,50 | Menor tendência a enchentes |

Fonte: Poletto (2014).

- *Rede de drenagem*

A rede de drenagem é constituída pelo rio principal e seus afluentes. O rio principal é identificado a partir do exutório da bacia, “subindo o rio”, ou seja, percorrendo o sentido inverso do fluxo da água, até percorrer a maior distância (em outras palavras, o rio principal é aquele maior curso d’água do exutório até a cabeceira da bacia). Dois indicadores foram selecionados para descrever a rede de drenagem de cada microbacia: densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial.

Densidade da drenagem: consiste na relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia hidrográfica, sendo este índice considerado importante, pois reflete a influência de outras condicionantes físicas (litologia, pedologia, vegetação, relevo, etc.) de uma bacia está relacionado com o tempo gasto para o escoamento

superficial da bacia. Quanto maior a densidade de drenagem, maior a capacidade da bacia de fazer escoamentos rápidos no exutório.

$$D_d = \frac{\sum l_c}{A}$$

Quadro 37. Classificação quanto à densidade de drenagem.

| Densidade de drenagem | Classificação |
|-----------------------|----------------------|
| < 0,5 | Drenagem pobre |
| 0,5 – 1,5 | Drenagem regular |
| 1,5 – 2,5 | Drenagem boa |
| 2,5 – 3,5 | Drenagem muito boa |
| > 3,5 | Drenagem excepcional |

Fonte: Carvalho (2007).

Extensão média do escoamento superficial: A extensão média do escoamento superficial (l_m) é definida como a distância em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta desde onde caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia.

$$l_m = \frac{A}{4 \cdot \sum l_c}$$

- **Tempo de concentração**

Sendo importante para a caracterização do hidrograma de uma bacia, o tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário para que toda a bacia hidrográfica contribua para o ponto (seção) analisado. Em outras palavras, o tempo de concentração também pode ser entendido como o tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia se desloque até a seção analisada. Na prática, há diversas equações empíricas que correlacionam aspectos físicos da bacia com o tempo de concentração, sendo uma forma usual de estimar esse parâmetro. A equação de Kirpich e a desenvolvida pelo *California Culverts Practice* são dois exemplos:

$$t_c = 3,989 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (\text{Kirpich})$$

$$t_c = 57 \cdot L^{1,155} \cdot H^{-0,385} \quad (\text{California Culverts Practice})$$



Onde: t_c é o tempo de concentração (minutos); L é o comprimento do rio principal (km); S é a declividade do rio principal (m/m); H é a diferença de cota entre o exutório da bacia e o ponto mais a montante (m).

3.5.2 Regionalização de vazões

A obtenção de uma série de vazões para o exutório da microbacia urbana se deu através do método de regionalização. Este método tem sido utilizado para denominar a transferência de informações de um local para o outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante. O método utilizado para esta transferência supõe a proporcionalidade linear entre área de drenagem e vazão de um local, através do parâmetro da vazão específica.

A vazão específica pode ser considerada um indicador regional cujo objetivo é condensar informações, permitindo a identificação de características de escoamento da bacia (TUCCI, 2004). As vazões específicas são calculadas a partir da equação 1:

$$q = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Onde:

q : vazão específica ($L/s \cdot km^2$)

Q : vazão no ponto selecionado (m^3/s)

A : área da bacia no ponto selecionado (km^2)

Uma modificação do método consiste na interpolação linear de dados a partir de postos fluviométricos próximos. Tal método é baseado no princípio de que a vazão na seção de interesse é obtida por uma relação de proporcionalidade entre as vazões e áreas de drenagem dos postos fluviométricos mais próximos.

O método apresenta quatro situações distintas, dependendo da posição da seção de interesse em relação aos postos fluviométricos. Assim, quando a seção de interesse está situada a montante (caso 1) ou a jusante (caso 2) de um posto com vazão conhecida, a vazão de interesse é estimada pela equação 2. Já quando a seção de interesse está situada num trecho de rio entre duas estações fluviométricas (caso 3), a vazão desconhecida é estimada pela equação 3.

$$Q_z = \left(\frac{Q_{m,j}}{A_{m,j}} \right) A_z \quad (2)$$

$$Q_z = Q_m + \left(\frac{A_z - A_m}{A_j - A_m} \right) (Q_j - Q_m) \quad (3)$$

Em que:

Q_z : vazão na seção de interesse;

$Q_{m,j}$: vazão no posto de montante ou jusante;

Q_m : vazão no posto de montante;

Q_j : vazão no posto de jusante;

A_z : área de drenagem na seção de interesse;

$A_{m,j}$: área de drenagem do posto de montante ou jusante;

A_m : área de drenagem do posto de montante;

A_j : área de drenagem do posto de jusante.

3.5.3 Amostragem de vazões

A medição da vazão em hidrometria é todo processo empírico utilizado para determinar a vazão de um curso d'água. A vazão ou descarga de um rio é o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo (em geral um segundo).

A medição convencional com molinete hidrométrico é universalmente utilizada para determinação da vazão em cursos d'água naturais e consiste em determinar a área da seção e a velocidade média do fluxo que passa nesta seção. A área é determinada por meio da medição da largura do rio e da profundidade em um número significativo de pontos a diferentes profundidades, que irão originar a velocidade média na vertical.

Em geral, determina-se a velocidade média na vertical por meio de métodos analíticos, ou seja, fórmulas recomendadas em função do número de medições de velocidade e da posição. A Tabela 14 fornece as expressões para o cálculo da velocidade média para o caso de até seis pontos medidos em cada vertical, o que constitui o chamado método detalhado (DNAEE, 1977).

Tabela 14. Cálculo da velocidade média na vertical.

| Nº de pontos | Posição na vertical (*) em relação à profundidade “p” | Cálculo da velocidade média na vertical | Profundidade (m) |
|--------------|---|---|------------------|
| 1 | 0,6 p | $\bar{v} = v_{0,6}$ | 0,15 – 0,6 |
| 2 | 0,2 e 0,8 p | $\bar{v} = (v_{0,2} + v_{0,8})/2$ | 0,6 – 1,2 |
| 3 | 0,2; 0,6 e 0,8 p | $\bar{v} = (v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8})/4$ | 1,2 – 2,0 |
| 4 | 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 p | $\bar{v} = (v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + v_{0,8})/6$ | 2,0 – 4,0 |
| 6 | S; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 p e F | $\bar{v} = [v_S + 2(v_{0,2} + v_{0,4} + v_{0,6} + v_{0,8}) + v_F]/10$ | > 4,0 |

(*) S – superfície; F – fundo

Fonte: DNAEE (1977).

A medição das velocidades nos pontos será realizada por meio de um aparelho denominado micromolinete hidrométrico do tipo eixo horizontal. Este equipamento utiliza uma relação matemática entre o número de rotações e a velocidade:

$$V = n \cdot a + b$$

Onde:

- *n*: número de rotações por segundo; *e*
- *a*, *b*: constantes do molinete, sendo *a* o “passo da hélice” e *b* a “velocidade de atrito”.

A medição direta da vazão necessita, além do molinete, uma série de outros equipamentos, conforme o tipo e tamanho dos cursos d’água a serem medidos. Os arroios selecionados no contexto deste projeto viabilizam as medições a vau (até 1 m de profundidade). Neste caso, a medição a partir de barcos não será necessária; trabalha-se então com o molinete afixado numa haste graduada, o que permite, ao mesmo tempo, realizar a batimetria da seção. A medição a vau ainda requer a demarcação da seção com um cabo agrimensor ou de aço graduado esticado de margem a margem, para permitir o correto posicionamento do molinete na seção. Complementarmente o técnico executando a medição precisa trajar roupas adequadas e botas longas ou pantaneiras, impermeáveis, que o protejam do frio e, eventualmente, da poluição.

Além do molinete, o contador de rotações é um equipamento indispensável nas medições de vazão. O conjunto de micromolinete utilizado neste trabalho inclui um contador digital de parada automática. Este aparelho registra todas as rotações do molinete que está ajustado para emitir um pulso elétrico a cada revolução. Esses



impulsos acionam um contador que possui um cronômetro embutido para realizar medições ao longo de um tempo pré-programado (em geral 40 segundos).

A seção do rio precisa ser dividida em verticais igualmente espaçadas. A distância entre as verticais depende da largura do rio e da regularidade do escoamento. DNAEE (1977) recomenda a distância entre as verticais conforme a tabela abaixo.

Tabela 15. Distância recomendada entre as verticais.

| Largura do rio (m) | Espaçamento entre verticais |
|--------------------|-----------------------------|
| ≤ 3,00 | 0,30 |
| 3,00 – 6,00 | 0,50 |
| 6,00 – 15,00 | 1,00 |
| 15,00 – 30,00 | 2,00 |
| 30,00 – 50,00 | 3,00 |
| 50,00 – 80,00 | 4,00 |
| 80,00 – 150,00 | 6,00 |
| 150,00 – 250,00 | 8,00 |
| ≥ 250,00 | 12,00 |

Fonte: DNAEE (1977).

O registro a campo será feito mediante preenchimento de uma tabela-padrão contendo as informações da seção, condições especiais da medição e os dados de velocidade e profundidade em cada vertical. É imprescindível a presença de um técnico e um auxiliar a campo para garantir a correta execução do método a ser aplicado. Complementarmente toda etapa de campo será acompanhada de registro fotográfico.

O processamento dos dados adquiridos a campo para resultarem no valor da vazão do curso d'água será através do método da meia seção. Neste método as vazões parciais são calculadas multiplicando-se a velocidade média na vertical pelo produto da profundidade média na vertical pela soma das semidistâncias às verticais adjacentes.

Cabe ressaltar que neste método de cálculo as parcelas de área da seção transversal junto às margens são desprezadas, fato que deve ser considerado no momento da medição, diminuindo ao máximo a distância entre as verticais no início e final da seção transversal.

3.5.4 Séries utilizadas e representatividade

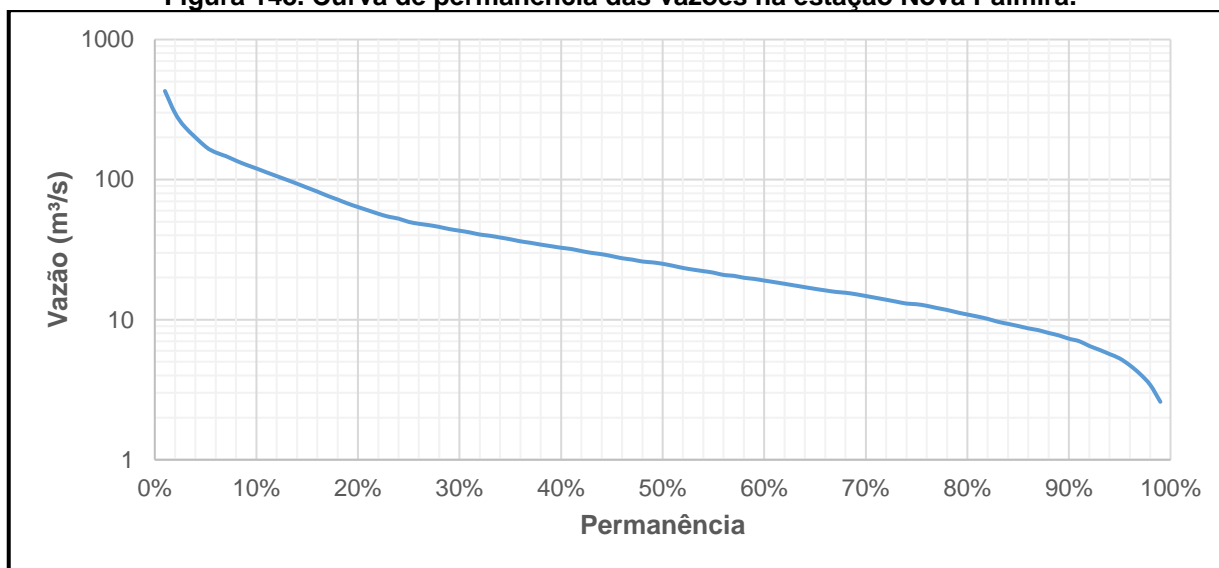
A aplicação da regionalização utilizou dados fluviométricos disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) através do portal HIDROWEB. A estação fluviométrica apta para aplicação do método foi a estação de Nova Palmira (87160000). As informações das estações fluviométricas estão apresentadas no Quadro 38:

Quadro 38. Quadro resumo da estação fluviométrica Nova Palmira.

| | |
|-------------------------|------------------------------|
| Código | 86510000 |
| Nome | Nova Palmira |
| Bacia | 8 – Atlântico Trecho Sudeste |
| Sub-bacia | 87 – Lagoa dos Patos |
| Rio | Rio Caí |
| Estado | Rio Grande do Sul |
| Município | Caxias do Sul |
| Responsável | ANA |
| Operadora | CPRM |
| Coordenadas | -29,3356 / -51,1889 |
| Área de drenagem | 2030 km ² |
| Tamanho da série | 1980 a 2010 |
| Precipitação | 1711 mm |

Fonte: ANA (2024).

Figura 148. Curva de permanência das vazões na estação Nova Palmira.



Adaptado: ANA (2024).

3.5.5 Incertezas do modelo

Com relação ao método do indicador regional (vazão específica), Tucci (2002) aponta incertezas quando há grande diferença entre as áreas de drenagem das bacias, principalmente para as bacias com áreas menores que 50 km².

Agra et al. (2003) afirmam que a vazão média calculada através desta metodologia com dados de uma bacia maior acarreta a subestimação da vazão. Considerando-se que o objeto de estudo são as vazões mínimas para um dado curso hídrico, os erros associados ao método contribuem como margem de segurança.

Entretanto, as bacias se encontram em contextos tanto geológicos como hidrogeológicos semelhantes, o que contribui para um comportamento semelhante do regime hídrico.

3.6 Microbacia – 01

3.6.1 Quadro-resumo

Quadro 39. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,377546° | Longitude: -50,852710° |
| Área da bacia de drenagem: | 1,54 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mip}): | 38,47 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q₈₅ | 6,85 L/s | |
| Q₉₀ | 5,56 L/s | |
| Q₉₅ | 4,02 L/s | |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.6.2 Localização

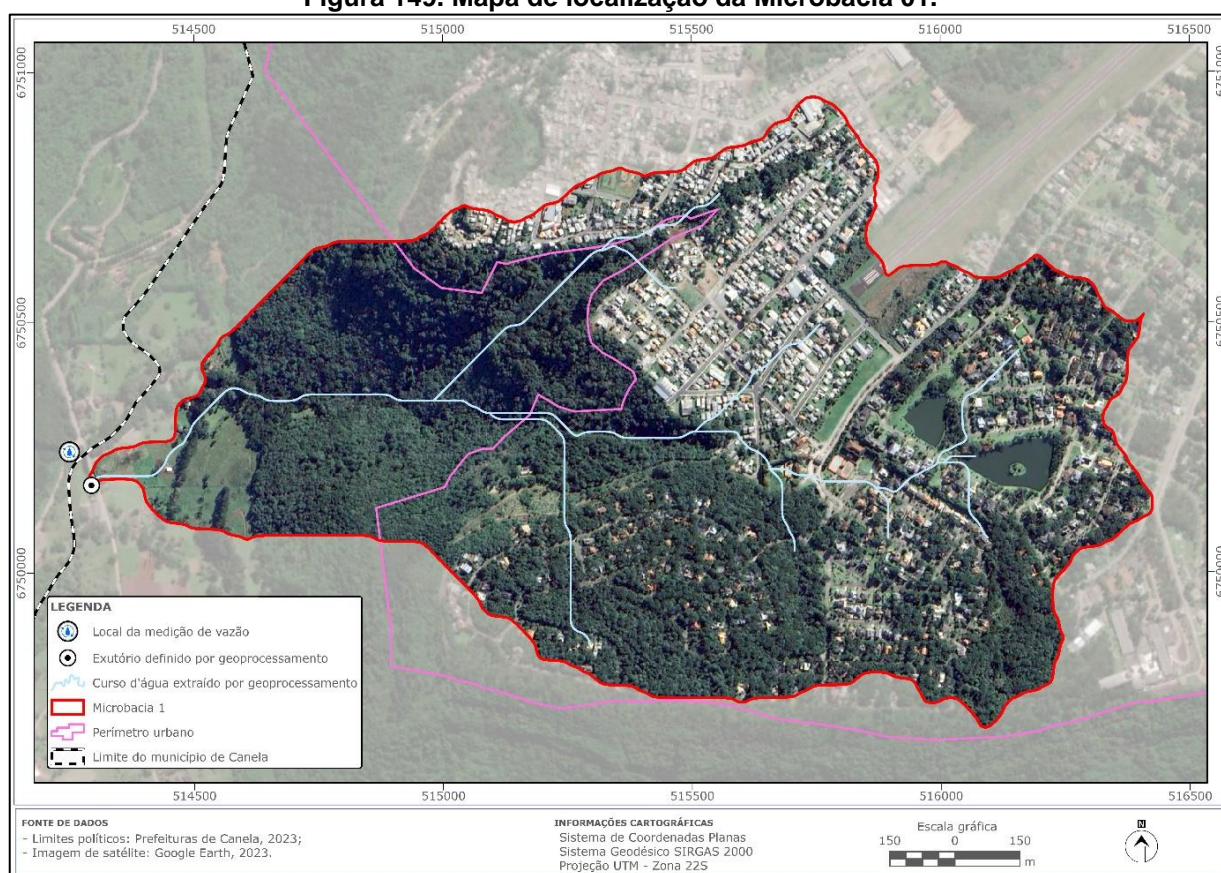
Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio dos Sinos na Região Hidrográfica do Guaíba. Esta microbacia possui cerca de 1,54 km² de área, drenando os bairros Dante e Reserva da Serra, bem como parte do bairro Santa Marta, no extremo sudoeste da área urbana de Canela.

A área mais urbanizada é a da cabeceira da microbacia, sendo que o trecho médio conta com cobertura vegetal preservada, muito em função das declividades acentuadas; e o trecho baixo apresenta ocupação mais esparsa junto ao vale do Arroio do Quilombo, onde desagua esta microbacia. A hidrografia é fortemente controlada pelas

estruturas, em dois vales incisos no sentido E-W, com forte quebra de relevo na borda dos bairros, marcando transição entre o topo plano da área urbana e a encosta íngreme da vertente leste do Vale do Quilombo.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,32, indicando um menor risco de enchentes. Já o coeficiente de compacidade é de 1,35, implicando uma tendência mediana de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 3,09 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 80 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração calculado pelas equações de Kirpich e da *California Culverts Practice* resultaram em tempos semelhantes, da ordem de 16 minutos.

Figura 149. Mapa de localização da Microbacia 01.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

No ponto de medição o arroio possui largura média de 1,5 m, leito cascalhoso e margens permeáveis, com ocupação esparsa característica de zona rural. O ponto escolhido foi junto à travessia da Estrada Professora Elvira Apolo Benetti sobre o arroio.

Figura 150. Arroio no exutório da Microbacia 01.



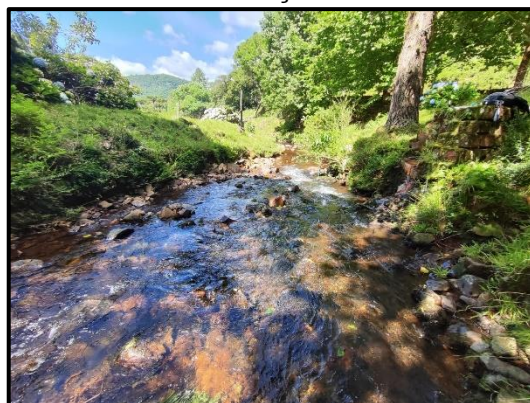
Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 151. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 152. Arroio a jusante do ponto de medição.

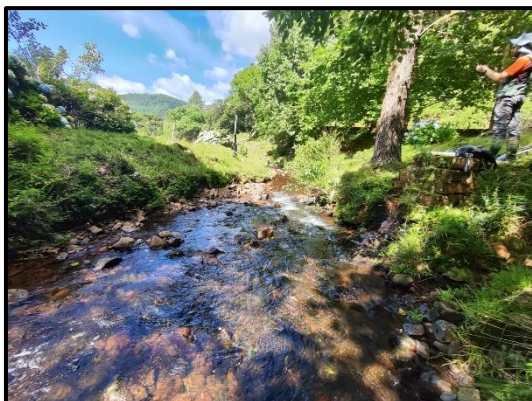


Fonte: Garden Projetos (2024).

3.6.3 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 16 de janeiro de 2024, conforme ilustrado nas Figuras 153 e 154.

Figura 153. Seção instalada para medição de vazão no Exutório 01.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 154. Medição da vazão no Exutório 01.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 16 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor bastante alto, dado o volume de chuvas acumulado no mês.

Tabela 16. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 16/01/2024 | 161,67 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.6.4 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 01 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Dados obtidos na regionalização das vazões para a microbacia 01 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 01 | 38,47 | 19,04 | 6,85 | 5,56 | 4,02 | 3,11 | 1,97 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.7 Microbacia – 02

3.7.1 Quadro-resumo

Quadro 40. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,370491° | Longitude: -50,84931° |
| Área da bacia de drenagem: | 0,71 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mlp}): | 17,74 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q₈₅ | 3,16 L/s | |
| Q₉₀ | 2,56 L/s | |
| Q₉₅ | 1,85 L/s | |

Fonte: Garden Projetos (2024).

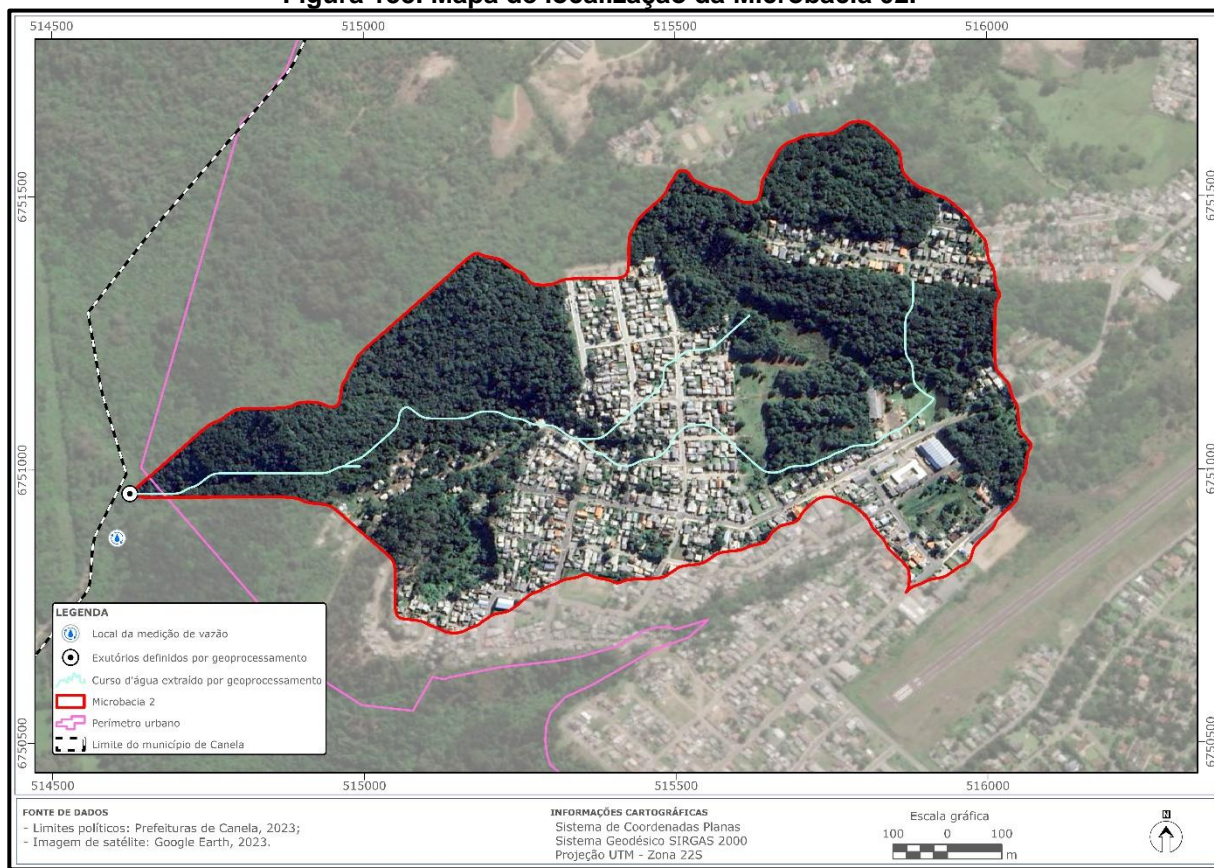
3.7.2 Localização

Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio dos Sinos na Região Hidrográfica do Guaíba. Esta microbacia possui cerca de 0,71 km² de área, a menor das microbacias urbanas de Canela. Ela drena o bairro Santa Marta e uma pequena porção do bairro São José. Relativamente ao seu tamanho, é uma microbacia com alta ocupação urbana mesmo no seu trecho médio de maior declividade. Assim como a Microbacia 01, deságua no Arroio do Quilombo, mas em um ponto mais a montante, onde o vale é mais estreito e de vertentes mais íngremes.

A hidrografia sofre com intenso controle estrutural, sendo formada por talvegue principal de orientação E-W e cuja transição da topografia é mais pronunciada no seu trecho baixo, ao adentrar a cabeceira do Vale do Quilombo.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,22, indicando um menor risco de enchentes pelo seu alongamento E-W. Já o coeficiente de compacidade é de 1,42, implicando uma tendência mediana de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 3,13 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 79 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração calculado pelas equações de Kirpich e da *California Culverts Practice* resultaram em tempos semelhantes, da ordem de 14 minutos.

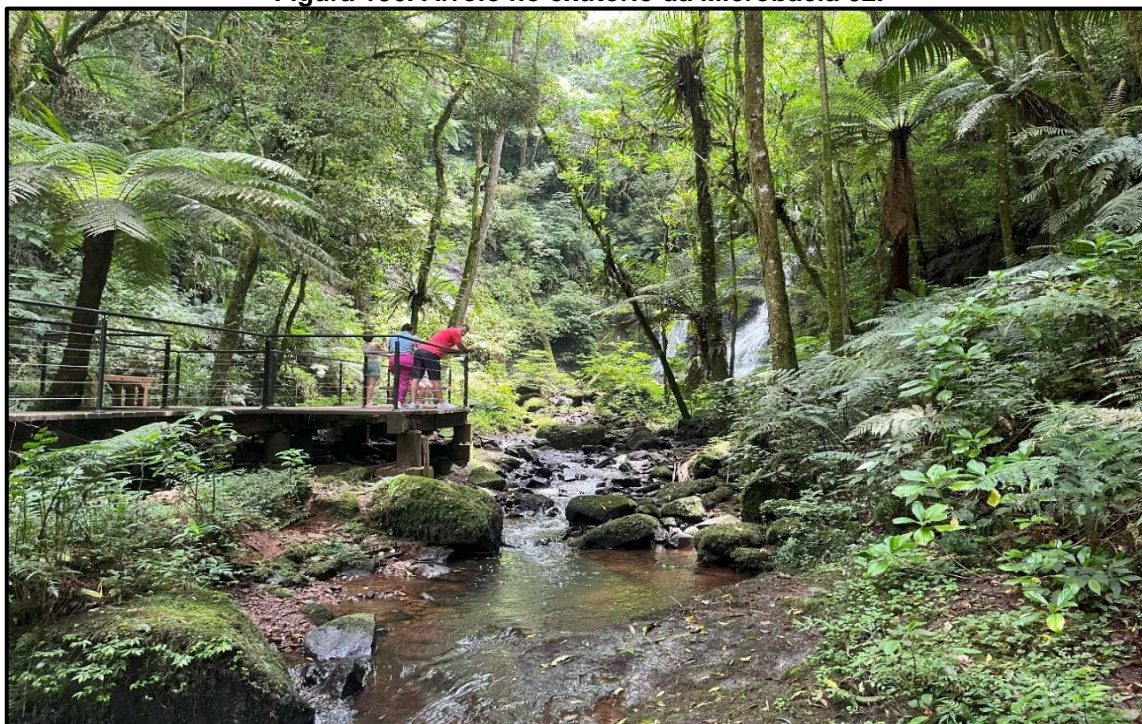
Figura 155. Mapa de localização da Microbacia 02.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

No ponto de medição o arroio possui largura média de 1,2 m, leito cascalhoso e margens permeáveis, com ampla cobertura vegetal preservada nas margens. O ponto escolhido foi a jusante do exutório modelado, em função das condições de acesso dificultadas. O ponto está localizado dentro do Garden Park Gramado.

Figura 156. Arroio no exutório da Microbacia 02.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 157. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 158. Arroio a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.7.3 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 16 de janeiro de 2024, conforme ilustrado na Figura 159 e na Figura 160.

Figura 159. Seção instalada para medição de vazão no Exutório 02.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 160. Medição da vazão no Exutório 02.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 18 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor bastante acima da vazão média calculada, dado o volume de chuvas acumulado no mês.

Tabela 18. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 16/01/2024 | 35,30 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.7.4 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 02 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 02 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 02 | 17,74 | 8,78 | 3,16 | 2,56 | 1,85 | 1,44 | 0,91 |

Fonte: Garden Projetos (2024)



3.8 Microbacia – 03

3.8.1 Quadro-resumo

Quadro 41. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,344668° | Longitude: -50,839886° |
| Área da bacia de drenagem: | 4,6 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mip}): | 114,91 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| | Q₈₅ | 20,46 L/s |
| | Q₉₀ | 16,60 L/s |
| | Q₉₅ | 12,00 L/s |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.8.2 Localização

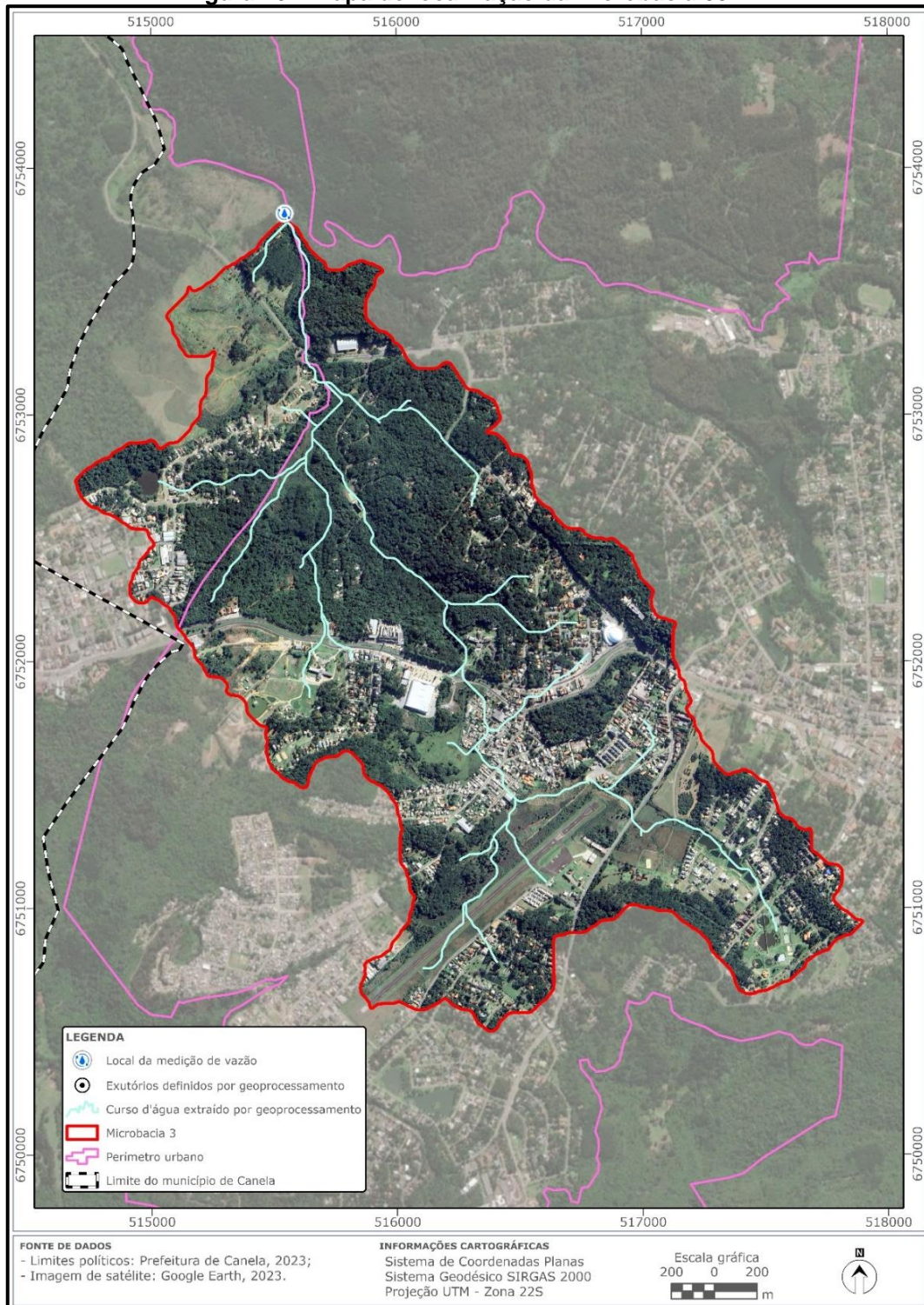
Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio Caí na Região Hidrográfica do Guaíba. Esta microbacia possui cerca de 4,6 km² de área, sendo fração considerável do extremo oeste da área urbana de Canela. São drenados os bairros Hortênsias, São José, Quinta da Serra e parte do Centro do município.

Esta microbacia é dividida pela Rodovia ERS 234 que a divide em uma metade sul, zona de cabeceira, mais intensamente urbanizada; e uma metade norte, de ocupação urbana menos desenvolvida e maior cobertura vegetal florestal, mas com núcleos residenciais presentes até mesmo no trecho baixo. É uma microbacia de relevo mais suave, sem um gradiente altimétrico pronunciado, o que favorece a urbanização. Seu exutório é definido ao final o perímetro urbano do município, a jusante deste o arroio ainda segue até desaguar no Arroio Caracol, situado mais a norte, já em zona rural.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,22, indicando um menor risco de enchentes pelo seu alongamento N-S. Já o coeficiente de compacidade é de 1,63, também implicando uma menor tendência de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 2,80 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 89 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração

calculado pela equação de Kirpich foi de 52 minutos, e pela *California Culverts Practice* foi de 47 minutos.

Figura 161. Mapa de localização da Microbacia 03¹⁰.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

¹⁰ O local medido foi exatamente no exutório demarcado.

No ponto de medição o arroio possui largura média de 1,5 m, leito cascalhoso e arenoso e margens permeáveis, com ampla cobertura vegetal preservada nas margens. O ponto escolhido foi coincidente com o exutório modelado, acessado através do loteamento Recanto da Cascata.

Figura 162. Arroio no exutório da Microbacia 03.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 163. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 164. Arroio a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.8.3 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 16 de janeiro de 2024, conforme ilustrado na Figura 165 e na Figura 166.

Figura 165. Seção instalada para medição de vazão no Exutório 03.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 166. Execução da medição no Exutório 03.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 20 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor bastante abaixo da vazão média calculada, mesmo com o volume de chuvas acumulado no mês.

Tabela 20. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 16/01/2024 | 67,07 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.8.4 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 03 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 03(L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 03 | 114,91 | 56,89 | 20,46 | 16,60 | 12,00 | 9,30 | 5,88 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.9 Microbacia – 04

3.9.1 Quadro-resumo

Quadro 42. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|----------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,380449° | Longitude: -50,822754 ° |
| Área da bacia de drenagem: | 3,24 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mip}): | 80,94 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q₈₅ | 14,41 L/s | |
| Q₉₀ | 11,69 L/s | |
| Q₉₅ | 8,45 L/s | |

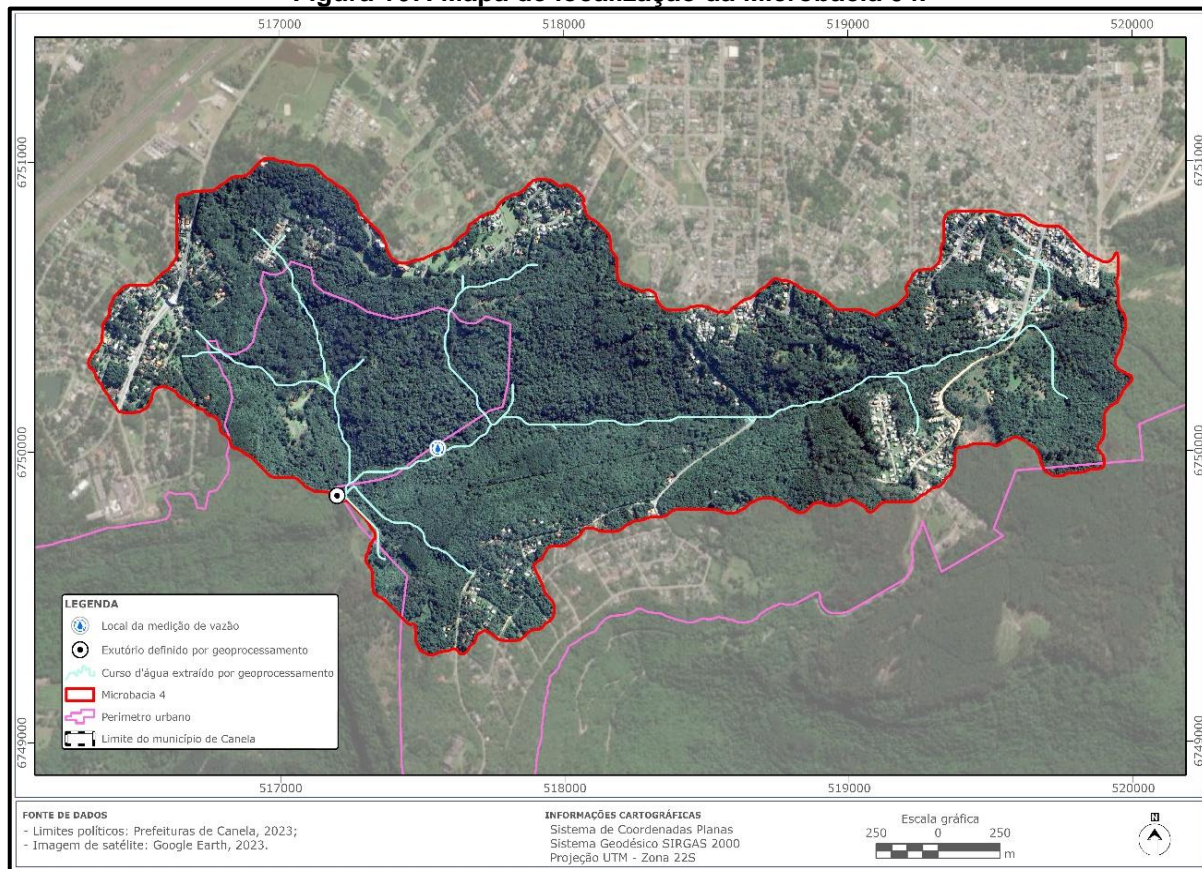
Fonte: Garden Projetos (2024).

3.9.2 Localização

Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio Caí na Região Hidrográfica do Guaíba. Esta microbacia possui cerca de 3,24 km² de área e drena uma área do extremo sul da zona urbana de Canela, compreendendo parcialmente os bairros Alpes Verdes, Sequoias, Leodoro de Azevedo, Quinta da Serra e Laje de Pedra. Possui formato alongado e um profundo vale central E-W que condiciona a ocupação dos bairros para as áreas de cabeceira bem próximas ao divisor de água. Resulta que boa parte dessa microbacia possui cobertura vegetal arbórea preservada e menor densidade de ruas e estradas. O controle estrutural sobre a hidrografia é bastante forte, indicado pela forma da bacia e da incisão do vale central coincidente com um lineamento tectônico.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,35, indicando um menor risco de enchentes pelo seu alongamento E-W. Já o coeficiente de compacidade é de 1,68, também implicando uma menor tendência de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 2,39 km/km², configurando uma bacia com boa drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 104 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração calculado pela equação de Kirpich foi de 30 minutos, e pela *California Culverts Practice* foi de 27 minutos.

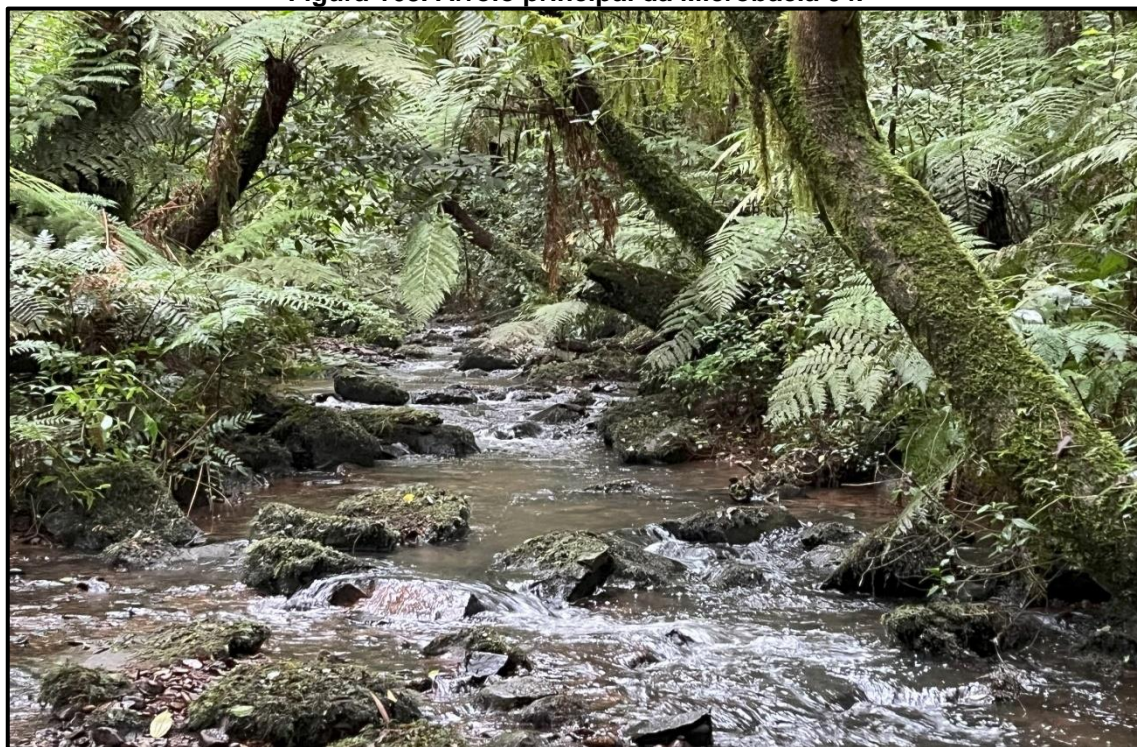
Figura 167. Mapa de localização da Microbacia 04.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

No ponto de medição o arroio possui largura média de 1,8 m, leito cascalhoso e margens permeáveis, com ampla cobertura vegetal preservada nas margens. O ponto escolhido para medição precisou ser alterado para mais a montante, devido a dificuldades de acesso ao exutório.

Figura 168. Arroio principal da Microbacia 04.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 169. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 170. Arroio a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.9.3 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 18 de janeiro de 2024, conforme ilustrado nas Figuras 171 e 172.

Figura 171. Seção instalada para medição de vazão.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 172. Execução da medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 22 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor bastante próximo ao da vazão média calculada, a despeito do ponto se situar a montante do exutório.

Tabela 22. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 18/01/2024 | 87,08 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.9.3.1 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 04 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 04 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 04 | 80,94 | 40,07 | 14,41 | 11,69 | 8,45 | 6,55 | 4,14 |

Fonte: Garden Projetos (2024)



3.10 Microbacia – 05

3.10.1 Quadro-resumo

Quadro 43. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,362621° | Longitude: -50,784926° |
| Área da bacia de drenagem: | 3,25 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mlp}): | 81,19 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q₈₅ | 14,46 L/s | |
| Q₉₀ | 11,73 L/s | |
| Q₉₅ | 8,48 L/s | |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.10.2 Localização

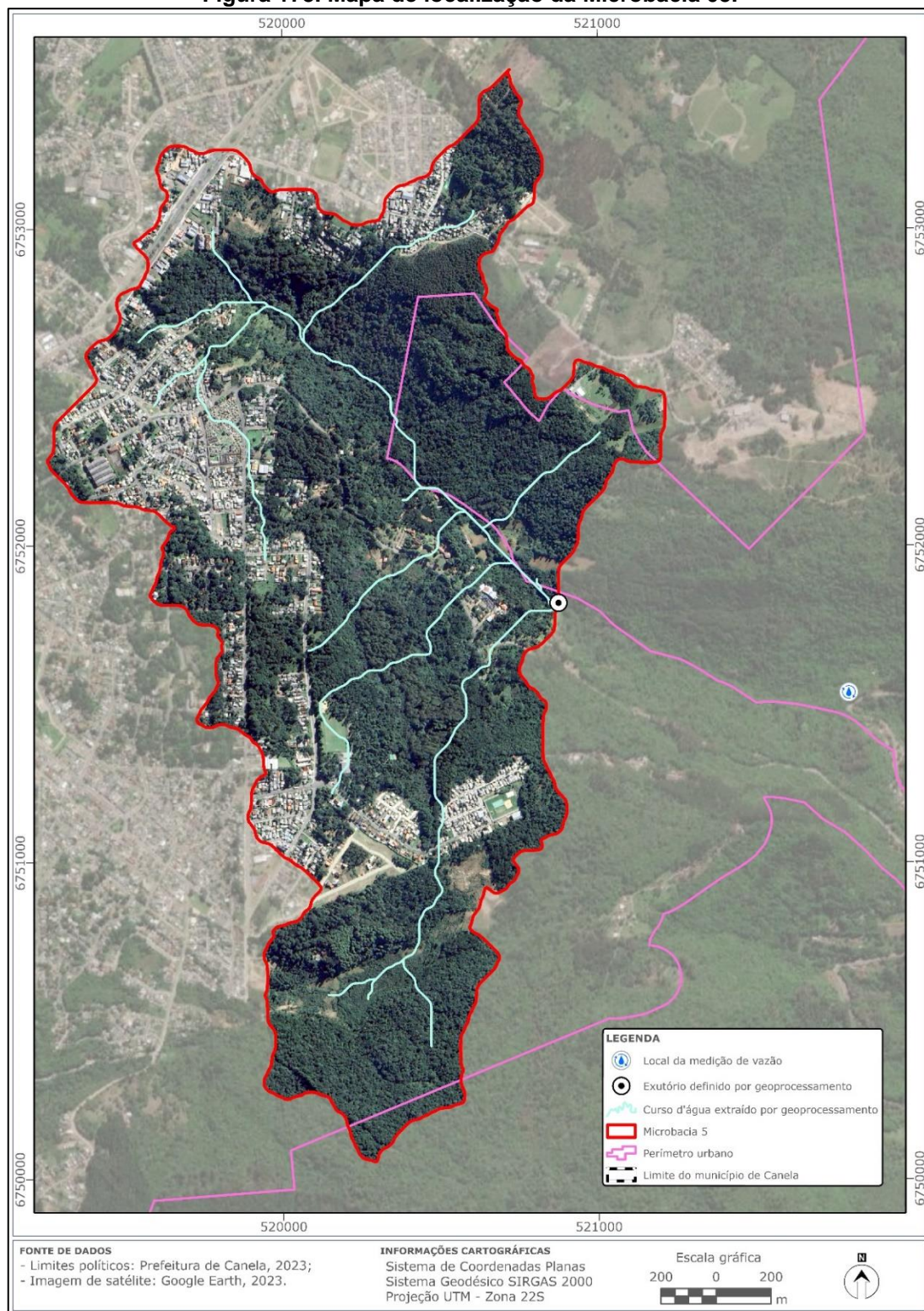
Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio dos Sinos na Região Hidrográfica do Guaíba.

Esta microbacia possui cerca de 3,25 km² de área e drena a porção centro leste da zona urbana, abarcando os bairros Sequoias, Sesi, Palace Hotel, Eugênio Ferreira e São Lucas. A área mais urbanizada desta microbacia é o seu trecho alto, sendo mais plano e mais apto para a ocupação; os trechos baixos e médios têm menor densidade de infraestrutura urbana. A hidrografia desta microbacia tem forte controle estrutural, sendo que seus dois principais arroios criam talvegues de incisão profunda no sentido NW-SE e NE-SW, denotando a angulação entre os lineamentos tectônicos. Seu exutório foi modelado no fim da zona urbana de Canela, mais a jusante o arroio segue para se tornar formador do Arroio da Casca, afluente do Rio Paranhana.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,51, indicando um risco mediano de enchentes pela sua forma mais arredondada. Já o coeficiente de compacidade é de 1,71, implicando uma menor tendência de cheias pela sua forma ramificada. A densidade de drenagem calculada é de 2,81 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 89 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo

de concentração calculado pela equação de Kirpich foi de 24 minutos, e pela *California Culverts Practice* foi de 21 minutos.

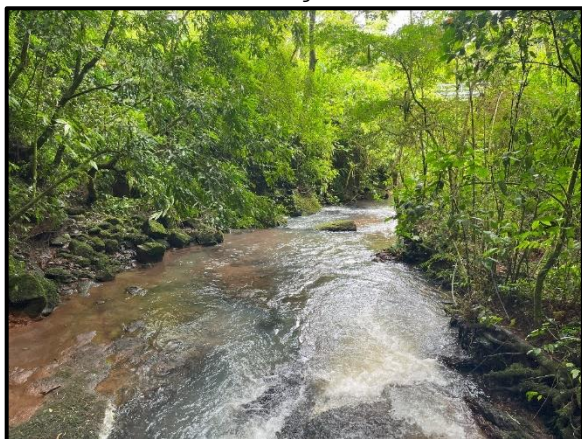
Figura 173. Mapa de localização da Microbacia 05.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

No ponto de medição o arroio possui largura média de 2,0 m, leito rochoso e margens permeáveis, com ampla cobertura vegetal preservada nas margens. O ponto escolhido para medição precisou ser alterado para mais a jusante, devido a dificuldades de acesso ao exutório. Optou-se por fazer a medição em um ponto que o arroio principal fosse atravessado pela estrada próxima.

Figura 174. Trecho a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 175. Trecho a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.10.3 Medição das vazões

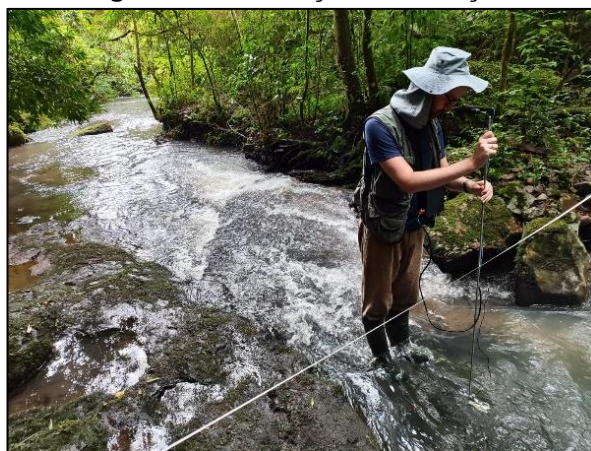
A vazão foi medida em um único momento no dia 18 de janeiro de 2024, conforme ilustrado nas Figuras 176 e 177.

Figura 176. Seção instalada para medição de vazão.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 177. Execução da medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 24 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor acima ao da vazão média calculada, dado que o ponto está mais a jusante do exutório modelado.

Tabela 24. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 18/01/2024 | 183,18 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.10.4 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 05 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 05 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 05 | 81,19 | 40,19 | 14,46 | 11,73 | 8,48 | 6,57 | 4,16 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.11 Microbacia – 06

3.11.1 Quadro-resumo

Quadro 44. Resumo de informações.

| | | |
|---|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,353059° | Longitude: -50,768469° |
| Área da bacia de drenagem: | 5,67 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mlp}): | 141,64 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q_{85} | 25,22 L/s | |
| Q_{90} | 20,46 L/s | |
| Q_{95} | 14,79 L/s | |

Fonte: Garden Projetos (2024).



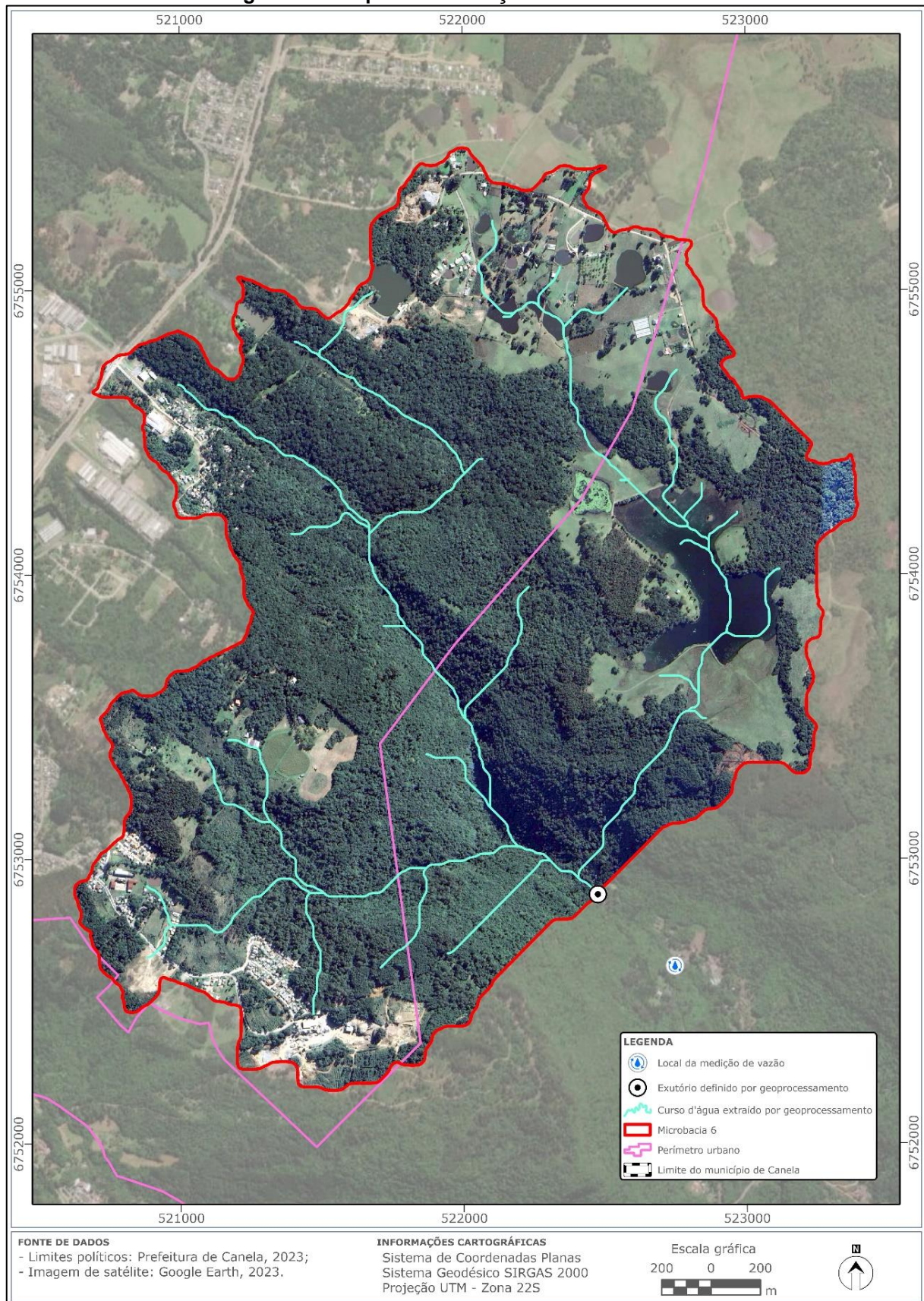
3.11.2 Localização

Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio dos Sinos na Região Hidrográfica do Guaíba.

Esta microbacia possui uma área de cerca de 5,67 km², sendo a segunda maior microbacia urbana do município. Apesar de sua área, ela drena uma porção bem periférica de bairros com menor densidade de ocupação: São Lucas, Jardim Mariana, parte do Distrito Industrial e Rancho Jane. O trecho mais urbanizado é sua cabeceira sul e noroeste; já as cabeceiras a norte remetem a um uso predominantemente rural, de ocupação mais esparsa e infraestrutura urbana reduzida. A maior fração da microbacia é de cobertura vegetal, especialmente nos seus trechos médio e baixo. O exutório foi definido próximo ao limite da zona urbana, a jusante deste ponto o arroio segue para formar o Arroio da Casca, afluente do Rio Paranhana. O controle estrutural está presente sobre a drenagem, mas não é proeminente.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,85, indicando um alto risco de enchentes pelo seu formato circular. Já o coeficiente de compacidade é de 1,46, também implicando uma tendência mediana de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 2,70 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 92 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração calculado pela equação de Kirpich foi de 20 minutos, e pela *California Culverts Practice* foi de 18 minutos.

Figura 178. Mapa de localização da Microbacia 06.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

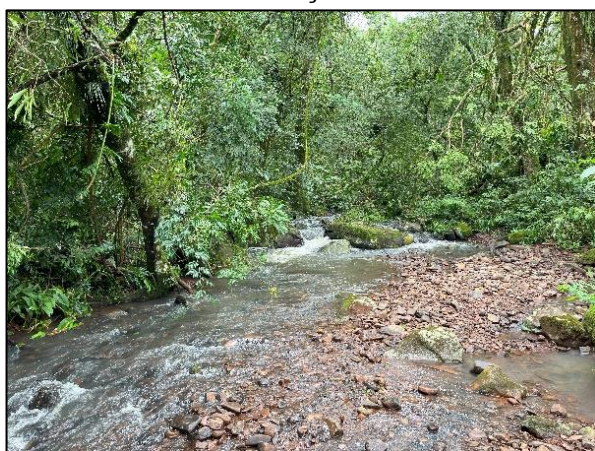
No ponto de medição o arroio possui largura média de 3,0 m, leito rochoso e margens permeáveis, com ampla cobertura vegetal preservada nas margens. O ponto escolhido para medição precisou ser alterado para mais a jusante, devido a dificuldades de acesso ao exutório.

Figura 179. Arroio principal da Microbacia 06.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 180. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 181. Arroio a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.11.3 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 18 de janeiro de 2024, conforme ilustrado nas Figuras 182 e 183.

Figura 182. Seção instalada para medição de vazão.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 183. Execução da medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 26 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor bastante acima ao da vazão média calculada, o que pode ser explicado pelo volume de chuvas nos dias anteriores à medição.

Tabela 26. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 18/01/2024 | 400,29 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.11.4 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 06 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 27.

Tabela 27. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 06 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 06 | 141,64 | 70,12 | 25,22 | 20,46 | 14,79 | 11,46 | 7,25 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.12 Microbacia – 07

3.12.1 Quadro-resumo

Quadro 45. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,326052° | Longitude: -50,810106° |
| Área da bacia de drenagem: | 3,94 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mip}): | 98,43 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q₈₅ | 17,53 L/s | |
| Q₉₀ | 14,22 L/s | |
| Q₉₅ | 10,28 L/s | |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.12.2 Localização

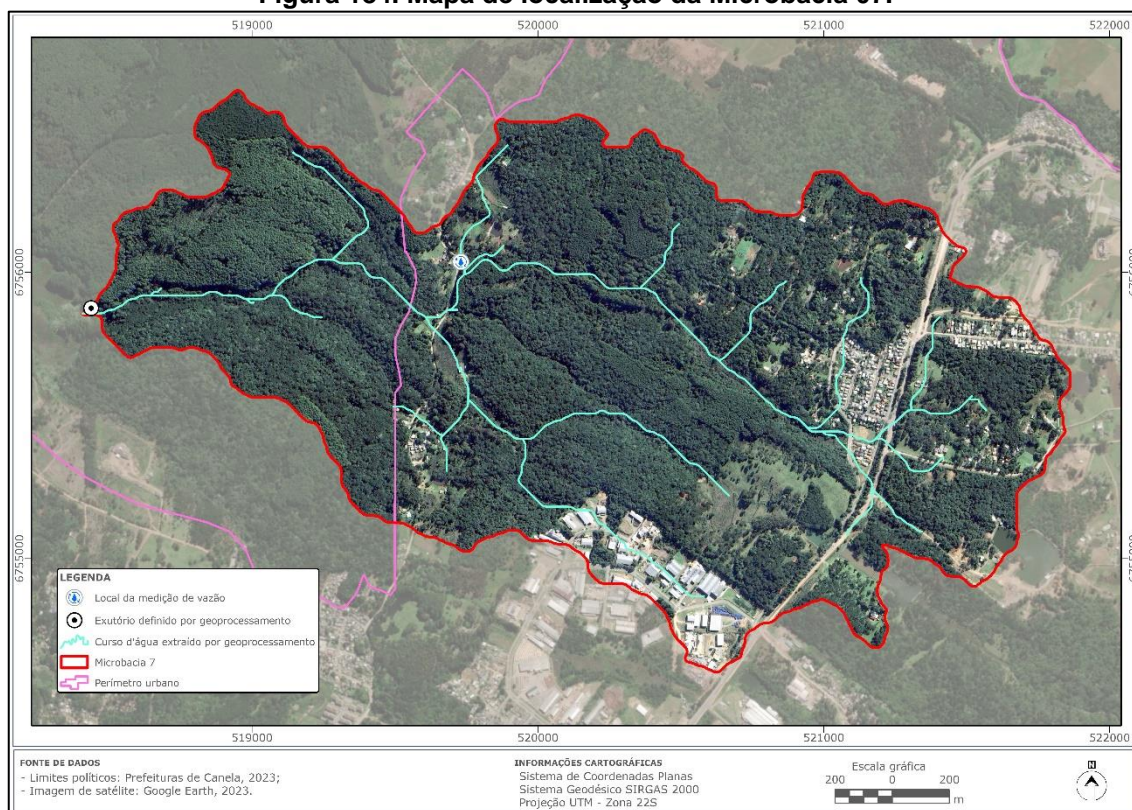
Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio Caí na Região Hidrográfica do Guaíba.

Esta microbacia possui cerca de 3,94 km² de área, e drena a porção mais setentrional da zona urbana de Canela, contemplando os bairros Jardim das Fontes e Caçador, bem como partes dos bairros Saiqui, Rancho Jane e Distrito Industrial. A ocupação desta microbacia é esparsa, os núcleos urbanos são de pequena área e acaba predominando a cobertura de fragmentos florestais e silvicultura. O trecho alto da microbacia é o mais urbanizado, dado que a Rodovia RS 235 corta a microbacia nesta seção. O relevo desta microbacia é mais plano, sem um grande gradiente de altitude entre a cabeceira e o exutório. O principal curso d'água desta microbacia segue após o exutório para a região da FLONA de Canela, importante Área de Conservação Ambiental, seguindo após para formar o Arroio Tiririca, o qual, por sua vez, deságua no Arroio Caracol.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,27, indicando um baixo risco de enchentes pelo seu formato alongado. Já o coeficiente de compacidade é de 1,53, também implicando uma tendência baixa de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 2,88 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 87 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante

eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração calculado pela equação de Kirpich foi de 90 minutos, e pela *California Culverts Practice* foi de 77 minutos.

Figura 184. Mapa de localização da Microbacia 07.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

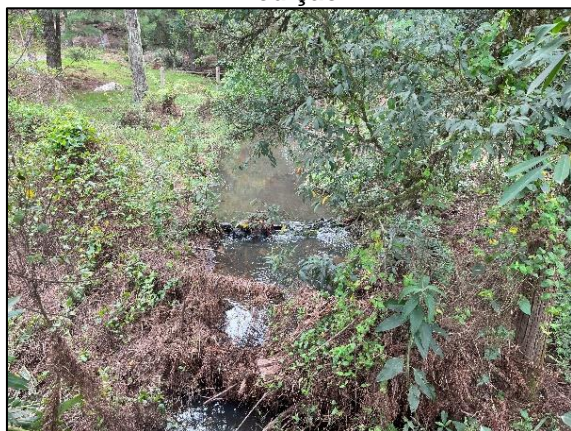
No ponto de medição o arroio possui largura média de 1,2 m, leito arenoso e margens permeáveis, com cobertura de silvicultura e áreas de campo antrópico. O ponto escolhido para medição precisou ser alterado para mais a montante, devido à inacessibilidade do exutório. A medição ocorreu em um ponto de travessia de estrada vicinal sobre o arroio.

Figura 185. Arroio principal da Microbacia 06.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 186. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 187. Arroio a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.12.3 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 16 de janeiro de 2024, conforme ilustrado nas figuras a seguir.

Figura 188. Seção instalada para medição de vazão.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 189. Execução da medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 28 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor abaixo ao da vazão média calculada, o que pode ser explicado pela sua posição mais a montante na microbacia.

Tabela 28. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 16/01/2024 | 38,98 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.12.4 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 07 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 29.

Tabela 29. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 07 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 07 | 98,43 | 48,72 | 17,53 | 14,22 | 10,28 | 7,97 | 5,04 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.13 Microbacia – 08

3.13.1 Quadro-resumo

Quadro 46. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,331799° | Longitude: -50,805843° |
| Área da bacia de drenagem: | 2,72 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mlp}): | 67,95 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| | Q₈₅ | 12,10 L/s |
| | Q₉₀ | 9,82 L/s |
| | Q₉₅ | 7,09 L/s |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.13.2 Localização

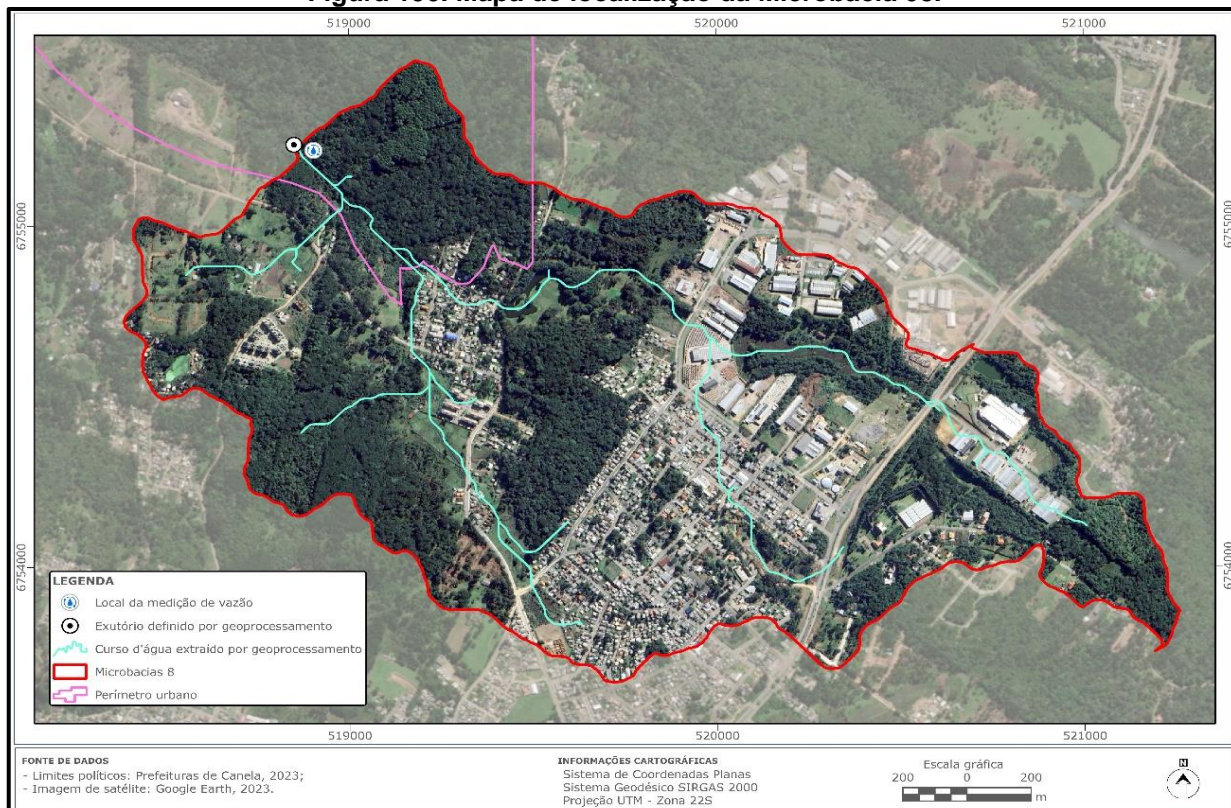
Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio Caí na Região Hidrográfica do Guaíba.

Esta microbacia possui cerca de 2,72 km² de área, e drena a parte centro-norte da zona urbana de Canela, compreendendo os bairros São Rafael, Ulisses de Abreu, Distrito Industrial e parcialmente os bairros Jardim Mariana, Canelinha e Caçador. A ocupação urbana se concentra fortemente no trecho alto; já os trechos médio e alto contam com uma densidade reduzida de núcleos urbanos, mas ainda assim presentes. Esta microbacia possui relevo mais plano, drenando a área mais central do planalto onde se desenvolveu o centro urbano de Canela. Após o exutório, o arroio principal se junta ao curso d'água da Microbacia 07 e segue para formar o Arroio Tiririca, o qual, por sua vez, deságua no Arroio Caracol.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,31, indicando um baixo risco de enchentes pelo seu formato alongado. Já o coeficiente de compacidade é de 1,49, também implicando uma tendência menor de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 2,62 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 95 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração

calculado pela equação de Kirpich foi de 42 minutos, e pela *California Culverts Practice* foi de 37 minutos.

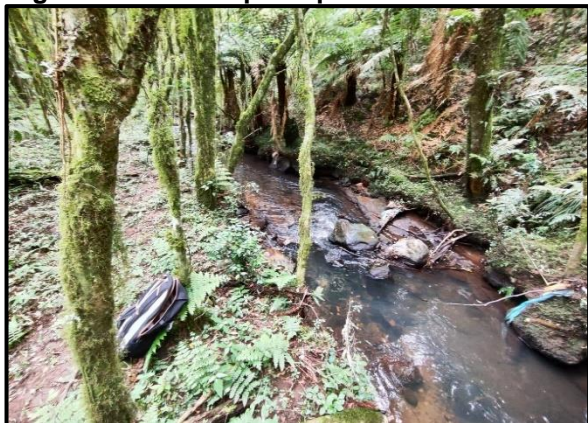
Figura 190. Mapa de localização da Microbacia 08.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

No ponto de medição o arroio possui largura média de 1,8 m, leito cascalhoso e margens permeáveis, com cobertura vegetal preservada. O ponto escolhido para medição coincidiu com o exutório modelado da microbacia.

Figura 191. Arroio principal da Microbacia 08.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 192. Arroio principal da Microbacia 08.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.13.2.1 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 16 de janeiro de 2024, conforme ilustrado nas figuras a seguir:

Figura 193. Local da seção para medição de vazão.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 194. Execução da medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 30 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor acima ao da vazão média calculada, o que pode ser explicado pelo volume de chuvas ocorrente em dias anteriores à medição.

Tabela 30. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 16/01/2024 | 87,08 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.13.2.2 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 08 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 31.

Tabela 31. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 08 (L/s).

| Ponto | Q _{mip} | Q ₅₀ | Q ₈₅ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₇ | Q ₉₉ |
|------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Exutório Microbacia 08 | 67,95 | 33,64 | 12,10 | 9,82 | 7,09 | 5,50 | 3,48 |

3.14 Microbacia – 09

3.14.1 Quadro-resumo

Quadro 47. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -29,348711° | Longitude: -50,819849° |
| Área da bacia de drenagem: | 5,94 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mip}): | 148,39 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q₈₅ | 26,42 L/s | |
| Q₉₀ | 21,44 L/s | |
| Q₉₅ | 15,49 L/s | |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.14.2 Localização

Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio Caí na Região Hidrográfica do Guaíba.

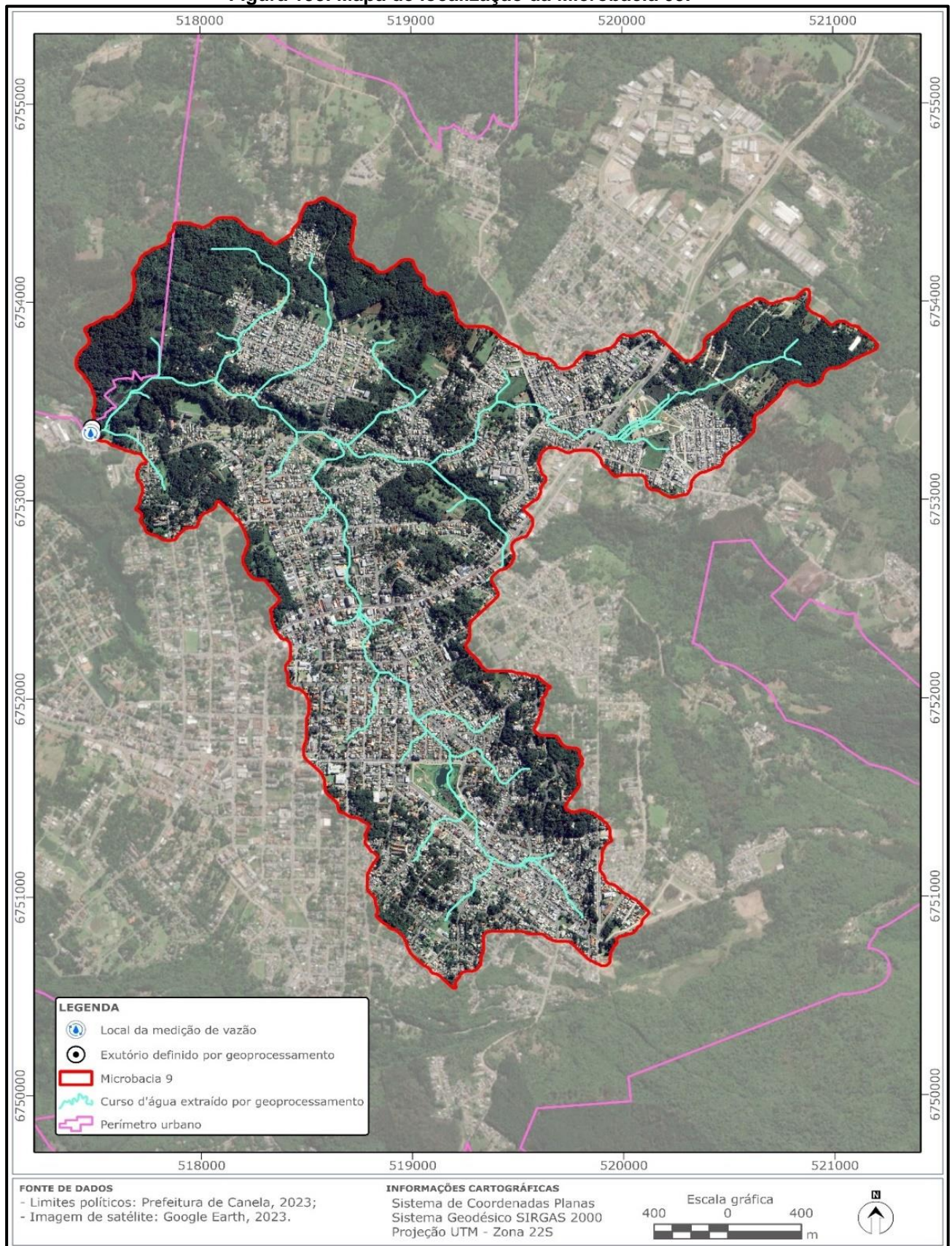
Esta microbacia possui cerca de 5,94 km² de área, e drena a parte central da zona urbana de Canela, sendo a microbacia que abarca a maior quantidade de bairros: São Luiz, Celulose, Boeira, Canelinha, Bom Jesus, Centro, Palace Hotel, Eugênio Ferreira, Maggi e Leodoro de Azevedo. É uma microbacia radial, formada por dois cursos principais, um vindo do Leste e outro do Sudeste, que se encontram no trecho médio e seguem para o exutório modelado próximo à empresa Trombini. Deste ponto o curso d'água segue para oeste e noroeste até desaguar no Arroio Celulose. É uma microbacia intensamente urbanizada, em que boa parte dos cursos d'água das cabeceiras já foram totalmente descaracterizados e absorvidos pelo sistema de drenagem pluvial dos bairros.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,31, indicando um baixo risco de enchentes pelo seu formato radial. Já o coeficiente de compacidade é de 1,96, também implicando uma tendência menor de cheias. A densidade de drenagem



calculada é de 2,94 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 85 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração calculado pela equação de Kirpich foi de 54 minutos, e pela *California Culverts Practice* foi de 60 minutos.

Figura 195. Mapa de localização da Microbacia 09.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

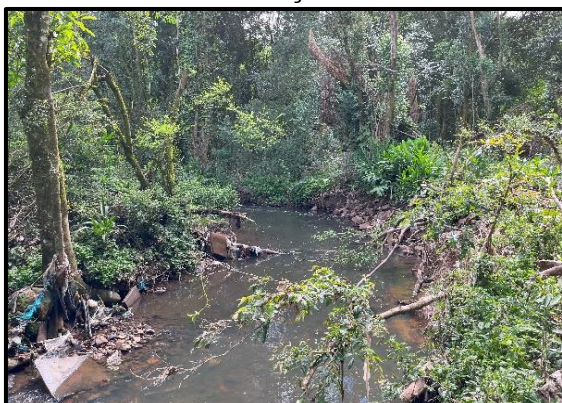
No ponto de medição o arroio possui largura média de 3,0 m, leito cascalhoso e margens permeáveis, com cobertura vegetal. O ponto escolhido para medição coincidiu com o exutório modelado da microbacia.

Figura 196. Arroio principal da Microbacia 09.



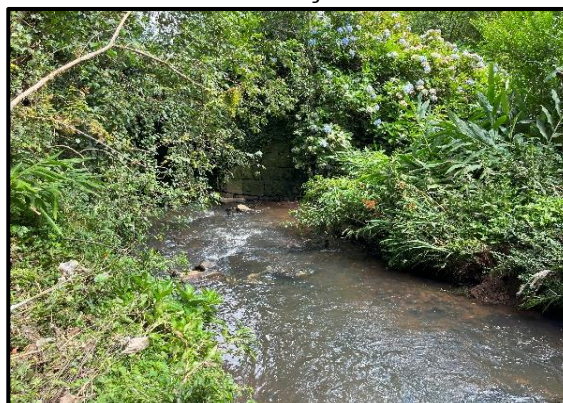
Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 197. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 198. Arroio a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.14.2.1 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 19 de janeiro de 2024, conforme ilustrado na Figura 199 e na Figura 200.

Figura 199. Local da seção para medição de vazão.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 200. Execução da medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 32 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor acima ao da vazão média calculada, o que pode ser explicado pelo volume de chuvas ocorrente em dias anteriores à medição.

Tabela 32. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 19/01/2024 | 264,39 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.14.2.2 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 09 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 09 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 09 | 148,38 | 73,46 | 26,42 | 21,44 | 15,49 | 12,01 | 7,60 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.15 Microbacia – 10

3.15.1 Quadro-resumo

Quadro 48. Resumo de informações.

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Coordenadas do exutório: | Latitude: -50,820294° | Longitude: -29,349870° |
| Área da bacia de drenagem: | 3,01 km ² | |
| Vazão média de longo período (Q_{mlp}): | 75,19 L/s | |
| Valores da curva de permanência: | | |
| Q₈₅ | 1,39 L/s | |
| Q₉₀ | 10,86 L/s | |
| Q₉₅ | 7,85 L/s | |

Fonte: Garden Projetos (2024).

3.15.2 Localização

Na divisão hidrográfica estadual a área está inserida na Bacia do Rio Caí na Região Hidrográfica do Guaíba. Esta microbacia possui cerca 3,01 km² de área, e drena a porção central da zona urbana de Canela, compreendendo os bairros Serrano, Luiza Corrêa, Centro, Santa Terezinha e Maggi. É uma microbacia alongada no sentido N-S, formada por um curso principal com seus formadores no bairro Santa Terezinha. Deste ponto o curso d'água segue para norte e noroeste até desaguar no Arroio Celulose.

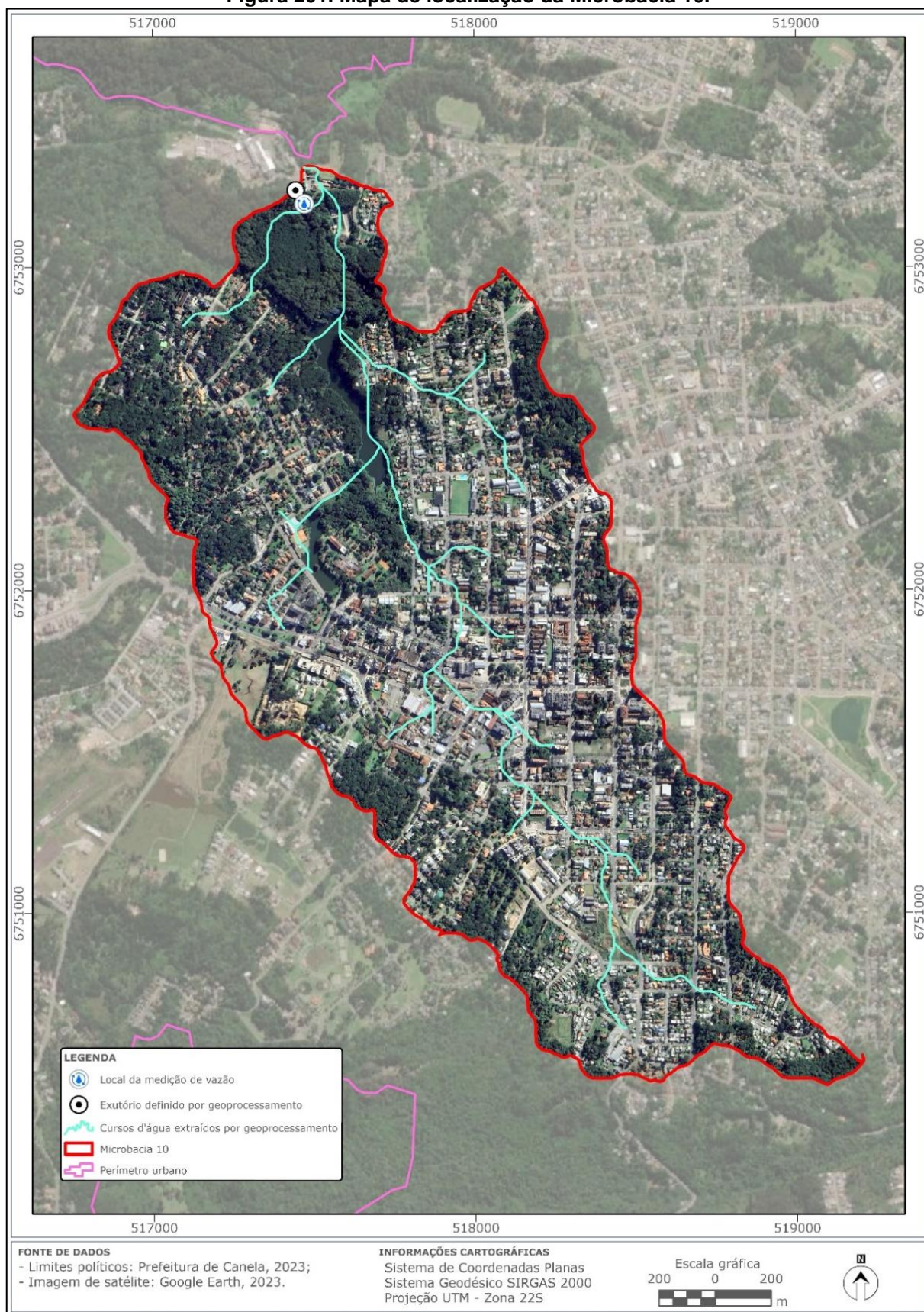
É uma microbacia intensamente urbanizada, em que boa parte dos cursos d'água das cabeceiras já foram totalmente descaracterizados e absorvidos pelo sistema de drenagem pluvial dos bairros. Esta microbacia é receptora dos efluentes tratados pela Estação de Tratamento de Esgotos Municipal, operada pela CORSAN e situada próxima ao exutório da microbacia.

Para esta microbacia, o fator de forma foi calculado como 0,23, indicando um baixo risco de enchentes pelo seu formato alongado. Já o coeficiente de compacidade é de 1,55, também implicando uma tendência menor de cheias. A densidade de drenagem calculada é de 2,82 km/km², configurando uma bacia com excelente drenagem. Para a microbacia em questão, a extensão média do escoamento superficial foi calculada em 88 m, valor considerado pequeno. Uma pequena extensão de escoamento pode, durante eventos pluviométricos extremos, provocar alagamentos em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo. O tempo de concentração calculado pelas



equações de Kirpich e da *California Culverts Practice* resultaram em tempos semelhantes, da ordem de 38 minutos.

Figura 201. Mapa de localização da Microbacia 10.



Elaboração cartográfica: Garden Projetos (2024).

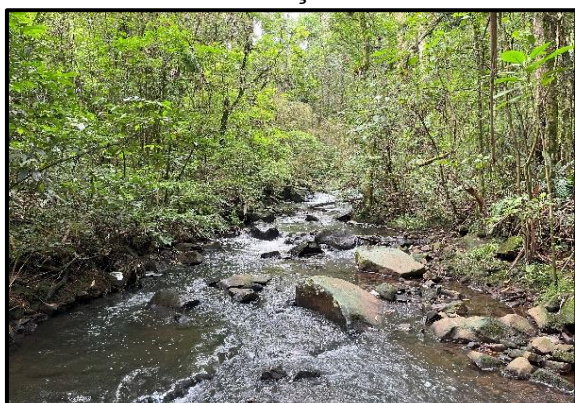
No ponto de medição o arroio possui largura média de 3,0 m, leito cascalhoso e margens permeáveis, com cobertura vegetal. O ponto escolhido para medição coincidiu com o exutório modelado da microbacia e está situado a jusante da Estação de Tratamento de Efluentes da CORSAN.

Figura 202. Arroio principal da Microbacia 10.



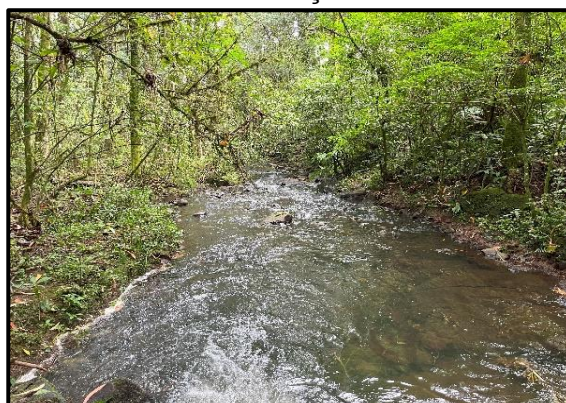
Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 203. Arroio a montante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 204. Arroio a jusante do ponto de medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

3.15.3 Medição das vazões

A vazão foi medida em um único momento no dia 19 de janeiro de 2024, conforme ilustrado nas figuras a seguir:

Figura 205. Local da seção para medição de vazão.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 206. Execução da medição.



Fonte: Garden Projetos (2024).

A Tabela 34 resume o dado de vazão coletado a campo. Pode-se observar que a medição resultou em um valor acima ao da vazão média calculada, o que pode ser explicado pelo volume de chuvas ocorrente em dias anteriores à medição.

Tabela 34. Dado obtido na amostragem de vazão.

| Data | Vazão (L/s) |
|------------|-------------|
| 19/01/2024 | 142,30 |

Fonte: Garden Projetos (2024)

3.15.3.1 Aplicação do método – Regionalização

Foram calculadas as vazões características do Exutório da Microbacia 10 a partir da série histórica de vazões das estações de Nova Palmira. A curva de permanência da bacia no ponto da estação foi desenvolvida com a utilização do programa HIDRO 1.3, a partir da qual foram obtidas as vazões Q_{85} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{97} e Q_{99} , além da Q_{MLP} e Q_{50} . Os resultados dos cálculos de regionalização estão apresentados na Tabela 35.

Tabela 35. Dados obtidos na regionalização das vazões para a Microbacia 10 (L/s).

| Ponto | Q_{mlp} | Q_{50} | Q_{85} | Q_{90} | Q_{95} | Q_{97} | Q_{99} |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Exutório Microbacia 10 | 75,19 | 37,22 | 13,39 | 10,86 | 7,85 | 6,09 | 3,85 |

Fonte: Garden Projetos (2024)



3.16 ESTUDOS DE VIABILIDADE AMBIENTAL, COM ESTIMATIVA DE CAPACIDADE DE ATENDIMENTO E PADRÃO DE QUALIDADE NECESSÁRIO EM FUNÇÃO DO CORPO RECEPTOR

A viabilidade de utilização dos cursos d'água como corpos receptores de efluente tratado depende de diversos fatores, parte dos quais já foi determinada no capítulo anterior (vazão de referência). Uma possibilidade de se avaliar a capacidade de cada microbacia é fazer uso das definições das normativas de órgãos estaduais (CONSEMA) e federais (CONAMA) que regem sobre este tema. Este capítulo vem integrar os dados obtidos de cada uma das microbacias urbanas, traduzindo-os em potencial de recebimento de efluentes, avaliando o cenário de cada curso d'água principal como corpo receptor do efluente tratado gerado naquela microbacia.

Um lançamento de efluente não pode, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, alterar o padrão de qualidade do corpo receptor. Este padrão é dado pelo seu enquadramento, o qual define uma Classe de qualidade da água (conjunto de concentrações de diferentes parâmetros) que precisa ser respeitada. O volume de efluente lançado não deve alterar as concentrações dos parâmetros de qualidade além das suas concentrações limites. Assim sendo, as normativas definiram a inequação de enquadramento para quantificar se um dado lançamento está ou não de acordo com esta prerrogativa básica.

A inequação do enquadramento, conforme a Resolução CONSEMA nº 355/2017, define a razão entre a vazão de referência do corpo hídrico receptor (Q_{chr}) e a vazão do efluente (Q_e) como sendo o valor dependente para determinação do padrão de emissão para cada parâmetro contido no efluente.

$$\frac{Q_{chr}}{Q_e} \geq \frac{\text{Padrão de emissão}}{\text{Concentração na classe}}$$

A inequação permite, a partir dos valores de vazão de um dado corpo receptor e das razões de concentrações na classe, estimar o volume de efluente que o curso d'água poderia receber, dentro de um determinado cenário. Conforme a inequação reescrita:

$$Q_e = \frac{\text{Concentração na classe}}{\text{Padrão de emissão}} \cdot Q_{chr}$$



A Tabela 36 apresenta os padrões de emissão conforme a Resolução CONSEMA n° 355/2017, os quais nortearão uma das variáveis da equação. Entretanto o estudo da inequação é feito apenas sobre aqueles que simultaneamente tenham padrões definidos para esta resolução e para Resolução CONAMA n° 357. Logo ficam excluídos sólidos sedimentáveis totais (SST) e demanda química de oxigênio (DQO). Cabe ressaltar que, os padrões mais elevados para emissão se definem para vazões abaixo dos 200 m³/dia. Neste caso o parâmetro de coliformes totais não apresenta valor de concentração a ser atendido pela CONSEMA n° 355/2017.

Tabela 36. Padrões de emissão para o efluente tratado.

| PADRÕES DE EMISSÃO | |
|---------------------------------|--------------|
| DBO | 120 mg/L |
| DQO | 330 mg/L |
| Sólidos Suspensos totais | 140 mg/L |
| Coliformes | - NMP/100 mL |
| Nitrogênio amoniacal | 20 mg/L |
| Fósforo Total | 4 mg/L |

Fonte: Res. CONSEMA 355 (2017).

Estes padrões serão avaliados conforme o enquadramento e vazão de referência de cada microbacia deste estudo, haja vista que elas se incluem em diferentes Bacias Hidrográficas.

3.16.1 Vazão de Referência e Enquadramento

Segundo a Resolução CONSEMA n° 355/2017, a capacidade do corpo receptor é proporcional à sua vazão de referência, como apresentado no item anterior. A resolução define em seu Art. 7º esta vazão como:

§1º A vazão de referência do corpo receptor é aprovada pelo Conselho de Recursos Hídricos competente devendo, na ausência de disposições, ser considerada a que consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Para as microbacias situadas na Bacia do Sinos, referencia-se a Resolução CRH n° 149/2014 que define os enquadramentos das águas superficiais para a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos:

Art. 5º - O Enquadramento foi estabelecido para a vazão de referência denominada Q85%, isto é, a vazão que é igualada ou superada em oitenta e cinco por cento do tempo.



Para as microbacias situadas na Bacia do Caí, a vazão de referência é a Q_{90} . O enquadramento é fruto do Plano de Bacia, instrumento de diagnóstico e prognóstico de uma bacia hidrográfica quanto aos seus usos da água. O município de Canela está situado em duas Bacias Hidrográficas: Caí e Sinos; as quais já possuem Plano de Bacia avançado até a Fase B, onde são definidos os enquadramentos dos diferentes trechos da Bacia e legalizados na forma de uma resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul.

O Quadro 49 lista o enquadramento de cada Microbacia conforme sua localização na respectiva Bacia Hidrográfica. Coincidentemente, todas as microbacias possuem o enquadramento Classe 2.

Quadro 49. Enquadramento das Microbacias Urbanas de Canela.

| Microbacia | Bacia Hidrográfica | Sub-bacia | Enquadramento |
|---------------|--------------------|--|---------------|
| Microbacia 01 | Rio dos Sinos | Alto Paranhana | Classe 2 |
| Microbacia 02 | Rio dos Sinos | Alto Paranhana | Classe 2 |
| Microbacia 03 | Rio Caí | Alto Caí - Caracol Juá Margem Esquerda | Classe 2 |
| Microbacia 04 | Rio dos Sinos | Alto Paranhana | Classe 2 |
| Microbacia 05 | Rio dos Sinos | Alto Paranhana | Classe 2 |
| Microbacia 06 | Rio dos Sinos | Alto Paranhana | Classe 2 |
| Microbacia 07 | Rio Caí | Alto Caí - Caracol Juá | Classe 2 |
| Microbacia 08 | Rio Caí | Margem Esquerda | Classe 2 |
| Microbacia 09 | Rio Caí | Alto Caí - Caracol Juá Margem Esquerda | Classe 2 |
| Microbacia 10 | Rio Caí | Alto Caí - Caracol Juá Margem Esquerda | Classe 2 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

O volume que cada microbacia pode receber sem comprometer o seu enquadramento foi calculado mediante a equação demonstrada no início deste capítulo. Para tanto, os padrões de lançamento (concentrações de cada parâmetro no efluente tratado) foram tomadas da CONSEMA nº 355/2017.

Dentro desse contexto, é importante levar em consideração que diferentes sistemas de tratamento têm diferentes perspectivas de atender ou não as concentrações de lançamento estipuladas pela resolução. Sistemas mais complexos, com mais etapas de lançamento, têm maior potencial de remoção dos componentes danosos ao meio ambiente e, por consequência, lançam concentrações menores destes elementos.



Todavia são sistemas mais onerosos, tanto pela instalação, quanto pela manutenção e operação das estações de tratamento. Os parâmetros nitrogênio e fósforo são preponderantes quanto ao sistema de tratamento empregado, sistemas mais simples e baratos não têm remoção eficiente destes elementos, sendo o fósforo mais restritivo que o nitrogênio em função das concentrações na classe serem menores. Assim sendo, cabe avaliar a capacidade de cada microbacia frente a estas diferentes situações.

Quanto às alternativas de tratamento, dois cenários foram estipulados, um deles o sistema atende ao padrão de lançamento o parâmetro fósforo (o que implica em um sistema mais complexo e custoso); e o outro não atende, sendo balizado pela concentração de DBO no efluente tratado como parâmetro limitante.

Os resultados estão listados no Quadro 50, onde se observa que mesmo as microbacias com maior disponibilidade hídrica não têm capacidade, segundo os critérios definidos por este estudo, de receber um volume de efluente compatível com a população de cada uma. Este é um critério bastante restritivo para estimar a viabilidade de lançamento, ajustes nos padrões de lançamento podem viabilizar volumes maiores de descarte nos respectivos corpos receptores.

Quadro 50. Viabilidade de lançamento de efluente em cada microbacia.

| Microbacia | Vazão diária (m ³) | Capacidade do corpo receptor | | Cenário (número de habitantes que a microbacia suporta com tratamento de efluente) | Número de habitantes na microbacia (IBGE 2010). |
|---------------|--------------------------------|--|--|--|---|
| | | Cenário com atendimento ao fósforo (m ³) | Cenário sem atendimento ao fósforo (m ³) | | |
| Microbacia 01 | 591,90 | 14,80 | 24,66 | 102 | 1265 |
| Microbacia 02 | 272,89 | 6,82 | 11,37 | 47 | 1921 |
| Microbacia 03 | 1434,38 | 35,86 | 59,77 | 247 | 2054 |
| Microbacia 04 | 1245,29 | 31,13 | 51,89 | 214 | 1534 |
| Microbacia 05 | 1249,14 | 31,23 | 52,05 | 215 | 3497 |
| Microbacia 06 | 2179,26 | 54,48 | 90,80 | 375 | 447 |
| Microbacia 07 | 1228,57 | 30,71 | 51,19 | 211 | 1014 |
| Microbacia 08 | 848,15 | 21,20 | 35,34 | 146 | 2723 |
| Microbacia 09 | 1852,21 | 46,31 | 77,18 | 319 | 17118 |
| Microbacia 10 | 938,58 | 23,46 | 39,11 | 161 | 4464 |

Fonte: Garden Projetos (2024).

De maneira geral, a capacidade de cada microbacia sempre será dependente da vazão do corpo receptor, fator este que é bastante impactado pela situação topográfica de Canela. A zona urbana de Canela se situa em um divisor de águas,



significando que os cursos d'água mais próximos possuem pouca área de drenagem, resultando em arroios de pequena ordem com vazões variáveis e diretamente proporcionais ao volume de precipitação na microbacia. Esta situação reflete também na característica da zona urbana ser drenada por várias microbacias, não havendo convergência do escoamento para um único corpo receptor. Isso privilegia a descentralização do sistema de coleta de efluente, pois a alternativa envolveria custos extras com estações de bombeamento para aduzir o efluente até uma estação central mais robusta.

Conforme os resultados do Quadro 50, as condições de lançamento conforme as normativas oficiais apontam de maneira desfavorável para a utilização dos arroios urbanos como corpos receptores. O volume de efluente que pode ser lançado é apenas uma fração do que seria produzido pela população de cada microbacia. No entanto, algumas alternativas podem ser aventadas para viabilizar esta opção de disposição final do efluente tratado:

- Parâmetros de lançamento mais restritivos: sistemas mais avançados de tratamento podem eliminar mais eficientemente os componentes nocivos do efluente durante o processamento, resultando em concentrações mais diluídas, o que impacta menos no corpo receptor;
- Avaliação de cursos d'água mais a jusante: esta opção refletiria na busca por arroio de maior magnitude, com maior área de drenagem em pontos mais distantes do centro urbano de Canela. A identificação de um corpo receptor mais robusto pode privilegiar uma estação de tratamento unificada, menos restritiva quanto a parâmetros de lançamento e, conseqüentemente, com menor custo de operação.

3.16.2 Considerações do Comitê Executivo, Coordenador e CONDEMA sobre esgotamento sanitário no município de Canela

O comitê coordenador e executivo destacou a existência de problemas de esgotamento em todo o município, enfatizando as áreas especialmente afetadas. Durante a audiência de apresentação do diagnóstico, foi realizado um exercício de análise de dados, no qual se observou que os bairros Canelinha, Centro, Alpe Verdes,

Santa Terezinha, São Luís e Leodoro de Azevedo são os mais comprometidos com lançamentos irregulares de esgoto.

Por outro lado, o comitê ressaltou que os bairros Serrano, Boeira, São Jesus, São Rafael, São Lucas e Eugênio Ferreira também enfrentam desafios significativos nesse sentido. É evidente a necessidade de discutir o planejamento inadequado de muitas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), que foram construídas sem infraestrutura de rede de esgoto adequada e, em muitos casos, em locais inadequados, com vazão inapropriada das microbacias para entrada de com efluente.

Portanto, é imperativo que o município desenvolva diretrizes robustas de licenciamento ambiental, garantindo que novos empreendimentos incluam ETEs em seus projetos, visando minimizar os impactos ambientais.

Figura 207. Nuvens de Palavras para esgotamento sanitário.



Fonte: Garden Projetos (2024).

Figura 208. Mobilização social com os Comitês.



Fonte: Garden Projetos (2024).



4. REFERÊNCIA

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA) **Portal HidroWeb**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acessado em: 30 de janeiro de 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA-ANVISA. **Resolução RDC nº 306, de 07-12-2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília, 2004.

AGRA, S. G.; SOUZA, V. C. B.; NEVES, M. G. F. P.; CRUZ, M. A. S. **Metodologias de regionalização de vazões: estudo comparativo na bacia do Carreiro**. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, Curitiba, 2003.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DO BRASIL (Brasil). Canela. 2010. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/430440>. Acesso em: 28 nov. 2023.

BELLIENI, G., COMIN-CHIARAMONT, P., MARQUES, L.S., MELFI, A.J., PICCIRILLO, E.M., NARDY, A.J.R., ROISEN In: **High- and low-TiO² flood basalts from the Parana plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin**. 1984b. N. Jb. Mineral. (Abh.) 150, 273-306.

BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J.; NARDY, A.J.R.; PAPTRECHAS, C.; PICCIRILLO, E.M.; ROISENBERG, A.; STOLFA, D. Petrogenetic Aspects of Acid and Basaltic Lavas from the Paraná Plateau (Brazil): Geological, Mineralogical and Petrochemical Relationships. *Journal of Petrology*, Vol. 27, nº 4, 915–944p. 1986.

BRASIL, Lei 10.257/2001. **Estatuto da Cidade**. Presidente da República em 10 de julho de 2001.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução, Conama nº 257, de 30.06.99. Dispõe sobre o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização reciclagem, tratamento, ou disposição final. Brasília: Diário Oficial da União, 22 jun. 1999.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 141**, de 10 de Junho de 2012. CNRH. Brasília, 2012a. BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 145, de 12 de dezembro de 2012. CNRH. Brasília, 2012.

BRASIL. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. Resolução Nº 16, de 08 de maio de 2001. CNRH. Brasília, 2001.

BRASIL. Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos.



BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 144, n. 5, p. 3-7, 08 jan. 2007. PL 7361/2006.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico** e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Disponível em Acesso em: 18 fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Termo de referência para elaboração de plano municipal de Saneamento Básico** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2018. 187 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Termo de referência para revisão de plano municipal de saneamento básico** / Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2020. 44 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese Executiva.** Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Ambiental**, Lei 9795. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 abr. 1999. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm

BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 24 set. 2022.

BRAVO, J. M.; ALLASIA, D. G.; COLLISCHONN, W.; TASSI, R.; MELLER, A.; TUCCI, C. E. M. Avaliação **visual e numérica da calibração do modelo hidrológico**. IPH II com fins educacionais. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17. Anais... São Paulo, 2007.

BRITES, A.P.Z. **Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica.** 205 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BROOKS, C. Introductory Econometrics for Finance. Third ed., **Cambridge University Press:** New York, 2014.

BROWN, J.D.; HEUVELINK, G.B.M. **The data uncertainty engine (due):** A software tool for assessing and simulating uncertain environmental variables. Computers & Geosciences 33:172–190, 2007.



CANELA. Plano Local de Habitação de Interesse Social. 2009. Disponível em: https://issuu.com/ufrgs.ntu/docs/canela_etapa3_propostas. Acesso em: 30 nov. 2023.

CANELA. Prefeitura Municipal de Canela. 2023. Disponível em: <https://canela.rs.gov.br/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; Hidrologia – Cap. 3: Bacia Hidrográfica. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>

COELHO, M.; FERNANDES, C. V. S.; DETZEL, D. H. M.; MANNICH, M.. Statistical validity of water quality time series in urban watersheds. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.22, e51, 2017.

COLLISCHONN, B. **Sistema de apoio à decisão para outorga de direito de uso de recursos hídricos**. 2014, 177p. Tese de (Doutorado em Engenharia dos Recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. Tese (Doutorado em engenharia) 2001. 270 f. Tese de (Doutorado em Engenharia dos Recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001. CORDEIRO, José Luís Passos.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL – CRH-RS. Resolução CRH nº 121, de 12 de dezembro de 2012. Aprova o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. 12(12).

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - CONSEMA. **Resolução CONSEMA nº 355, de 13 de julho de 2017**. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. *Data da legislação, 13(07)*.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. *Data da legislação, 17(03)*.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 4, de 09 de outubro de 1995**. Estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária (ASA). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=182>>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 358/2005, de 29-04-2005. Dispõe sobre o tratamento e disposição final dos resíduos de serviços de saúde. Brasília, 2004, 4 p

CORDANI, U.G., VANDOROS, P., In: Basaltic rocks of the Parana Basin. In: Bigarella, J.J., Becker, R.D., Pinto, J.D. (Eds), Problems in Brazilian Gondwana Geology. 1967. pp.207-231.



CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul. Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. 2010.

DATASUS. (Brasil). Sistema Único de Saúde. Ministério da Saúde. Censo Datasus. 2010. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popprs.def>. Acesso em: 30 nov. 2023.

DNAEE, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (1977). Manual para serviços de hidrometria. Ministério das Minas e Energia. Brasil.

DRH/SEMA. **Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.** Relatório Final. Porto Alegre: Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A., 2012. Disponível em: < <http://www.comitegravatahy.com.br/index.php/comite-gravatahy-documentos/category/3- plano-de-bacia>>

ELETROBRÁS 1983. Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Ministério das Minas e Energia.

ERLANK, A.J., MARSH, J.S., DUNCAN, A.R., MILLER, R.McG, HAWKESWORTH, C.H., BETTON, P.J., REX, D.C., In: Geochemistry and petrogenesis of the Etendeka volcanic rocks from SWA/Namibia, 195-247. 1984. In: Erlank, A.J. (Ed.), Petrogenesis of Volcanic Rocks of the Karoo Province. 13. Special Publication of the Geological Society of South Africa, p.395.

FEE. (Rio Grande do Sul). **Fundação de Economia e Estatística.** Departamento de Economia e Estatística do Estado. Perfil Socioeconômico: Canela. Canela. 2021. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/municipios/detalhe/?municipio=Canela>. Acesso em: 29 nov. 2023.

FEE. (Rio Grande do Sul). Fundação de Economia e Estatística. Departamento de Economia e Estatística do Estado. Perfil Socioeconômico: Canela. Canela. 2021. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=Hort%EAnsias>. Acesso em: 29 nov. 2023.

FLORISBAL, L.M.; HEAMAN, L.M.; BITENCOURT, M.F.; JANASI, V. Tectonic significance of the Florianópolis Dyke Swarm, Paraná-Etendeka Magmatic Province: A reappraisal based on precise U-Pb dating. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Vol. 289, 140-150p. 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER - FEPAM. Diretriz técnica nº 04/2018. Estabelece procedimentos para apresentação de laudo técnico hidrológico para fins de determinação da vazão de referência conforme definido na Resolução CONSEMA nº 355/2017. 05(06).

GUIMARÃES, M.A **formação de educadores ambientais.** Campinas, São Paulo: Papirus, 2004.



HASENACK, Heinrich. **Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul**. In:

PILLAR, V. De P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. de S.; JACQUES, A. V. Á. (Org.). Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

IBGE. (Brasil). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama: Canela. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/canela/panorama>. Acesso em: 28 nov. 2023.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível: <<https://www.ibge.gov.br/>>

INSTITUTO DE ÁGUA E SANEAMENTO. (Brasil). Canela. 2010. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rs/canela>. Acesso em: 28 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 2 de fevereiro de 2024.

JERRAM, D. & STOLLHOFEN, H. **Lava-sediment interaction in the desert settings; are all peperite-like textures the result of magma-water interaction?** Journal of Volcanology and Geothermal Research. Vol. 114, 231-249 p. 2002.

KÖPPEN, W. Climatologia. Fundo de Cultura Econômica, México. 1931.

MANTOVANI, S.M., PEATE, D.W., HAWKESWORTH, C.J., In: **Geochemical stratigraphy of Parana continental flood basalts: a contribution from borehole samples**. 1988. In: Melfi, A.J. (Ed.), Piccirillo, E.M. The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin, São Paulo, pp. 15-24.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura; Diretoria de Terras. 42p. MOTA, F. S. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, vol. 13, n.2, p. 275-284. 1961.

MOTA, SUETÔNIO. **Urbanização e meio ambiente** – 2ª edição, Rio de Janeiro – RJ: ABES, 1999. P. 36-60- 66.69-73.103-116.135. 1999.

NARDY, A.J.R.; MACHADO, F.B.; OLIVEIRA, M.A.F. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico estratigráficas. Revista Brasileira de Geociências. Vol. 38, nº 1, 178-195p. 2008.

PEAT, D.W. In: The Paraná-Etendeka province. In: Mahoney, J.J., Coffin, M. (Eds.), Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, and Planetary Volcanism: Geophysical Monograph Series, vol. 100. 1997. American Geophysical Union, pp. 217-245.

PEAT, D.W., HAWKESWORTH, C.J., MANTOVANI, M.S.M. In: Chemical stratigraphy of the Paraná Lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. 1992. In: Bulletin of Volcanology, 55, 119-139.



PETRY, K.; JERRAM, D.A.; ALMEIDA, D.P.M.; ZERFASS, H. **Volcanic-sedimentary features in the Serra Geral Fm., Paraná basin, Southern Brazil: examples of dynamic lava-sediment interactions in an arid setting.** *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 159, 313-325 p. 2007.

PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects.** IAG/USP. 600p. São Paulo. 1988.

POLETO, C. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos.** Rio de Janeiro, Interciência, 2014.

RAPOSO, M.I.B.; ERNETO, M.; RENNE, P.R. Paleomagnetism and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the Early Cretaceous Florianópolis dike swarm (Santa Catarina Island), Southern Brazil. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol. 108, nº 4, 275-290p. 1998.

ROSSATO, M.S. In: Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geografia. [240f.]. 2011.

ROSSETTI, L., LIMA, E.F., WAICHEL, B.L., HOLE, M.J., SIMÕES, M.S.S., SCHERER, C.M.S., In: Litostratigraphy and volcanology of the Serra Geral Group, Paraná-Etendeka Igneous Province in Southern Brazil: Towards a formal stratigraphical framework. 2017. In: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.05.008>>.

SCHEREN, R. S. **Urbanização na planície de inundação do Rio Gravataí-RS.** 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado em engenharia dos recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SEBRAE (Rio Grande do Sul). **Perfil das Cidades Gaúchas: Canela.** 2020. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Canela.pdf. Acesso em: 01 dez. 2023.

SEBRAE. DATASEBRAE. **Perfil dos municípios gaúchos.** DataSebrae. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/perfil-dos-municipios-gauchos/> Acesso em: 14 de dezembro de 2022.

STRAHLER, A.H.; STRAHLER, A.N. in: **Physical Geography: Science and systems of the Human Environment.** Wiley, New York, 794p. 2005.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2005.

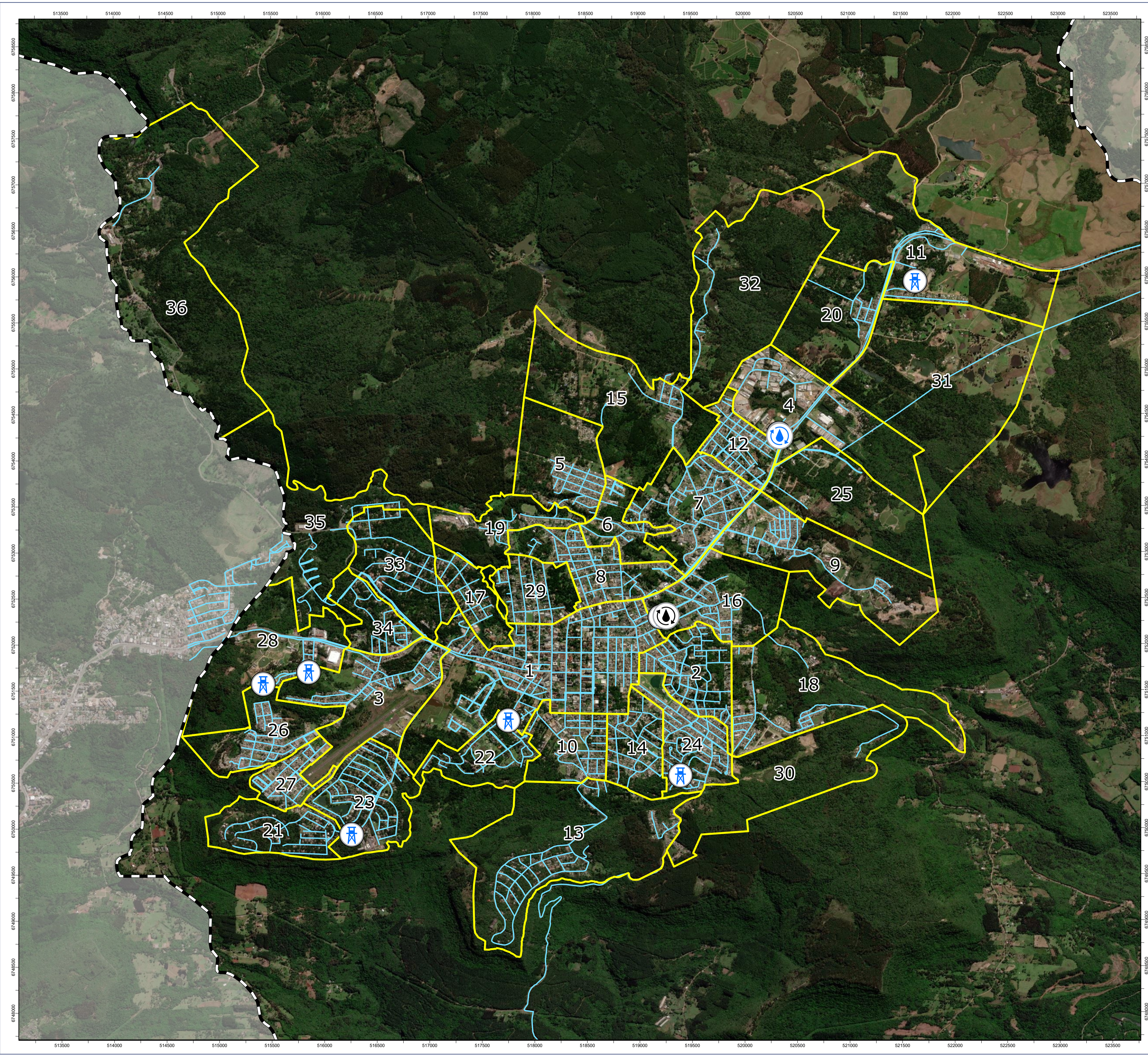
TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões.** In: TUCCI, C. E. M. e al. (Org.) *Hidrologia: ciência e aplicação.* UFRGS/ABRH, Porto Alegre. 2004, p 573-619.

WAICHEL, B.L.; SCHERER, C.M.S.; FRANK, H.T. Basaltic lavas covering active Aeolian dunes in the Paraná Basin in Southern Brazil: features and emplacement aspects. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 169, 59-72p. 2008.



5. ANEXOS

- **Anexo 01** - PRANCHA 01 - Rede de Abastecimento de Água e Consumo
- **Anexo 02** - PRANCHA 02 - Rede de Esgotamento Sanitário



- BAIRROS**
- 1 - Centro
 - 2 - Palace Hotel
 - 3 - São José
 - 4 - Distrito industrial
 - 5 - São Luiz
 - 6 - Bom Jesus
 - 7 - Canelinha
 - 8 - Boeira
 - 9 - São Lucas
 - 10 - Santa Terezinha
 - 11 - Saiqui
 - 12 - São Rafael
 - 13 - Alpes Verdes
 - 14 - Maggi
 - 15 - Ulisses de Abreu
 - 16 - Eugênio Ferreira
 - 17 - Luiza Corrêa
 - 18 - Sesi
 - 19 - Celulose
 - 20 - Jardim das Fontes
 - 21 - Reserva da Serra
 - 22 - Quinta da Serra
 - 23 - Laje de Pedra
 - 24 - Leodoro Azevedo
 - 25 - Jardim Mariana
 - 26 - Santa Marta
 - 27 - Dante
 - 28 - Hortênsias
 - 29 - Serrano
 - 30 - Sequoias
 - 31 - Rancho Jane
 - 32 - Caçador
 - 33 - Suzana
 - 34 - Suíça
 - 35 - Pinheiro Grosso
 - 36 - Caracol

LEGENDA

- ETA I
- ETA II
- Reservatórios
- Rede de água
- Bairros
- Limite do município de Canela

INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS
 Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 22S
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Sistema Geodésico (Datum) SIRGAS 2000

FONTES DE DADOS
 - Limites político-administrativos: Prefeitura de Canela, 2023;
 - Redes de água: CORSAN, 2013;
 - Imagem de satélite: Google Earth, 2023.

200 0 200 400 500
m
Escala gráfica

TÍTULO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

PROJETO/OBRA
 Plano Municipal de Saneamento Básico de Canela

ENDEREÇO
 Município de Canela

REQUERENTE
 Prefeitura Municipal de Canela

DATA
 10/04/2024

ESCALA
 1:20.000

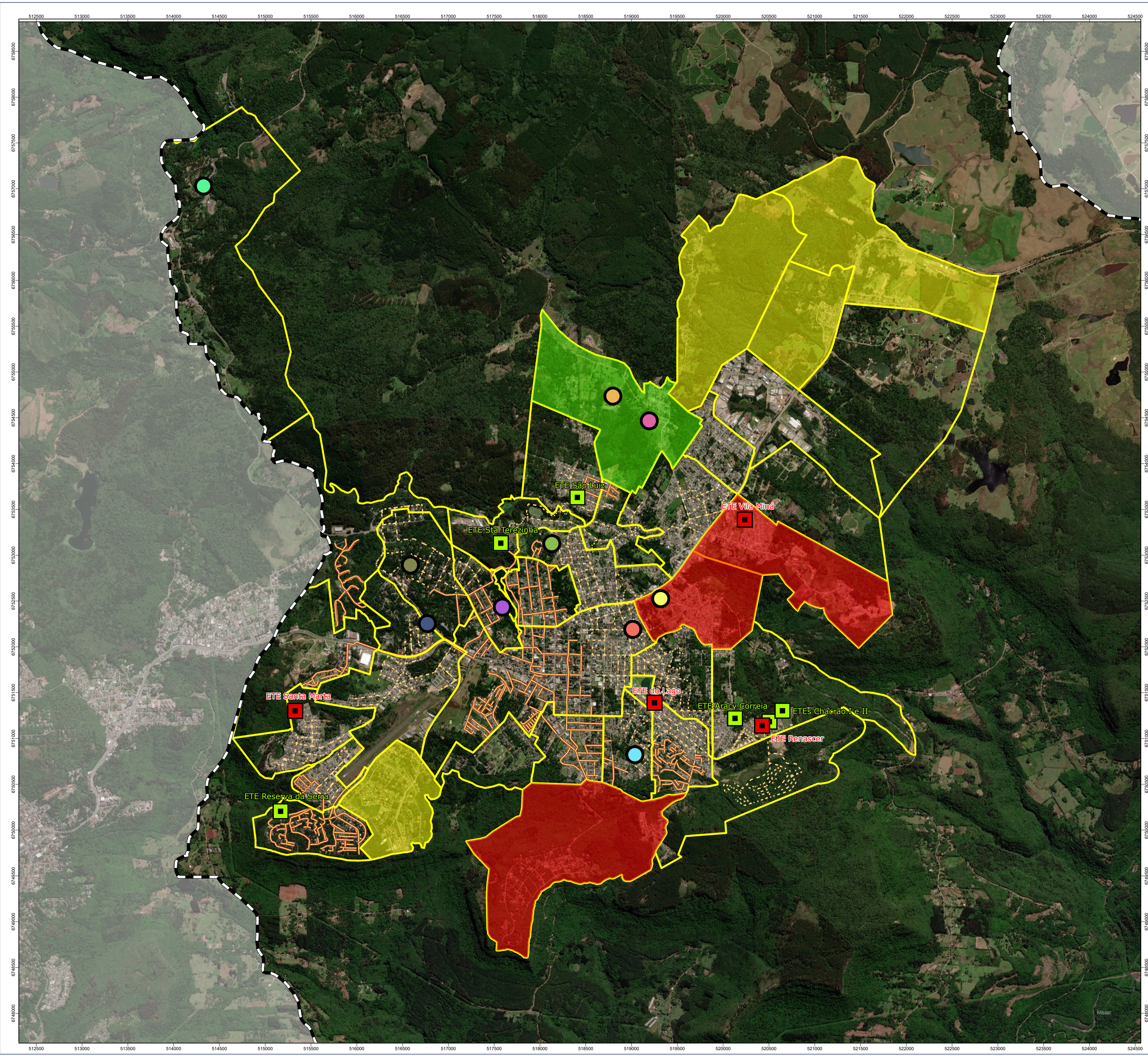
DESENHO
 Eng. Ambiental
 Stefano Ballardin

ARQUITVO
 02_SAA

prancha. **02**

GARDEN PROJETOS
 Av. Perimetral Bruno Segalla, nº 8954, Sala 703
 Ed. Poveplano Corporate - B. Floresta
 Caxias do Sul/RS - CEP 95099-522
 Fone +55 54 3027.6956 | www.garden.eng.br

Todos os direitos reservados à Garden Consultoria Projetos e Gestão Ltda.



OBSERVAÇÕES

LEGENDA

- Limite do município de Canela
- Bairros
- Rede de esgoto existente
- Rede de esgoto planejada
- ETEs inoperantes
- ETEs em operação

Viabilidade de sistema individuais de tratamento de esgoto

- Alta
- Baixa
- Média

ETEs particulares

- Ager Construtora e Incorporadora LTDA ME
- Condomínio Edifício Horizontal
- Condomínio Residencial Vila do Cedro
- Muller Construções LTDA
- Moraes e Rocca Participações
- Paludo Incorporações Ltda
- Ronei Ivo Webber
- Residencial Canela
- Residencial Ise Schafer
- Simone Campos

INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 22S
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Sistema Geodésico (Datum) SIRGAS 2000

FONTES DE DADOS

- Limites político-administrativos: Prefeitura de Canela, 2023;
- Redes de esgoto: CORSAN,
- Imagem de satélite: Google Earth, 2023.

TÍTULO

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

PROJETO/OBRA

Plano Municipal de Saneamento Básico de Canela

ENDEREÇO

Município de Canela

REQUERENTE

Prefeitura Municipal de Canela

DATA

10/04/2024

ESCALA

1:20.000

DESENHO

Eng. Ambiental
Stefano Ballardin

ARQUIVO

03_SES

Prancha

03

GARDEN PROJETOS

Av. Perimetral Bruno Segalla, nº 8954, Sala 703
 Ed. Poveplano Corporate - B. Floresta
 Casas do Sul/RS - CEP 91099-522
 Fone +55 54 3027.6956 | www.garden.eng.br

Todos os direitos reservados à Garden Consultoria Projetos e Gestão Ltda.

